

ISSN 1814-6023 (Print)  
ISSN 2524-2350 (Online)  
УДК 616-006.66  
<https://doi.org/10.29235/1814-6023-2022-19-2-151-159>

Поступила в редакцию 06.12.2021  
Received 06.12.2021

**К. В. Поддубный, П. Д. Демешко, В. В. Синайко, С. А. Красный, С. Л. Поляков**

*Республиканский научно-практический центр онкологии и медицинской радиологии  
им. Н. Н. Александрова, а/г Лесной, Минский р-н, Республика Беларусь*

## **ДИАГНОСТИЧЕСКИЕ ВОЗМОЖНОСТИ ПОЗИТРОННОЙ ЭМИССИОННОЙ ТОМОГРАФИИ, СОВМЕЩЕННОЙ С КОМПЬЮТЕРНОЙ ТОМОГРАФИЕЙ, С 18F-PSMA-1007 В ВЫЯВЛЕНИИ МЕСТНОГО РЕЦИДИВА РАКА ПРЕДСТАТЕЛЬНОЙ ЖЕЛЕЗЫ ПОСЛЕ РАДИКАЛЬНОЙ ПРОСТАТЭКТОМИИ**

**Аннотация.** В случае биохимического рецидива (БхР) рака предстательной железы (РПЖ) важным является разграничение местного рецидива в ложе и системного прогрессирования заболевания. Традиционные методы визуализации имеют ограниченные возможности, особенно у пациентов с невысоким уровнем простатического специфического антигена (ПСА). В последние годы возросла роль позитронной эмиссионной томографии, совмещенной с компьютерной томографией (ПЭТ/КТ), с PSMA-мечеными лигандами, однако в настоящее время не существует единого мнения об эффективности этого метода в выявлении местного рецидива заболевания.

Цель исследования – изучить диагностические возможности ПЭТ/КТ с 18F-PSMA-1007 в выявлении местного рецидива РПЖ.

В исследование были включены 57 пациентов, которым по поводу БхР после радикальной простатэктомии выполнена ПЭТ/КТ с 18F-PSMA-1007, и, согласно полученным результатам, отсутствовали отдаленные и/или регионарные метастазы. У 53 (93,0 %) пациентов клинически верифицирован местный рецидив.

Диагностическая чувствительность (ДЧ) ПЭТ/КТ в выявлении местного рецидива составила 58,5 %, диагностическая специфичность – 75,0, положительное предсказательное значение – 96,9, негативное предсказательное значение – 12,0 %. По данным мультивариантного анализа, только уровень ПСА оказался статистически значимо ассоциирован с истинно положительными находками при ПЭТ/КТ ( $p = 0,02$ ).

По данным многофакторного анализа, уровень ПСА является независимым фактором, влияющим на ДЧ ПЭТ/КТ с 18F-PSMA-1007 в выявлении местного рецидива ( $p < 0,05$ ). В группе пациентов с низким уровнем ПСА ДЧ составила всего 20,0 %. В связи с этим негативный результат ПЭТ/КТ при ПСА  $< 0,5$  нг/мл не является основанием для отсрочки начала «спасительной» лучевой терапии.

**Ключевые слова:** ПЭТ/КТ, рак предстательной железы, 18F-PSMA-1007, биохимический рецидив, радикальная простатэктомия

**Для цитирования:** Диагностические возможности позитронной эмиссионной томографии, совмещенной с компьютерной томографией, с 18F-PSMA-1007 в выявлении местного рецидива рака предстательной железы после радикальной простатэктомии / К. В. Поддубный [и др.] // Вест. Нац. акад. наук Беларусі. Сер. мед. навук. – 2022. – Т. 19, № 2. – С. 151–159. <https://doi.org/10.29235/1814-6023-2022-19-2-151-159>

**Kiryl V. Paddubny, Pavel D. Dziameshka, Valery V. Sinaika, Sergey A. Krasny, Sergey L. Polyakov**

*N. N. Alexandrov National Cancer Centre, Lesnoy, Minsk region, Republic of Belarus*

