

МАГНИТНО-РЕЗОНАНСНАЯ ТОМОГРАФИЯ МЕСТНОГО РЕЦИДИВА РАКА ПРЕДСТАТЕЛЬНОЙ ЖЕЛЕЗЫ ПРИ РАЗЛИЧНОМ УРОВНЕ ПСА: РЕТРОСПЕКТИВНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ

М. В. Артемов[✉], Е. А. Щиколткин[✉], А. Л. Долбов[✉]

Российский научный центр радиологии и хирургических технологий имени академика А. М. Гранова, Санкт-Петербург, Россия

ВВЕДЕНИЕ: Рак предстательной железы (РПЖ) является одним из самых распространенных в структуре онкологических заболеваний. Приблизительно у 30% пациентов, перенесших радикальную простатэктомию, в течение первых 2 лет после завершения лечения развивается биохимический рецидив. Одним из ведущих и доступных методов диагностики местного рецидива рака предстательной железы является мультипараметрическая магнитно-резонансная томография (мпМРТ).

ЦЕЛЬ: Определение эффективности мпМРТ в выявлении местного рецидива РПЖ у пациентов после радикальной простатэктомии (РПЭ) при различном уровне общего простатспецифического антигена (обПСА).

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ: мпМРТ малого таза выполнена 118 пациентам с биохимическим рецидивом РПЖ. Критерием для включения пациентов в ретроспективное исследование было отсутствие предшествующей лучевой и гормональной терапии. Пациенты с положительным хирургическим краем были исключены из исследования. 46 пациентов имели низкий риск прогрессирования РПЖ, 38 пациента — промежуточный, 34 пациента имели высокий риск. Медиана обПСА 1,72 нг/мл (от 0,22 до 22,19 нг/мл). Медиана биохимического рецидива 11 месяцев. Пациенты были распределены на группы в зависимости от уровня обПСА (I гр. 0,2–0,5 нг/мл; II гр. 0,5–1,0 нг/мл; III гр. 1,0–3,0 нг/мл; IV гр. более 3,0 нг/мл). Интерпретация результатов проводилась согласно системе унифицированного отчета для оценки местного рецидива РПЖ у пациентов после РПЭ и ЛТ — prostate imaging recurrence reporting (PI-RR). Вероятность местного рецидива РПЖ в зависимости от уровня обПСА анализировалась с помощью статистической модели логистической регрессии.

РЕЗУЛЬТАТЫ: Местный рецидив по данным мпМРТ был выявлен у 78 из 118 пациентов с биохимическим рецидивом рака предстательной железы — 66,1%. МР-картина 5 случаев была неоднозначной, изменения дифференцировались между местным рецидивом и послеоперационными изменениями. В первой группе местный рецидив был выявлен у 8 пациентов с уровнем общего ПСА в сыворотке крови 0,2–0,5 нг/мл (28,5% от общего числа пациентов с данным уровнем общего ПСА). Во второй группе, при уровне общего ПСА 0,5–1 нг/мл, местный рецидив выявлен у 17 пациентов (45,9%). В третьей группе, при уровне ПСА 1,0–3,0 нг/мл, местный рецидив выявлен у 27 пациентов (90,3%). В четвертой группе, при уровне ПСА >3,0 нг/мл, местный рецидив выявлен у 20 пациентов (90,9%). У 29 пациентов определялся как местный рецидив, так и регионарные метастазы, при этом из них 26 пациентов (89,7%) имели индекс Глисона после РПЭ ≥7.

ОБСУЖДЕНИЕ: Ранняя диагностика рецидива РПЖ включает в себя необходимость выявления местного или отдаленного рецидива, определение его объема и точной локализации. мпМРТ обладает высокой эффективностью у пациентов с БХР после РПЭ при уровне обПСА более чем 1 нг/мл. При меньшем уровне ПСА процент обнаружения местного рецидива ниже, что может быть обусловлено малыми размерами рецидивного образования. У пациентов с биохимическим рецидивом РПЖ, когда по данным мпМРТ установлена низкая, а также неопределенная вероятность рецидива (PI-RR 1, 2 и 3), для исключения отдаленных и регионарных метастазов, а также в качестве дополнительного диагностического метода выявления местного рецидива РПЖ рекомендуется ПЭТ/КТ с ⁶⁸Ga-ПСМА.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ: мпМРТ является высокоэффективным методом диагностики при биохимическом рецидиве РПЖ, что позволяет персонализировать подход к дальнейшему лечению. Установлена значимая связь между уровнем общего ПСА и вероятностью выявления местного рецидива по данным мпМРТ. Местный рецидив РПЖ наиболее часто выявляется при уровне ПСА выше 1 нг/мл, с чувствительностью 91,8%, специфичностью 88,9%. При меньшем значении общего ПСА чувствительность и специфичность снижаются. При значении очага рецидива ≥7,8 мм у 90,4% пациентов подтверждается наличие местного рецидива с последующим гистологическим исследованием.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: мпМРТ, местный рецидив РПЖ, радикальная простатэктомию, общий простатспецифический антиген, послеоперационный мониторинг

* Для корреспонденции: Артемов Максим Владимирович, e-mail: maks86–86@mail.ru

Для цитирования: Артемов М.В., Щиколткин Е.А., Долбов А.Л. Магнитно-резонансная томография местного рецидива рака предстательной железы при различном уровне ПСА: ретроспективное исследование // *Лучевая диагностика и терапия*. 2025. Т. 16, № 2. С. 74–83, doi: <http://dx.doi.org/10.22328/2079-5343-2025-16-2-74-83>.

MAGNETIC RESONANCE IMAGING IN THE DETECTION OF LOCAL PROSTATE CANCER RECURRENCE IN PATIENTS WITH VARIOUS PSA LEVELS: A RETROSPECTIVE STUDY

Maxim V. Artemov^{*}, Evgeny A. Shchikoltkin[®], Artem L. Dolbov[®]

A. M. Granov Russian Scientific Center for Radiology and Surgical Technologies, St. Petersburg, Russia

INTRODUCTION: Prostate cancer (PCa) is one of the most common cancer diseases. Approximately 30% of patients undergoing radical prostatectomy develop biochemical recurrence within the first 2 years after completion of treatment. One of the leading and available methods for diagnosing local recurrence of prostate cancer is multiparametric magnetic resonance imaging (mpMRI).

OBJECTIVE: To determine the effectiveness of mpMRI in detecting local recurrence of PCa in patients after radical prostatectomy (RP) with different levels of total prostate-specific antigen (tPSA).

MATERIALS AND METHODS: mpMRI of the pelvis was performed in 118 patients with biochemical relapse of PCa. The criteria for inclusion of patients in the retrospective study were the absence of previous radiation and hormonal therapy. Patients with positive surgical margins were excluded from the study. 46 patients were at low risk of PCa progression, 38 patients were at intermediate risk, and 34 patients were at high risk. Median obPSA 1.72 ng/ml (range 0.22 to 22.19 ng/ml). Median biochemical relapse 11 months. Patients were divided into groups depending on the level of obPSA (I group 0.2–0.5 ng/ml; II group 0.5–1.0 ng/ml; III group 1.0–3.0 ng/ml; IV group more than 3.0 ng/ml). Interpretation of the results was carried out according to the unified reporting system for assessing local recurrence of prostate cancer in patients after RP and RT — prostate imaging recurrence reporting (PI-RR). The probability of local recurrence of prostate cancer depending on the level of obPSA was analyzed using a statistical logistic regression model.

DISCUSSION: Early diagnosis of PCa recurrence includes the need to identify local or distant recurrence, determine its volume and precise localization. mpMRI is highly effective in patients with BCR after RP with a total PSA level of more than 1 ng/ml. With a lower PSA level, the percentage of local recurrence detection is lower, which may be due to the small size of the recurrent lesion. In patients with biochemical recurrence of PCa, when mpMRI data indicate a low or uncertain probability of recurrence (PI-RR 1, 2 and 3), PET/CT with ⁶⁸Ga-PSMA is recommended to exclude distant and regional metastases, as well as as an additional diagnostic method for detecting local recurrence of PCa.

CONCLUSION: mpMRI is a highly effective diagnostic method for biochemical recurrence of prostate cancer, which allows for a personalized approach to further treatment. A significant relationship was found between the level of total PSA and the probability of detecting local recurrence according to mpMRI data. Local recurrence of prostate cancer is most often detected at a PSA level above 1 ng/ml, with a sensitivity of 91.8% and a specificity of 88.9%. With a lower value of total PSA, sensitivity and specificity decrease. With a recurrence focus value of ≥ 7.8 mm, local recurrence is confirmed in 90.4% of patients with subsequent histological examination.

KEYWORDS: mpMRI, local recurrence of prostate cancer, radical prostatectomy, total prostate-specific antigen, postoperative monitoring

* For correspondence: Maxim V. Artemov, e-mail: maks86–86@mail.ru

For citation: Artemov M.V., Shchikoltkin E.A., Dolbov A.L. Magnetic resonance imaging in the detection of local prostate cancer recurrence in patients with various PSA levels: a retrospective study // *Diagnostic radiology and radiotherapy*. 2025. Vol. 16, No. 2. P. 74–83, <http://dx.doi.org/10.22328/2079-5343-2025-16-2-74-83>.

Введение. Как показывают статистические данные, рак предстательной железы (РПЖ) является одним из самых распространенных в структуре онкологических заболеваний. Согласно оценкам Global Cancer Observatory [1], в 2022 г. во всем мире было зарегистрировано около 1,46 млн новых случаев рака предстательной железы, с более высокой распространенностью в развитых странах. В Российской Федерации по состоянию на 2022 г. рак предстательной железы по распространенности среди мужчин занимает первое место (17,0%),

далее следуют рак легкого, бронхов, трахеи (15,5%) [2]. Активное введение скрининговых программ, увеличение количества проводимых трансректальных ультразвуковых исследований, магнитно-резонансной томографии, радионуклидных методов исследования позволяет заподозрить онкологический процесс на ранних стадиях.

Тактика лечения больных раком предстательной железы прежде всего определяется распространенностью опухолевого процесса. При локализованном раке предстательной железы одним из наиболее

часто используемых методов лечения является радикальная простатэктомия [3]. Радикальная простатэктомия (РПЭ) предполагает полное удаление предстательной железы и семенных пузырьков. При необходимости проводится тазовая лимфаденэктомия. Обязательным этапом операции является формирование пузырно-уретрального анастомоза.

Приблизительно у 30% пациентов, перенесших радикальную простатэктомию, в течение первых 2 лет после завершения лечения развивается биохимический рецидив [4]. Биохимическим рецидивом рака предстательной железы после радикальной простатэктомии считается повышение уровня простатспецифического антигена (ПСА) $>0,2$ нг/мл в двух последовательных измерениях [5]. При выявлении биохимического рецидива следующим шагом является диагностика местного или отдаленного рецидива, чтобы спланировать наиболее подходящее лечение. В этом случае лучевая диагностика играет решающую роль.

Повышенный уровень общего ПСА в сыворотке крови также может быть связан с наличием остаточной ткани предстательной железы или семенных пузырьков в ложе. Отсутствие капсулы предстательной железы в области верхушки и необходимость сохранения тазовых структур (главным образом уретрального сфинктера и сосудисто-нервных пучков) являются основными причинами высокой частоты местных рецидивов РПЖ [6].

Лучевая диагностика рака предстательной железы имеет большую ценность в клинической практике, недавние достижения в области мультипараметрической магнитно-резонансной томографии (мпМРТ), позитронно-эмиссионной томографии, совмещенной с компьютерной томографией (ПЭТ-КТ с ^{11}C -холином, ^{68}Ga -ПСМА) заметно улучшили выявление и стадирование рака предстательной железы [7]. Одним из ведущих и доступных методов диагностики местного рецидива РПЖ по-прежнему является мультипараметрическая магнитно-резонансная томография. мпМРТ позволяет провести детальную анатомическую оценку простатического ложа с четким изображением и высоким разрешением мягких тканей посредством T1, T2-взвешенных изображений, превосходящим любой другой метод визуализации. Оценка диффузионно-взвешенных изображений (ДВИ) и динамического контрастного усиления (ДКУ) позволяет выявить участки подозрительные на рецидивную опухолевую ткань [8]. Ранняя диагностика местного рецидива тесно связана с прогнозом пациента, правильная интерпретация результатов МРТ определяет своевременность и эффективность лечения.

В клинической практике с целью первичной диагностики РПЖ широкое распространение получила система унифицированного отчета для мпМРТ — Prostate Imaging Reporting and Data System (PI-RADS) [9]. Для выявления рецидива РПЖ после

проведенной радикальной простатэктомии или лучевой терапии в 2021 г. экспертами Европейского общества урогенитальной радиологии была предложена система унифицированного отчета — Prostate Imaging Recurrence Reporting (PI-RR), представляющая собой основанные на международном консенсусе рекомендации по сбору, интерпретации и составлению отчетов о результатах мпМРТ [10].

При магнитно-резонансной томографии органов малого таза после проведенной радикальной простатэктомии визуализируется опущение мочевого пузыря, со сформированным анастомозом между дистальными отделами шейки мочевого пузыря и уретрой. Пузырно-уретральный анастомоз определяется как кольцо послеоперационного фиброза, имеющее низкую интенсивность сигнала на T1, T2-ВИ (рис. 1). К области пузырно-уретрального анастомоза также относятся окружающие околоанастомозные ткани.