## **DIAGNOSTIC PERFORMANCE OF POSITRON EMISSION TOMOGRAPHY COMBINED WITH COMPUTED TOMOGRAPHY WITH 18F-PSMA-1007 FOR DETECTING LOCAL RECURRENCE OF PROSTATE CANCER AFTER RADICAL PROSTATECTOMY**

**Abstract.** In the situation of biochemical recurrence (BCR) of prostate cancer (PCa) it is important to distinguish between local recurrence in the prostate bed and systemic disease progression. Conventional imaging modalities have a limited role, especially in patients with low prostate specific antigen (PSA) levels. In recent years, the role of positron emission tomography combined with computed tomography (PET/CT) with PSMA-labeled ligands has grown, but there is currently no consensus on the role and effectiveness of the method in detecting local recurrence of the disease.

The aim of the study was to analyze the diagnostic performance of 18F-PSMA-1007 PET/CT in detecting local recurrence of prostate cancer.

The study included 57 patients with BCR after radical prostatectomy, who underwent PET/CT with 18F-PSMA-1007 and according to its results there were no distant and/or regional metastases. Local recurrence was clinically verified in 53 (93.0%) patients.

The sensitivity of PET/CT in detecting local recurrence was 58.5 %, specificity – 75.0, positive predictive value – 96.9, negative predictive value – 12.0 %. According to multivariate analysis, only PSA level was significantly associated with true-positive PET/CT findings ( $p = 0.02$ ).

According to multivariate analysis, PSA level is an independent predictive factor of 18F-PSMA-1007 PET/CT sensitivity in detecting local recurrence ( $p < 0.05$ ). In the subgroup of patients with a low PSA level sensitivity was only 20.0 %. Therefore, a negative PET/CT scan at PSA level  $< 0.5$  ng/ml is not a reason for delay the initiation of salvage radiation therapy.

**Keywords:** PET/CT, prostate cancer, 18F-PSMA-1007, biochemical recurrence, radical prostatectomy

**For citation:** Paddubny K. V., Dziameshka P. D., Sinaika V. V., Krasny S. A., Polyakov S. L. Diagnostic performance of positron emission tomography combined with computed tomography with 18F-PSMA-1007 for detecting local recurrence of prostate cancer after radical prostatectomy. *Vestsi Natsyyanal'nai akademii navuk Belarusi. Seriya meditsinskikh navuk* = *Proceedings of the National Academy of Sciences of Belarus. Medical series*, 2022, vol. 19, no. 2, pp. 151–159 (in Russian). <https://doi.org/10.29235/1814-6023-2022-19-2-151-159>

**Введение.** Радикальная простатэктомия (РПЭ) является одним из наиболее эффективных методов лечения как локализованного рака предстательной железы (РПЖ), так и местнораспространенных резектабельных форм [1, 2]. Однако, несмотря на то что данный вид лечения обладает высокой онкологической эффективностью, у 18–33 % пациентов со временем развивается биохимический рецидив (БхР) [3–5], обычно проявляющийся бессимптомным повышением уровня простатического специфического антигена (ПСА). Стандартного метода лечения данной категории пациентов не существует, а возможные варианты включают динамическое наблюдение, «спасительную» лучевую терапию, гормональную терапию, локальное лечение олигометастазов. В таких случаях важным является разграничение местного рецидива в ложе железы и системного прогрессирования заболевания (в первую очередь метастатического поражения костных структур и лимфатических узлов) ввиду различной тактики лечения пациентов [6].

Цель исследования – изучить диагностические возможности позитронной эмиссионной томографии, совмещенной с компьютерной томографией, с 18F-PSMA-1007 в выявлении местного рецидива рака предстательной железы.

**Материалы и методы исследования.** В рамках проведенного исследования были оценены данные обследования и динамического наблюдения за 77 пациентами, которым в период с 2019 по 2021 г. в РНПЦ ОМР им. Н. Н. Александрова по поводу БхР после РПЭ выполнена ПЭТ/КТ с 18F-PSMA-1007.

Обследование осуществлялось на ПЭТ/КТ-сканерах Discovery IQ и Discovery 710 (General Electric, США). Пациентам не предписывалось соблюдение диеты или предварительное голодание при подготовке к исследованию. Активность радиофармпрепарата (РФП) определяли из расчета 3,0–3,5 МБк на 1 кг массы тела пациента. ПЭТ/КТ-исследование начинали через 90 мин после введения РФП и осуществляли нативное КТ-сканирование с последующим ПЭТ-сканированием в статическом 3D-режиме сбора данных продолжительностью 3 мин на одну «кровать». Зона сканирования включала в себя «все тело» – от верхней точки свода черепа до верхней трети бедра. Коррекцию аттенуации ПЭТ-сканов осуществляли по данным КТ.

Анализ реконструированных ПЭТ/КТ-изображений осуществлялся на рабочей станции двумя специалистами – врачом-рентгенологом и врачом радионуклидной диагностики. Изображения оценивали по визуальным и полуколичественным критериям. Визуальный анализ выполняли с помощью серой и цветной шкал в трех проекциях, с построением трехмерных изображений проекции максимальной интенсивности (МПИ). Анатомическое картирование обеспечивалось при совмещении ПЭТ- и КТ-сканов (fusion-изображения).

Критериями включения пациентов в исследование являлись:

отсутствие при ПЭТ/КТ признаков отдаленных и/или регионарных метастазов (полностью негативный результат ПЭТ либо диагностирован местный рецидив);

отсутствие андрогенной депривационной терапии до проведения обследования;

наличие данных об уровне ПСА перед проведением ПЭТ/КТ, а также для расчета показателей кинетики ПСА;

отсутствие поражения регионарных лимфоузлов по данным послеоперационного морфологического исследования (pN0).

Из 77 пациентов лучевая терапия (ЛТ) на зону ложа простаты была проведена 55 пациентам (медиана СОД составила 66 Гр). У 53 было констатировано снижение уровня ПСА через 3 мес. после окончания ЛТ либо через 3 мес. после окончания краткосрочной андрогенной депривации

на фоне ЛТ (клиническая верификация местного рецидива). У 2 пациентов эффект от лучевого лечения отсутствовал и при дальнейшем наблюдении отмечался рост ПСА в динамике. У 2 пациентов отмечалось снижение уровня ПСА без лечения. Из анализа результатов исследования были исключены 20 пациентов, 17 из которых была назначена длительная андрогенная депривационная терапия, еще 3 выбыли из-под наблюдения.

Таким образом, в окончательный анализ результатов исследования включены сведения о 57 пациентах (средний возраст 67 (50–79) лет), которым была выполнена ПЭТ/КТ с 18F-PSMA-1007 (табл. 1).

Таблица 1. Общая характеристика пациентов ( $n = 57$ )Table 1. General characteristics of patients ( $n = 57$ )

Показатель	Кол-во пациентов
Патоморфологическая стадия:	
рТ2:	33 (57,9 %)
рТ2а	5
рТ2b	4
рТ2с	24
рТ3:	24 (42,1 %)
рТ3а	14
рТ3b	10
Сумма Глисона:	
6	12 (21,0 %)
≥7	45 (79,0 %)
Уровень ПСА на момент ПЭТ/КТ, нг/мл:	
медiana	0,82 (0,2–4,7)
≤0,5	23 (40,3 %)
0,51–1,0	7 (12,3 %)
1,1–2,0	9 (15,8 %)
>2,0	18 (31,6 %)
Время удвоения ПСА (ВУ-ПСА), мес.:	
медiana	7,95 (1,9–88,5)
<6,0	18 (31,6 %)
≥6,0	39 (68,4 %)
Скорость прироста ПСА (СП-ПСА), нг/мл в месяц:	
медiana	0,01 (0,001–0,75)
≤0,1	48 (84,2 %)
>0,1	9 (15,8 %)

Для оценки диагностических возможностей ПЭТ/КТ в выявлении местного рецидива РПЖ вычислены диагностическая чувствительность (ДЧ), диагностическая специфичность (ДС), положительное предсказательное значение (ППЗ), негативное предсказательное значение (НПЗ) метода. Для определения факторов, влияющих на информативность метода, были выполнены моновариантный и мультивариантный регрессионные логистические анализы, вычислены отношения шансов (ОШ), их 95 %-ные доверительные интервалы (ДИ) и статистическая значимость. Анализ результатов исследования проводили с использованием программных пакетов SPSS 16.0.