После завершения стандартных последовательностей исследования обязательным этапом является получение диффузионно-взвешенных изображений и проведение динамического контрастирования. Методика получения ДВИ основана на броуновском движении молекул воды (межтканевой жидкости) — способности перемещаться в зависимости от ограничения внутриклеточными и межклеточными структурами. Наиболее распространенный вариант получения ДВИ представляет собой модификацию спин-эхо T2-ВИ с жироподавлением с наличием дополнительных диффузионных градиентов. Параметры диффузионного градиента определяются значением b-фактора. На диффузионно-взвешенных изображениях различные биологические ткани характеризуются различной интенсивностью МР-сигнала, в зависимости от содержанием ограничивающих факторов (внутриклеточных структур, состава клеточных мембран и т.д.). Ткани злокачественных образований отличаются от структуры нормальных тканей большей плотностью клеточных структур, соответственно и ограничение диффузии в данных тканях будет выше. При динамическом контрастном усилении рецидивизирующие опухоли обычно демонстрируют накопление парамагнетика вследствие неоваскуляризации и повышенной проницаемости сосудов.

Дифференциальная диагностика рецидивной опухоли РПЖ после РПЭ проводится с фиброзно-рубцовыми изменениями, грануляционной тканью, сосудистыми структурами, воспалительными изменениями, а также с сохраненной тканью семенных пузырьков. Фиброзно-рубцовые изменения определяются в ложе удаленной предстательной железы обычно спустя полгода после проведенной радикальной простатэктомии [11]. Ключевой отличительной особенностью фиброзно-рубцовых изменений является очень низкая интенсивность сигнала на T1-ВИ, T2-ВИ и отсутствие повышения сигнала на ДВИ с высо-



Рис. 1. Ложе удаленной предстательной железы: *a* — область пузырно-уретрального анастомоза (сагиттальные T2-ВИ) выделена пунктирной линией; *б* — область пузырно-уретрального анастомоза и окружающие околоанастомозные ткани (аксиальные T2-ВИ)

Fig. 1. Bed of the removed prostate gland: *a* — area of vesicourethral anastomosis (sagittal T2-weighted images); *б* — area of vesicourethral anastomosis and surrounding peri-anastomotic tissues (axial T2-weighted images)

ким b-фактором. При проведении ДКУ усиления парамагнетика не визуализируется или отмечается небольшое отсроченное усиление. Грануляционная

ткань в операционном ложе может присутствовать до формирования фиброзно-рубцовых изменений, обычно определяется в периаанастомотической обла-

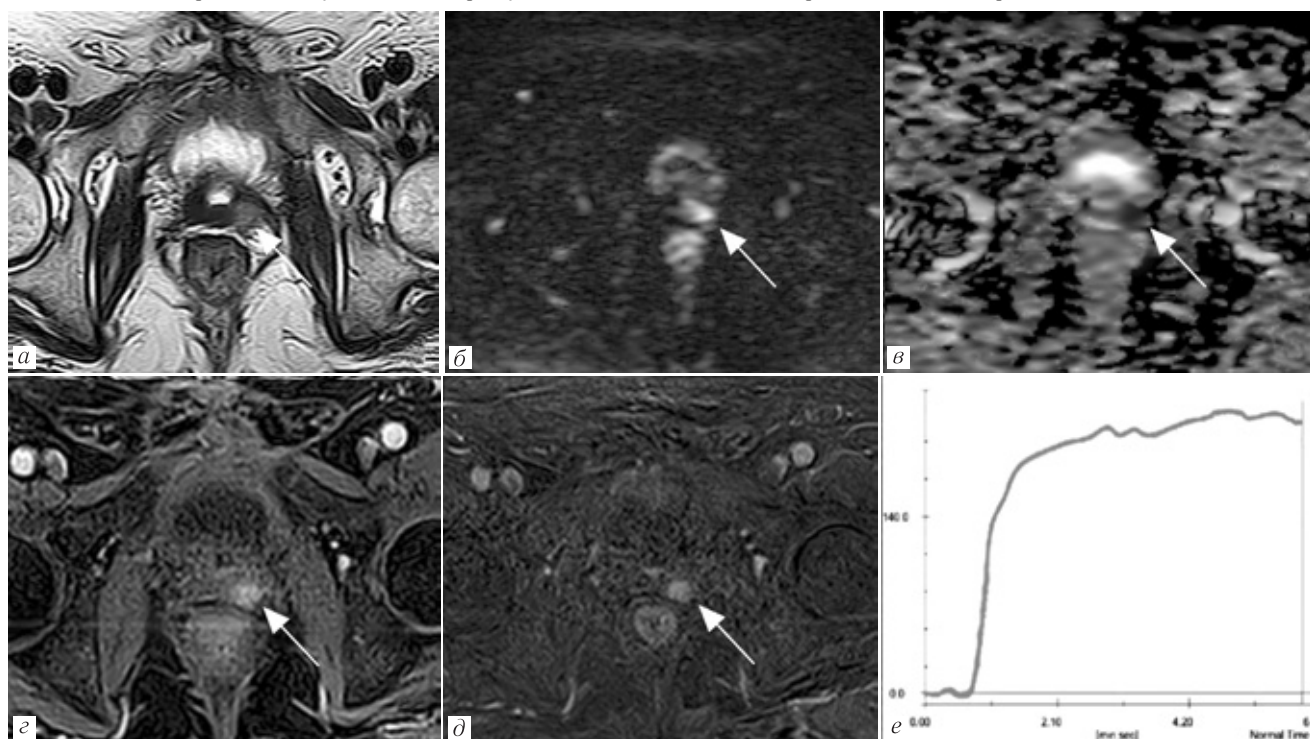


Рис. 2. Рецидив рака предстательной железы в хирургическом ложе: *a* — аксиальное T2-ВИ показывает мягкотканное образование слева от пузырно-уретрального анастомоза, с гиперинтенсивным сигналом на T2-ВИ, чем в мышцах; *б, в* — диффузионно-взвешенная визуализация ($b=1000$) демонстрирует высокую интенсивность сигнала и ограничение диффузии на ИКД-карте; *г, д* — при ДКУ отмечается интенсивное накопление контрастного препарата образованием; *е* — кривая контрастирования демонстрирует раннее накопление контрастного препарата с постепенным линейным нарастанием интенсивности контрастного усиления

Fig. 2. Recurrence of prostate cancer in the surgical bed: *a* — axial T2-weighted image shows a soft tissue mass to the left of the vesicourethral anastomosis, with a hyperintense signal on T2-weighted image than in the muscle; *б, в* — diffusion-weighted imaging ($b=1000$) demonstrates high signal intensity and diffusion limitation on the ACD map; *г, д* — in DCE, there is an intense accumulation of the contrast agent; *е* — the contrast curve demonstrates the previously intense accumulation of the contrast agent with a gradual linear increase in contrast enhancement

сти и показывает умеренно гиперинтенсивный сигнал на T2-ВИ по сравнению с мышцами таза, имитируя местный рецидив [12]. Грануляционная ткань не демонстрирует истинной рестрикции диффузии, при ДКУ отмечается слабое усиление парамагнетика на изображениях с отсроченным контрастированием. Отличительной особенностью сосудистых структур в хирургическом ложе является визуализация в передней и латеральной частях операционного ложа с удлинённым линейным или непрерывным видом. Большинство сохранившихся семенных пузырьков имеют очень низкую интенсивность сигнала из-за фиброза и могут демонстрировать сохранение своего вида извитых трубочек.