**Результаты исследования.** Из 57 включенных в анализ пациентов у 53 (93,0 %) имел место местный рецидив рака простаты (согласно принятым за основу стандартам сравнения). Из их числа у 31 (58,5 %) пациента были получены истинно положительные результаты ПЭТ/КТ с 18F-PSMA-1007 (рис. 1).

Ложноотрицательные заключения в отношении местного рецидива составили 41,5 %.

В 4 (7,0 %) случаях местный рецидив был исключен на основании результатов наблюдения за пациентами в динамике, причем по данным ПЭТ/КТ рецидивная опухоль в ложе железы не определялась у 3 (75,0 %) мужчин (истинно отрицательные результаты).

Ложноположительные находки имели место в 1 случае (рис. 2).

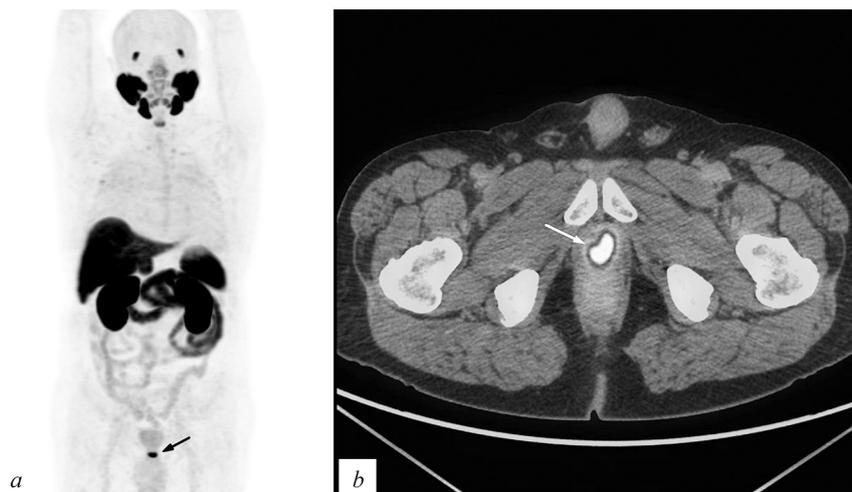


Рис. 1. ПЭТ/КТ с 18F-PSMA-1007: *a* – ПЭТ-МІР (проекция максимальной интенсивности) во фронтальной проекции; *b* – ПЭТ/КТ в аксиальной проекции. В области везикуретрального анастомоза (указан стрелками) выявляется очаг интенсивной гиперэкспрессии PSMA. Уровень ПСА – 0,25 нг/мл, время от радикальной простатэктомии до развития БхР – 15 мес. После проведения лучевой терапии отмечено снижение уровня ПСА до 0,07 нг/мл (клинически доказанный местный рецидив)

Fig. 1. 18F-PSMA-1007 PET/CT: *a* – PET-MIP (maximal intensity projection), frontal projection; *b* – PET/CT, axial projection. A focus of intense PSMA overexpression is visible in the area of the vesicourethral anastomosis (indicated by arrows). The PSA level was 0.25 ng/ml, the time from radical prostatectomy to BR was 15 months. After radiation treatment the PSA level decreased to 0.07 ng/ml (clinically proven local recurrence)

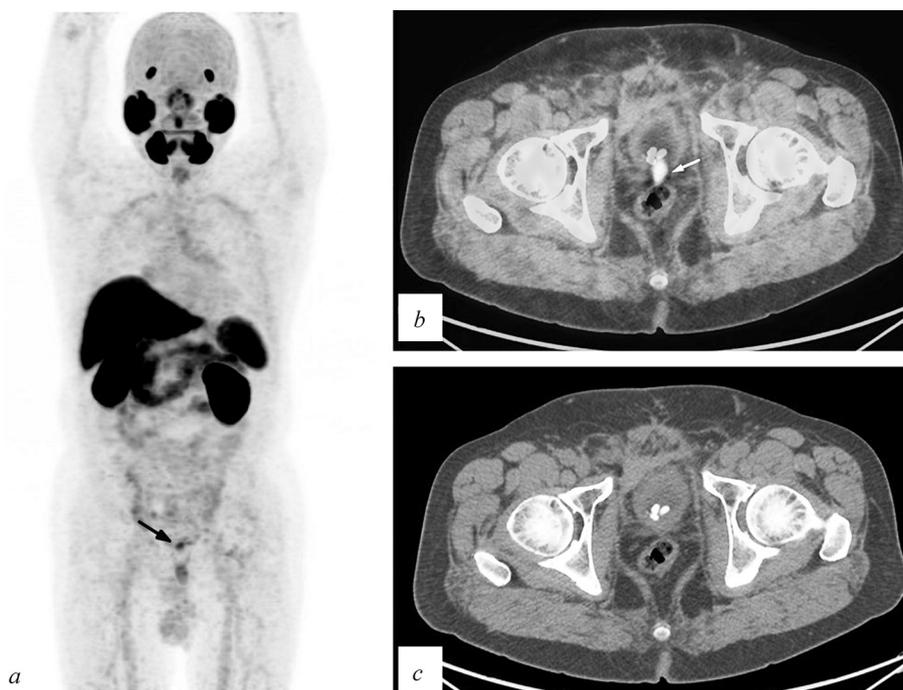


Рис. 2. ПЭТ/КТ с 18F-PSMA-1007: *a* – ПЭТ-МІР (проекция максимальной интенсивности) во фронтальной проекции; *b* – ПЭТ/КТ в аксиальной проекции, *c* – КТ в аксиальной проекции. В области задней стенки мочевого пузыря (указана стрелками) выявляется очаг умеренной экспрессии PSMA, в просвете мочевого пузыря видны множественные конкременты. После цистостомии и извлечения конкрементов отмечено снижение уровня ПСА, при исследовании биопсийного материала опухолевого роста не обнаружено

Fig. 2. 18F-PSMA-1007 PET/CT: *a* – PET-MIP (maximal intensity projection), frontal projection; *b* – PET/CT, axial projection, *c* – CT, axial projection. In the area of the posterior wall of the bladder (indicated by arrows) a focus of moderate PSMA expression is revealed, multiple are visible in the bladder. After cystostomy and removal of stones PSA level decreased; the tumor was not detected in the biopsy material

Данные о соотношении результатов ПЭТ/КТ с 18F-PSMA-1007 и стандартов сравнения представлены в табл. 2.

ДЧ ПЭТ/КТ с 18F-PSMA-1007 в выявлении местного рецидива в общей когорте обследованных пациентов составила 58,5 % (95 % ДИ 54,5–60,3), ДС – 75,0 % (95 % ДИ 22,6–98,7), ППЗ – 96,9 % (95 % ДИ 90,3–99,8), НПЗ – 12,0 % (95 % ДИ 3,6–15,8).

Учитывая высокое ППЗ, с целью определения факторов, ассоциированных с истинно положительными результатами ПЭТ/КТ с 18F-PSMA-1007, проведен монофакторный логистический регрессионный анализ (табл. 3).

Таблица 2. Соотношение результатов ПЭТ/КТ и стандартов сравнения  
Table 2. Correlation of the PET/CT results with the comparison standards

Результат ПЭТ/КТ с 18F-PSMA-1007	Стандарт сравнения, абс. (%)		Всего, абс. (%)
	местный рецидив	местного рецидива нет	
Местный рецидив	31 (96,9)	1 (3,1)	32 (100)
Местного рецидива нет	22 (88,0)	3 (12,0)	25 (100)
Итого, абс. (%)	55 (100)	2 (100)	57 (100)

Таблица 3. Монофакторный анализ  
Table 3. Monofactor analysis

Переменная	ОШ	95 % ДИ	<i>p</i>
рТ2 против рТ3	2,5	0,8–7,2	<b>0,1</b>
Сумма Глисона: 6 против 7–10	1,4	0,4–4,9	0,6
СП-ПСА, нг/мл в месяц	1,2	0,9–1,1	<b>0,02</b>
ВУ-ПСА, мес.	0,9	0,8–1,1	0,2
Уровень ПСА на момент ПЭТ/КТ, нг/мл	3,4	1,6–7,1	<b>0,001</b>

Как следует из представленных данных, в моновариантном анализе только уровень ПСА и темп его прироста продемонстрировали статистически значимое прогностическое значение, а степень местной распространенности – тенденцию к статистической значимости ( $p_{\text{логист. регрессия}} = 0,1$ ). Указанные переменные включены в многофакторный анализ (табл. 4).