Материалы и методы. Одобрения этического комитета не требовалось, информированное согласие получено от каждого пациента. С 2020 по 2024 г. в РНЦРХТ им. акад. А. М. Гранова проходили мпМРТ органов малого таза 118 пациентов, перенесших простатэктомию и имеющих биохимический рецидив РПЖ. Отбор пациентов и формирование групп проводились согласно установленным критериям: все пациенты имели биохимический рецидив РПЖ (уровень обПСА >0,2 нг/мл в двух последовательных измерениях). Критериями для включения в исследование также было отсутствие предшествующей лучевой и гормональной терапии. Пациенты с положительным хирургическим краем (R+) были исключены из исследования. Медиана возраста пациентов 68 лет. Медиана обПСА 1,72 нг/мл (от 0,22 до 22,19 нг/мл). 46 пациентов имели низкий риск прогрессирования РПЖ (по D’Amico), 38 пациента промежуточный, и 34 пациента имели высокий риск. У всех пациентов по результатам гистологического исследования определялась ацинарная аденокарцинома. Большинство пациентов имели сумму баллов по Глисон 7 (80,9%). Все пациенты были распределены на группы в зависимости от уровня обПСА.

Таблица 1
Распределение пациентов по группам в зависимости от уровня общего ПСА

Уровень общего ПСА		Количество пациентов, абс. (%)
1 группа	0,2–0,5 нг/мл	28 (23,7)
2 группа	0,5–1,0 нг/мл	37 (31,3)
3 группа	1,0–3,0 нг/мл	31 (26,2)
4 группа	Более 3,0 нг/мл	22 (18,6)

Всем пациентам была проведена мпМРТ органов малого таза с внутривенным динамическим контрастированием. Исследования выполнялись на трех МР-томографах: Signa Hdtx 1,5T (General Electric), Titan Vantage 1,5T (Toshiba) и Titan Vantage 3,0T (Toshiba), с использованием поверхностных гибких

катушек. Выбор области исследования и использование поверхностных катушек обусловлены необходимостью получения изображений всего малого таза как для выявления локального рецидива рака предстательной железы, так и для поиска метастатического поражения регионарных лимфатических узлов и костей таза. Для контрастирования использовалось парамагнитное средство «Гадовист» 7,5 мл (Gadobutrol) с применением динамического контрастирования с использованием шприца-инжектора.

Протокол мпМРТ включал T2, T1FS-взвешенные последовательности: в аксиальной, коронарной и сагиттальной плоскостях (TR=5600, TE=90, толщина среза 3,0 мм); аксиальные T1-ВИ и T2-ВИ FS; DWI с различными значениями b-фактора (0, 200, 500, 1000 с/мм); построение карт измеряемого коэффициента диффузии (ADC-карт) динамическое контрастирование (DCE) с временным интервалом 8–10 секунд между сериями, с последующей обработкой изображений в режиме субтракции; постконтрастные T1-ВИ FS в аксиальной, коронарной и сагиттальной плоскостях. Обработка статистических данных проводилась с применением универсального статистического программного обеспечения «Stadia version 7.0» для операционной системы Windows. Были рассчитаны ключевые статистические показатели, такие как чувствительность, специфичность, диагностическая точность, а также положительная и отрицательная прогностическая ценность.

Для оценки достоверности различий использовался непараметрический U-критерий Манна–Уитни. Вероятность местного рецидива РПЖ в зависимости от уровня обПСА анализировалась с помощью статистической модели логит-регрессии. Для оценки корреляции между уровнем ПСА и частотой выявления местного рецидива по данным мпМРТ использовался тест ранговой корреляции Спирмена, с оценкой статистической значимости посредством t-критерия Стьюдента и расчета доверительных интервалов. Метод позволяет выявить корреляционную связь между количественными показателями, описать ее направление, тесноту и статистическую значимость. Интерпретация результатов проводилась согласно системе унифицированного отчета для оценки местного рецидива РПЖ у пациентов после РПЭ и ЛТ — prostate imaging recurrence reporting (PI-RR). Система PI-RR включает пять отдельных шкал, для оценки T2-ВИ, ДВИ и ДКУ. При этом категории 1 и 2 обозначают поражения с очень низким и низким риском рецидива, тогда как категории 4 и 5 указывают на высокий и очень высокий риск рецидива. Категория 3 не позволяет исключить рецидив. Итоговая категория PI-RR после РПЭ определялась с учетом ДВИ и ДКУ, при этом доминирующей последовательностью является ДКУ. Повышение категории с PI-RR 2 до PI-RR 3 или с PI-RR 3 до PI-RR 4 проводилось, когда показатель ДВИ был выше или равен 4. Изменения по данным мпМРТ у паци-

ентов после РПЭ с итоговой категорией 4 и 5 PI-RR расценивались как местный рецидив РПЖ.

Оценка результатов мпМРТ и определение категории PI-RR проводились ретроспективно и независимо друг от друга тремя врачами-рентгенологами со стажем работы 5, 11 и 16 лет, которым не были известны клинические, гистологические и лабораторные данные, уровень ПСА и результаты других методов визуализации.

Результаты. Местный рецидив по данным мпМРТ был выявлен у 78 из 118 пациентов с биохимическим рецидивом рака предстательной железы — 66,1%. МР-картина 6 случаев была неоднозначной, изменения дифференцировались между местным рецидивом и послеоперационными изменениями, за счет слабо-выраженного накопления контрастного препарата, а также неотчетливой визуализации узлового образования в месте оперативного вмешательства (категория PI-RR 3). У 40 пациентов местный рецидив не обнаруживался, при этом преобладающие значения уровня ПСА у них были менее 1,0 нг/мл (77,5%). В первой группе местный рецидив был выявлен у 8 пациентов с уровнем общего ПСА в сыворотке крови 0,2–0,5 нг/мл (28,5% от общего числа пациентов с данным уровнем общего ПСА). Во второй группе, при уровне общего ПСА 0,5–1 нг/мл, местный рецидив выявлен у 17 пациентов (45,9%). В третьей группе, при уровне ПСА 1,0–3,0 нг/мл, местный рецидив выявлен у 27 пациентов (90,3%). В четвертой группе, при уровне ПСА >3,0 нг/мл, местный рецидив выявлен у 20 пациентов (90,9%). У 29 пациентов определялся как местный рецидив, так и регионарные метастазы, при этом из них 26 пациентов (89,7%)

что, может быть, было обусловлено малыми размерами образования в месте оперативного вмешательства или отдаленными метастазами. Среди пациентов, у которых местный рецидив не был обнаружен, а также пациентов с неопределенным результатом МРТ, при ПЭТ-КТ с ⁶⁸Ga-ПСМА определялось следующее: 2 пациента имели местный рецидив с категорией PI-RR III по данным МРТ; у 3 пациентов выявлено поражение неувеличенных регионарных лимфатических узлов, не обнаруженных по данным МРТ; у 7 пациентов обнаружены метастазы вне области малого таза; у 28 пациентов местный рецидив и метастазы также не обнаруживались (из них 20 пациентов имели уровень ПСА менее 0,5 нг/мл). Местный рецидив наиболее часто обнаруживался в области пузырно-уретрального анастомоза на уровне шейки мочевого пузыря — 79,6% случаев, реже он обнаруживался в области удаленных семенных пузырьков — 10,2%, в задней стенке мочевого пузыря — 6,1%, по ходу ректопростатической фасции — 4,1%. Размеры рецидивного очага составляли от 5 до 15,6 мм в наибольшем измерении (медиана 7,8 мм). Верификация рецидива посредством биопсии под ТРУЗ-контролем была проведена 21 пациенту (размеры очага 10,8 мм ± 2,6 мм). Из них у 19 пациентов (90,4%) рецидив был подтвержден результатами гистологического исследования.

Пациентам с размерами рецидивного очага меньше 8 мм ввиду небольших размеров очага биопсия под ТРУЗ-контролем не проводилась. Результаты в данной группе оценивались уменьшением размеров или отсутствием визуализации рецидивного очага после проведенного курса ЛТ по данным контрольного

Таблица 2
Количество пациентов с местным рецидивом по данным МРТ в зависимости от уровня общего ПСА и размера рецидивного очага

Number of patients with local recurrence according to MRI depending on the level of total PSA

Table 2

Уровень общего ПСА	Количество пациентов, у которых определялся местный рецидив	Доля пациентов с выявленным местным рецидивом от общего количества пациентов с данным уровнем ПСА, %	Размер рецидивного очага, мм (в наибольшем измерении)	Чувствительность (Se), специфичность (Sp), 95% доверительный интервал (ДИ)	Значения p
1 гр. 0,2–0,5 нг/мл	8	28,5	От 5,2 мм до 7,6 мм (медиана 6,4 мм)	Se=80,1%, Sp=78,1%, ДИ=77,6–82,3	p<0,01
2 гр. 0,5–1,0 нг/мл	17	45,9	От 5,4 мм до 10,6 мм (медиана 7,8 мм)	Se=86,2%, Sp=83,5%, ДИ=81,6–88,3	p<0,01
3 гр. 1,0–3,0 нг/мл	27	90,3	От 4,9 мм до 15,6 мм (медиана 7,8 мм)	Se=91,8%, Sp=88,9%, ДИ=86,6–92,3	p<0,01
4 гр. Более 3,0 нг/мл	20	90,9	От 7,2 мм до 14,2 мм (медиана 9,1 мм)	Se=91,6%, Sp=89,1%, ДИ=87,1–92,1	p<0,01

имели индекс Глисона после РПЭ ≥7. У 6 пациентов определялись признаки поражения только регионарных лимфатических узлов или костей таза за счет увеличения размеров лимфатических узлов и появления очагов остеосклеротического характера, без наличия местного рецидива. У 14 пациентов по данным МРТ местный рецидив и метастазы не обнаруживались,

ных МРТ и ПЭТ/КТ ⁶⁸Ga-ПСМА исследований, а также снижением уровня общего ПСА. При этом положительная динамика отмечена в 91,8% случаев.

Всем пациентам с БХР РПЖ и обнаруженным местным рецидивом при мпМРТ с 4 и 5 категорией PI-RR и/или обнаруженным местным рецидивом по данным ПЭТ-КТ с ⁶⁸Ga-ПСМА проводилась

спасительная ДЛТ на ложе удаленной ПЖ. Также спасительная ДЛТ проводилась пациентам с рТ3а, рТ3б и или R+ вне зависимости от обнаружения или необнаружения рецидивного очага по данным лучевых исследований в соответствии с клиническими рекомендациями. Остальные пациенты с БХР РПЖ с необнаруженным местным рецидивом и вторичными изменениями подлежали динамическому наблюдению (медиана наблюдения 12 месяцев), из них у 3 пациентов был выявлен местный рецидив по данным контрольного мпМРТ, а также рост уровня общего ПСА (+82–226% от исходных значений).

Наилучшим пороговым значением для прогнозирования положительных результатов мпМРТ было ПСА >1,0 нг/мл, AUC=0,712, 95% ДИ=0,861–0,918 ($p=0,01$).

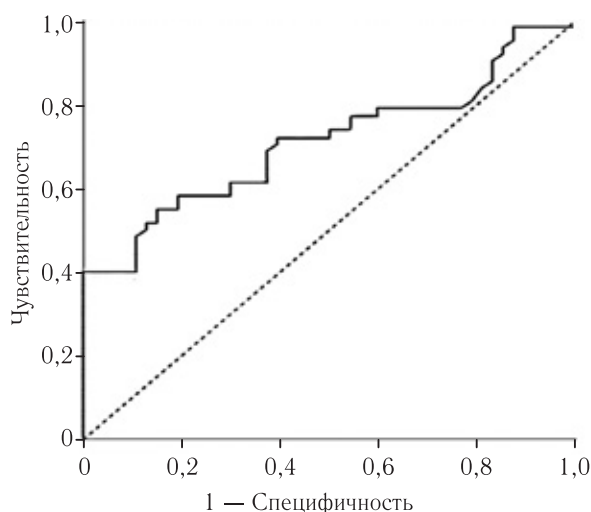


Рис. 3. График ROC-анализа диагностической точности мпМРТ выявления местного рецидива РПЖ при ПСА >1,0 нг/мл

Fig. 3. ROC analysis graph of the diagnostic accuracy of mpMRI in detecting local recurrence of prostate cancer with PSA >1,0 ng/ml

После проведения курса лучевой терапии на ложе удаленной предстательной железы и зоны регионарного метастазирования при последующих контрольных измерениях уровня ПСА у 91,8% пациентов отмечалось прогрессивное его падение при медиане наблюдения 12 месяца, что и определяло достоверность полученных результатов. Прогрессирование отмечено у 8,2% пациентов при медиане наблюдения 12 месяца и у всех пациентов было обусловлено отдаленным метастазированием.

Определение категории PI-RR при интерпретации мпМРТ имело высокий уровень согласованности между врачами-рентгенологами. Медианное значение коэффициента межэкспертного согласия (каппа Коэна) $k=0,80$. У пациентов с уровнем общего ПСА $\geq 1,0$ нг чувствительность и специфичность мпМРТ в диагностике местного рецидива составили 91,8% и 88,9%. При меньшем уровне общего ПСА чувствительность и специфичность обнаружения местного рецидива мпМРТ ниже ($p<0,01$). Положительная

прогностическая ценность и отрицательная прогностическая ценность составили 89,2% и 91,5%. Коэффициент ранговой корреляции Спирмена равен 0,91, что соответствует высокой тесноте связи между уровнем общего ПСА и процентом обнаружения местного рецидива РПЖ мпМРТ ($p<0,01$).