Таблица 4. Многофакторный анализ  
Table 4. Multivariate analysis

Переменная	ОШ	95 % ДИ	<i>p</i>
рТ2 против рТ3	0,9	0,3–3,8	0,9
СП-ПСА, нг/мл в месяц	1,2	0,9–1,1	0,4
Уровень ПСА на момент ПЭТ/КТ, нг/мл	2,7	1,8–6,1	<b>0,02</b>

Как следует из представленных в табл. 3, 4 результатов, по данным мультивариантного анализа уровень ПСА на момент проведения обследования был статистически значимо ассоциирован с истинно положительными находками при ПЭТ/КТ с 18F-PSMA-1007 ( $p_{\text{логист. регрессия}} = 0,02$ ).

С целью определения оптимальной точки разделения показателя применен метод построения ROC-кривой (рис. 3).

Площадь под операционной кривой для уровня ПСА на момент проведения ПЭТ/КТ исследования составила 0,8 ( $p_{\text{AUC}} < 0,001$ ), оптимальная точка разделения –  $>0,51$  нг/мл, чувствительность и специфичность – 80,6 и 65,4 % соответственно.

Для проведения дальнейшего анализа уровень ПСА был стратифицирован на две группы ( $\leq 0,5$  и  $>0,5$  нг/мл) и проанализирована частота выявления местного рецидива по данным ПЭТ/КТ (рис. 4).

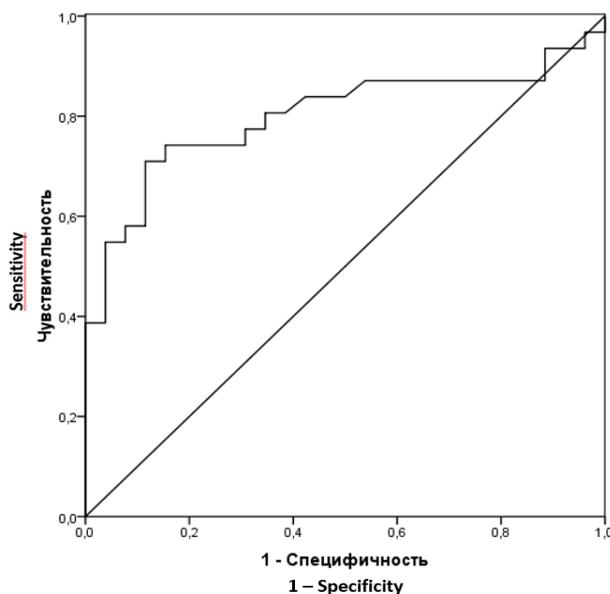


Рис. 3. ROC-кривая для ПСА на момент проведения ПЭТ/КТ (AUC = 0,8)

Fig. 3. ROC-curve for the PSA level at the time of PET/CT (AUC = 0.8)

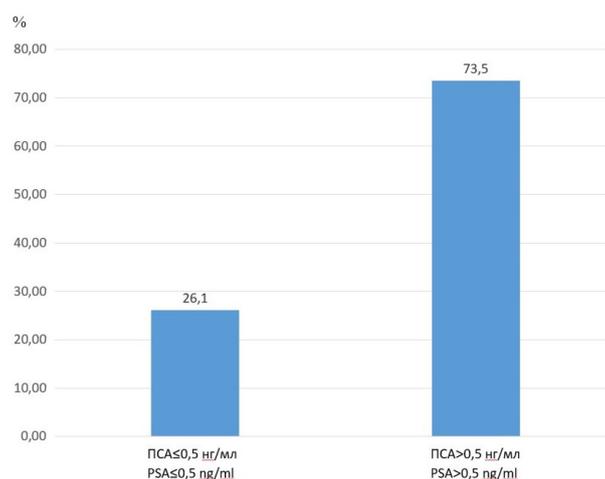


Рис. 4. Частота выявления местного рецидива в зависимости от уровня ПСА

Fig. 4. Detection rate of local recurrence depending on the PSA level

В табл. 5 приведены данные о диагностической информативности ПЭТ/КТ с 18F-PSMA-1007 в зависимости от сочетания выявленных предикторов.