Обсуждение. Одной из важных проблем онкоурологии является ранняя диагностика рецидива РПЖ после РПЭ, что включает в себя необходимость выявления местного или отдаленного рецидива, определение его объема и точной локализации, что критически важно для последующего выбора правильной тактики лечения. Одним из наиболее часто используемых методов лечения местного рецидива РПЖ после РПЭ является так называемая «спасительная» лучевая терапия. Согласно рекомендациям Европейского общества урорадиологии, лучевая терапия местного рецидива РПЖ наиболее эффективна, когда уровень ПСА не превышает 0,5 нг/мл [13]. Кроме того, в обширном систематическом обзоре было определено, что каждое увеличение ПСА на 0,1 нг/мл связано с средней потерей биохимической выживаемости без рецидива на 2,6% [14]. Учитывая эти данные, необходимо стремиться к наиболее раннему выявлению местного рецидива с помощью современных методов лучевой визуализации.

Трудности анализа МР-изображений во многом вызваны изменениями анатомии малого таза после проведенной РПЭ, наличием фиброзных и рубцовых изменений, грануляционной ткани, что обуславливает сходство структур на стандартных МР-последовательностях. Применение диффузионно-взвешенной МРТ и динамического контрастирования помогает дифференцировать рецидивную опухолевую ткань в хирургическом ложе. Т2-взвешенные изображения прежде всего необходимы для локализации подозрительного очага, сопоставления с предоперационной МРТ и зоной первичной опухоли. Дополнительной особенностью является то, что после РПЭ происходит смещение органов, в дальнейшем это может привести к трудностям проведения стереотаксической лучевой терапии или протонной терапии.

Магнитно-резонансная томография обладает высокой эффективностью у пациентов с биохимическим рецидивом после проведенной радикальной простатэктомии при уровне общего ПСА более 1 нг/мл (91,3%). При меньшем уровне ПСА процент обнаружения местного рецидива ниже.

У пациентов с биохимическим рецидивом рака предстательной железы, когда по данным мпМРТ установлена низкая, а также неопределенная вероятность рецидива (PI-RR 1, 2 и 3), для исключения отдаленных и регионарных метастазов, а также в качестве дополнительного диагностического метода выявления местного рецидива РПЖ рекомендуется ПЭТ/КТ с ^{68}Ga -ПСМА. Отрицательные результаты по данным мпМРТ связаны в первую очередь с малыми размерами зоны рецидива и, как правило, отсут-

ствием отдаленного метастазирования. Однако при значении очага рецидива $\geq 7,8$ мм у 91,6% пациентов подтверждается наличие местного рецидива с последующим гистологическим исследованием.

У некоторых пациентов с рецидивом PI-RR 3 не подтвердилось наличие из-за индивидуальных послеоперационных особенностей в ложе удаленной предстательной железы, таких как грануляционная ткань, фиброзные изменения, а также малого размера очагового образования.

Таким образом, наличие ложноположительных результатов (PI-RR 3 без подтвержденного рецидива) является ожидаемым ограничением мпМРТ, особенно в условиях послеоперационных изменений. Это требует необходимости комплексной диагностики рецидива РПЖ, включая анализ уровня ПСА, мпМРТ и, при необходимости, ПЭТ/КТ и биопсию.

Полученные результаты согласуются с доступной в настоящее время литературой, в которой сообщается, что доля положительных результатов увеличивается вместе со значениями ПСА [15, 16]. К. Kitajima и соавт. в своей работе сообщили о более высоких уровнях обнаружения (51,5%) при уровне ПСА (менее чем 0,4 нг/мл) при использовании эндоректальной катушки [17]. Частота обнаружения была аналогична у пациентов с уровнем ПСА выше 1,0 нг/мл (89,3%). У пациентов с уровнем ПСА менее чем 1,0 нг/мл частота обнаружения, чувствительность и специфичность мпМРТ в сравнении с данным других исследований также была ниже [16, 18], что, по-видимому, связано с малыми размерами рецидивных очагов, которые труднее визуализировать, ввиду ограничений разрешающей способности метода. ПЭТ-КТ с ^{68}Ga -ПСМА демонстрирует сопоставимые результаты обнаружения местного рецидива РПЖ после РПЭ: частота обнаружения при уровне ПСА от 0,2 до 0,5 нг/мл составляет 26,6%, при уровне ПСА от 0,5 до 1,0 нг/мл — 53,3%, при уровне ПСА от 1,0 до $<2,0$ нг/мл — 79,1% и при уровне ПСА $\geq 2,0$ нг/мл — 95,5% [19]. МРТ в сравнении с ПЭТ-КТ с ^{68}Ga -ПСМА позволяет более детально оценить простатическое ложе и определить инвазивный потенциал рецидивного образования. Также необходимо учитывать, что визуализация рецидивных очагов на уровне цисто-уретроанастомоза при ПЭТ-КТ с ^{68}Ga -ПСМА может быть затруднена в связи с «фоновым» распределением РФП в мочевом пузыре. В последние годы появляются сообщения о более высокой частоте обнаружения местного рецидива (65%) у пациентов с уровнем ПСА от 0,2 до 0,5 нг/мл при использовании нового гибридного метода визуализации: позитронно-эмиссионной томографии

(ПЭТ), совмещенной с магнитно-резонансной томографией (совмещенной ПЭТ/МРТ) [20].

Ограничения. Основные ограничения исследования заключаются в том, что в выборке большинство пациентов по результатам гистологического исследования имели индекс Глисона 7 (80,9%) и медиану ПСА 1,72 нг/мл, что может оказать влияние на полученные результаты. Стоит отметить ограничения, связанные с диагностическим оборудованием и протоколами сканирования мпМРТ, а также зависимостью от квалификации специалистов, выполняющих интерпретацию изображений. В случае неприменения стандартов в интерпретации результатов могут возникнуть ошибки, которые негативно скажутся на оценке рецидива. Оценка по шкале PI-RR может облегчить стандартизацию и обобщение при оценке местного рецидива РПЖ. В исследование не включены пациенты с положительным хирургическим лечением (R+), а также те, кто получал лучевую или гормональную терапию до проведения мпМРТ, это может ограничить обобщаемость результатов среди пациентов с рецидивом РПЖ после РПЭ.

Рекомендации по практическому применению. мпМРТ является необходимым методом диагностики у пациентов с биохимическим рецидивом РПЖ после РПЭ. При подозрении на местный рецидив РПЖ необходимо провести мпМРТ малого таза с помощью протоколов, включающих T2-ВИ, ДВИ и ДКУ.

Для унификации оценки вероятности рецидива РПЖ на мпМРТ после РПЭ рекомендуется использовать систему PI-RR.

У пациентов с БХР РПЖ и низкой или неопределенной вероятностью рецидива по данным мпМРТ (PI-RR 1, 2 и 3) для исключения отдаленных и регионарных метастазов, а также для уточнения диагноза необходимо проведение ПЭТ/КТ с ^{68}Ga -ПСМА.

Заключение. Таким образом, мпМРТ является высокоэффективным методом диагностики при биохимическом рецидиве РПЖ, что позволяет персонализировать подход к дальнейшему лечению. Установлена корреляция между уровнем общего ПСА и вероятностью выявления местного рецидива по данным мпМРТ при использовании поверхностной катушки. мпМРТ имеет наибольшую точность диагностики рецидива РПЖ после РПЭ при уровне общего ПСА выше 1 нг/мл, с чувствительностью 91,8% и специфичностью 88,9%. При меньшем значении общего ПСА чувствительность и специфичность снижаются. При значении очага рецидива равном $\geq 7,8$ мм у 90,4% пациентов подтверждается наличие местного рецидива с последующим гистологическим исследованием.

Сведения об авторах:

Артемов Максим Владимирович — кандидат медицинских наук, врач-рентгенолог, заведующий отделением магнитно-резонансной томографии федерального государственного бюджетного учреждения «Российский научный центр радиологии и хирургических технологий имени академика А. М. Гранова» Министерства здравоохранения Российской Федерации; 197758, Санкт-Петербург, пос. Песочный, Ленинградская ул., д. 70; e-mail: maks86-86@mail.ru; ORCID 0009-0007-1229-1203;

Щиколткин Евгений Александрович — врач-рентгенолог, отделения магнитно-резонансной томографии федерального государственного бюджетного учреждения «Российский научный центр радиологии и хирургических технологий имени академика А. М. Гранова» Министерства здравоохранения Российской Федерации; 197758, Санкт-Петербург, пос. Песочный, Ленинградская ул., д. 70; ORCID 0009–0006–4381–2350;

Долбов Артем Леонидович — врач-рентгенолог, отделения радиоизотопной позитронной эмиссионной томографии федерального государственного бюджетного учреждения «Российский научный центр радиологии и хирургических технологий имени академика А. М. Гранова» Министерства здравоохранения Российской Федерации; 197758, Санкт-Петербург, пос. Песочный, Ленинградская ул., д. 70; ORCID 0000–0002–2195–2401.

Information about the authors:

Maksim V. Artemov — Cand. of Sci. (Med.), radiologist, head of the magnetic resonance imaging department of the Federal State Budgetary Institution «Russian Scientific Center of Radiology and Surgical Technologies named after Academician A. M. Granov» of the Ministry of Health of the Russian Federation; 197758, St. Petersburg, Pesochny settlement, Leningradskaya st., bldg. 70; e-mail: maks86–86@mail.ru, ORCID 0009–0007–1229–1203;

Evgeny A. Shchikoltkin — radiologist, Department of Magnetic Resonance Imaging, Federal State Budgetary Institution «Russian Scientific Center of Radiology and Surgical Technologies named after Academician A. M. Granov» of the Ministry of Health of the Russian Federation; 197758, St. Petersburg, Pesochny settlement, Leningradskaya st., bldg. 70; ORCID 0009–0006–4381–2350;

Artem L. Dolbov — radiologist, department of radioisotope positron emission tomography, Federal State Budgetary Institution «Russian Scientific Center of Radiology and Surgical Technologies named after Academician A. M. Granov» of the Ministry of Health of the Russian Federation; 197758, Saint Petersburg, Pesochny settlement, Leningradskaya st., bldg. 70; ORCID 0000–0002–2195–2401.

Вклад авторов. Все авторы подтверждают соответствие своего авторства международным критериям ICMJE (все авторы внесли существенный вклад в разработку концепции, проведение поисково-аналитической работы и подготовку статьи, прочли и одобрили финальную версию перед публикацией). Наибольший вклад распределен следующим образом: концепция и план исследования — М. В. Артемов; сбор и анализ данных — Е. А. Щиколткин, А. Л. Долбов; подготовка рукописи — М. В. Артемов, Е. А. Щиколткин, А. Л. Долбов.

Authors' contributions. All authors confirm their authorship according to the international ICMJE criteria (all authors made substantial contributions to the conception, research, and preparation of the article, and read and approved the final version before publication). Special contribution: aided in the concept and plan of the study — MVA; provided collection and analysis of data — EAShch, ALD; preparation of the manuscript — MVA, EAShch, ALD.

Потенциальный конфликт интересов: авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Disclosure: the authors declare no conflict of interest.

Соответствие принципам этики. Одобрения этического комитета не требовалось. Информированное согласие получено от каждого пациента.

Adherence to ethical standards. The approval of the ethics committee was not required. Informed consent has been obtained from each patient.

Поступила/Received: 13.01.2025

Принята к печати/Accepted: 29.05.2025

Опубликована/Published: 29.06.2025

ЛИТЕРАТУРА / REFERENCES

1. Bray F., Laversanne M., Sung H. et al. Global cancer statistics 2022: GLOBOCAN estimates of incidence and mortality worldwide for 36 cancers in 185 countries // *CA Cancer J. Clin.* 2024. Vol. 74, No. 3. P. 229–263. doi: 10.3322/caac.21834.
2. Шахзадова А.О., Старинский В.В., Лисичникова И.В. Состояние онкологической помощи населению России в 2022 году // *Сибирский онкологический журнал.* 2023. Т. 22, № 5. С. 5–13. [Shakhzadova A.O., Starinsky V.V., Lisichnikova I.V. Cancer care to the population of Russia in 2022. *Siberian Journal of Oncology*, 2023, Vol. 22, No. 5, pp. 5–13 (In Russ.)]. doi: 10.21294/1814-4861-2023-22-5-5-13.
3. Шихзадаев М.Ш., Школьник М.И., Жаринов Г.М., Богомолов О.А., Прохоров Д.Г. Современные подходы в лечении местнораспространенного рака предстательной железы // *Вопросы онкологии.* 2018. Т. 64, № 4. С. 478–484. [Shikhzadaev M.Sh., Shkolnik M.I., Zharinov G.M. et al. Modern approaches in treatment for locally advanced prostate cancer. *Oncology issues*, 2018, Vol. 64, No. 4, pp. 478–484 (In Russ.)]. doi: 10.37469/0507-3758-2018-64-4-478-484.
4. Носов Д.А., Волкова М.И., Гладков О.А. и др. Практические рекомендации по лекарственному лечению рака предстательной железы // *Практические рекомендации RUSSCO. Часть 1. Злокачественные опухоли.* 2023. Т. 13, № 3s2. С. 640–660. [Nosov D.A., Volkova M.I., Gladkov O.A. et al. Practical Guidelines for the treatment of prostate cancer. *Malignant Tumors: Practice Guidelines RUSSCO*. Part 1, 2023, No. 3s2, pp. 640–660 (In Russ.)]. doi: 10.18027/2224-5057-2023-13-3s2-1-640-660.
5. Cornford P., Bellmunt J., Bolla M. et al. EAU-ESTRO-SIOG Guidelines on Prostate Cancer. Part II: Treatment of Relapsing, Metastatic, and Castration-Resistant Prostate Cancer // *Eur. Urol.* 2017. Vol. 71, No. 4. P. 630–642. doi: 10.1016/j.eururo.2016.08.002.
6. Hoeh B., Wenzel M., Hohenhorst L. et al. Anatomical Fundamentals and Current Surgical Knowledge of Prostate Anatomy Related to Functional and Oncological Outcomes for Robotic-Assisted Radical Prostatectomy // *Front Surg.* 2022. Vol. 8. P. 825183. doi: 10.3389/fsurg.2021.825183.
7. Долбов А.Л., Станжевский А.А., Майстренко Д.Н. и др. Оптимизация алгоритма стадирования впервые выявленного рака предстательной железы путем применения ПЭТ/КТ с ⁶⁸Ga-ПСМА: ретроспективное исследование // *Лучевая диагностика и терапия.* 2023. Т. 13, № 4. С. 46–56. [Dolbov A.L., Stanzhevskii A.A., Maistrenko D.N. et al. Optimization of staging algorithm for newly detected prostate cancer by using PET/CT with ⁶⁸Ga-PSMA: a retrospective study. *Diagnostic radiology and radiotherapy*, 2023. Vol. 13, No. 4, pp. 46–56 (In Russ.)].
8. Крупина М.В., Трофимова Т.Н., Вальков М.Ю. Магнитно-резонансная картина изменений в предстательной железе у больных локализованным раком предстательной железы после радикальной дистанционной лучевой терапии // *Лучевая диагностика и терапия.* 2021. Т. 12, № 2. С. 79–91. [Krupina M.V.,