Как следует из представленных данных, ДЧ метода статистически значимо ( $p = 0,02$ ) зависела от уровня ПСА (при ПСА < 0,5 нг/мл ДЧ составила всего 20,0 %). При этом показатели ДС статистически значимо не различались.

Таблица 5. Диагностическая информативность ПЭТ/КТ с 18F-PSMA-1007 в выявлении местного рецидива РПЖ в зависимости от уровня ПСА (95 % ДИ)

Table 5. Diagnostic performance of 18F-PSMA1007 PET/CT in detecting local recurrence of prostate cancer depending on the PSA level (95 % CI)

Показатель	Уровень ПСА на момент ПЭТ/КТ		<i>p</i>
	≤0,5 нг/мл	>0,5 нг/мл	
ДЧ	20,0 (3,6–36,4)	80,7 (72,0–89,4)	0,02
ДС	100 (82,9–100)	66,7 (51,0–83,0)	0,1

**Обсуждение.** В настоящем исследовании проанализирована зависимость частоты выявления местного рецидива от различных факторов с использованием регрессионного анализа, в качестве бинарного признака выступали истинно положительные результаты ПЭТ/КТ с 18F-PSMA-1007. Такой подход обусловлен, с одной стороны, тем, что основная роль ПЭТ/КТ при обследовании пациентов с БхР заключается в выявлении местного рецидива, а не в его исключении (что косвенно подтверждается разницей между ППЗ и НПЗ, которые в настоящем исследовании составили 96,9 и 12,0 % соответственно). С другой стороны, использованный нами отрицательный стандарт сравнения (т. е. случаи, когда местный рецидив был исключен) является относительным, поскольку отсутствие эффекта от ЛТ полностью не исключает синхронное присутствие и местного рецидива и occultных метастазов, не выявленных при ПЭТ/КТ всего тела.

Согласно результатам многофакторного анализа, уровень ПСА на момент проведения ПЭТ/КТ исследования явился единственным фактором, позволяющими прогнозировать вероятность обнаружения местного рецидива методом ПЭТ/КТ. ДЧ в случае ПСА < 0,5 нг/мл составила всего 20,0 %.

В настоящем исследовании применялась ПЭТ/КТ с 18F-PSMA-1007. 18F-меченные PSMA-лиганды обладают некоторыми преимуществами по сравнению с широко применяемыми в настоящее время 68Ga-PSMA-лигандами. Изотоп 18F характеризуется более длинным периодом полураспада (109,8 мин) в сравнении с 68Ga (67,7 мин), а кроме того, 18F имеет более низкую энергию позитрона (0,65 МэВ) по сравнению с 68Ga (1,9 МэВ), что обуславливает меньшее расстояние от местоположения изотопа до точки аннигиляции и позволяет достичь лучшей пространственной разрешающей способности ПЭТ-сканов [7, 8]. В 2015 г. был разработан радиофармпрепарат 18F-PSMA-1007, который помимо вышеперечисленных преимуществ характеризуется также преобладающей гепатобилиарной экскрецией. Это обуславливает низкую его концентрацию в мочеточниках и мочевом пузыре, что позволяет значительно улучшить выявление местного рецидива и регионарных метастазов [9].

По результатам наиболее крупного на сегодняшний день исследования с применением данного РФП [10], включавшего 251 пациента с развившимся БхР после РПЭ, позитивный результат ПЭТ/КТ с 18F-PSMA-1007 был получен у 204 (81,3 %) пациентов. При уровне ПСА от 0,2 до 0,5 нг/мл PSMA-позитивные очаги были обнаружены у 61,5 % пациентов, от 0,5 до 1,0 нг/мл – у 74,5 %, от 1,0 до 2,0 нг/мл – у 90,1 %, свыше 2 нг/мл – у 94,1 % пациентов. При этом частота обнаружения местного рецидива при ПСА < 0,5 нг/мл составила 23,6 %, что практически совпадает с полученными нами данными.