- Trofimova T.N., Valkov M.Yu. Magnetic resonance picture of changes in the prostate gland in patients with localized prostate cancer after radical external beam radiotherapy. *Diagnostic radiology and radiotherapy*, 2021, Vol. 12, No. 2, pp. 79–91 (In Russ.). doi: 10.22328/2079-5343-2021-12-2-79-91.
9. Weinreb J.C., Barentsz J.O., Choyke P.L. et al. PI-RADS Prostate Imaging — Reporting and Data System: 2015, Version 2 // *Eur. Urol.* 2016. Vol. 69, No. 1. P. 16–40. doi: 10.1016/j.eururo.2015.08.052.
10. Panebianco V., Villeirs G., Weinreb J.C. et al. Prostate Magnetic Resonance Imaging for Local Recurrence Reporting (PI-RR): International Consensus — based Guidelines on Multiparametric Magnetic Resonance Imaging for Prostate Cancer Recurrence after Radiation Therapy and Radical Prostatectomy // *Eur. Urol. Oncol.* 2021. Vol. 4, No. 6. P. 868–876. doi: 10.1016/j.euo.2021.01.003.
11. Zhang-Yin J., Montravers F., Montagne S., Hennequin C., Renard-Penna R. Diagnosis of early biochemical recurrence after radical prostatectomy or radiation therapy in patients with prostate cancer: State of the art // *Diagn Interv Imaging*. 2022. Vol. 103, No. 4. P. 191–199. doi:10.1016/j.diii.2022.02.005.
12. Notley M., Yu J., Fulcher A.S., Turner M.A. et al. Pictorial review. Diagnosis of recurrent prostate cancer and its mimics at multiparametric prostate MRI // *Br. J. Radiol.* 2015. Vol. 88, No. 10542. P. 0150362. doi: 10.1259/bjr.20150362.
13. Froehner M., Koch R., Graefen M. Re: Mottet N., van den Bergh R.C.N., Briers E. et al. EAU-EANM-ESTRO-ESUR-SIOG Guidelines on Prostate Cancer-2020 Update. Part 1: Screening, Diagnosis, and Local Treatment with Curative Intent // *Eur. Urol.* 2021. Vol. 79. P. 243–262: Comorbidity Measurement in Patients with Prostate Cancer // *Eur. Urol.* 2021. Vol. 79, No. 5. e138. doi: 10.1016/j.eururo.2021.02.005.
14. King C.R. The timing of salvage radiotherapy after radical prostatectomy: a systematic review // *Int. J. Radiat. Oncol. Biol. Phys.* 2012. Vol. 84, No. 1. P. 104–111. doi: 10.1016/j.ijrobp.2011.10.069.
15. Ciccarese F., Corcioni B., Bianchi L. et al. Clinical Application of the New Prostate Imaging for Recurrence Reporting (PI-RR) Score Proposed to Evaluate the Local Recurrence of Prostate Cancer after Radical Prostatectomy // *Cancers (Basel)*. 2022. Vol. 14, No. 19. P. 4725. Published 2022 Sep 28. doi: 10.3390/cancers14194725.
16. Bergaglio C., Giasotto V., Marcenaro M. et al. The Role of mpMRI in the Assessment of Prostate Cancer Recurrence Using the PI-RR System: Diagnostic Accuracy and Interobserver Agreement in Readers with Different Expertise // *Diagnostics (Basel)*. 2023. Vol. 13, No. 3. P. 387. Published 2023. Jan. 20. doi: 10.3390/diagnostics13030387.
17. Kitajima K., Hartman R.P., Froemming A.T., Hagen C.E., Takahashi N., Kawashima A. Detection of Local Recurrence of Prostate Cancer After Radical Prostatectomy Using Endorectal Coil MRI at 3 T: Addition of DWI and Dynamic Contrast Enhancement to T2-Weighted MRI // *AJR Am. J. Roentgenol.* 2015. Vol. 205, No. 4. P. 807–816. doi: 10.2214/AJR.14.142.
18. Franco P.N., Frade-Santos S., García-Baizán A. et al. An MRI assessment of prostate cancer local recurrence using the PI-RR system: diagnostic accuracy, inter-observer reliability among readers with variable experience, and correlation with PSA values // *Eur. Radiol.* 2024. Vol. 34, No. 3. P. 1790–1803. doi: 10.1007/s00330-023-09949-7.
19. Meredith G., Wong D., Yaxley J. et al. The use of ⁶⁸Ga-PSMA PET CT in men with biochemical recurrence after definitive treatment of acinar prostate cancer // *BJU Int.* 2016. Vol. 118, Suppl. 3. P. 49–55. doi: 10.1111/bju.13616.
20. Kranzbühler B., Müller J., Becker A.S. et al. Detection Rate and Localization of Prostate Cancer Recurrence Using ⁶⁸Ga-PSMA-11 PET/MRI in Patients with Low PSA Values ≤0,5 ng/ml // *J. Nucl. Med.* 2020. Vol. 61, No. 2. P. 194–201. doi: 10.2967/jnumed.118.225276.

Открыта подписка на 2-е полугодие 2025 года.

Подписной индекс:

«Урал Пресс» (Пресса России) **014023**