Еще в одном исследовании [11] был получен сходный показатель (23,0 %), однако анализируемая группа пациентов с БхР характеризовалась большей гетерогенностью и РПЭ в качестве первичного лечения составляла только 78 %. При использовании в качестве РФП для ПЭТ/КТ 68Ga-PSMA мета-анализ 755 пациентов [12] продемонстрировал более низкую частоту выявления местного рецидива – 10 %, что можно объяснить различием в физических свойствах изотопов и типах экскреции РФП.

Вместе с тем, согласно некоторым данным, уровень и кинетика ПСА при развитии БхР после РПЭ являются достаточно точными предикторами, способными прогнозировать наличие местного рецидивного процесса в ложе удаленной простаты или метастатического процесса. Так, по данным исследования Bidakhvidi с соавт. [11], уровень и скорость прироста ПСА являлись предикторами позитивного ПЭТ/КТ результата у пациентов с БхР при моновариантном анализе. Кроме того, в ряде исследований показано [13–15], что раннее начало «спасительной» лучевой терапии (при ПСА < 0,5 нг/мл), особенно у пациентов с длительным временем удвоения ПСА, характеризуется удовлетворительными отдаленными результатами. В связи с этим негативный результат ПЭТ/КТ с 18F-PSMA-1007 при ПСА < 0,5 нг/мл не является основанием для отсрочки начала лечения.

Ограничением данного исследования являлось отсутствие гистологической верификации местного рецидива у пациентов. Это обусловлено как невысокой чувствительностью биопсии под ТРУЗИ-навигацией у пациентов с невысоким уровнем ПСА [16], так и зачастую невозможностью ее проведения из-за малых размеров ПЭТ-позитивных очагов. Более того, отрицательный результат биопсии не исключает местного рецидива, а положительный результат не исключает наличия метастазов.

**Заключение.** По данным многофакторного анализа, уровень ПСА на момент проведения обследования по поводу БхР ( $\leq 0,5$  и  $> 0,5$  нг/мл) является независимым фактором, влияющим на диагностическую чувствительность ПЭТ/КТ с 18F-PSMA-1007 в выявлении местного рецидива ( $p < 0,05$ ). В случаях низкого уровня ПСА ДЧ составила всего 20,0 %. В связи с этим негативный результат ПЭТ/КТ с 18F-PSMA-1007 при ПСА  $< 0,5$  нг/мл не является основанием для отсрочки начала «спасительной» лучевой терапии.

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

### Список использованных источников

1. Contemporary update of the prostate cancer staging nomograms (Partin tables) for the new millennium / A. W. Partin [et al.] // *Urology*. – 2001. – Vol. 58, N 6. – P. 843–848. [https://doi.org/10.1016/s0090-4295\(01\)01441-8](https://doi.org/10.1016/s0090-4295(01)01441-8)
2. Partin, A. W. The clinical usefulness of prostate specific antigen: update 1994 / A. W. Partin, J. E. Oesterling // *J. Urol.* – 1994. – Vol. 152, N 4. – P. 1358–1368. [https://doi.org/10.1016/s0022-5347\(17\)32422-9](https://doi.org/10.1016/s0022-5347(17)32422-9)
3. Cancer progression and survival rates following anatomical radical retropubic prostatectomy in 3,478 consecutive patients: long-term results / K. A. Roehl [et al.] // *J. Urol.* – 2004. – Vol. 172, N 3. – P. 910–914. <https://doi.org/10.1097/01.ju.0000134888.22332.bb>
4. 20-Year survival after radical prostatectomy as initial treatment for cT3 prostate cancer / C. R. Mitchell [et al.] // *BJU Int.* – 2012. – Vol. 110, N 11. – P. 1709–1713. <https://doi.org/10.1111/j.1464-410X.2012.11372.x>
5. The long-term clinical impact of biochemical recurrence of prostate cancer 5 or more years after radical prostatectomy / J. F. Ward [et al.] // *J. Urol.* – 2003. – Vol. 170, N 5. – P. 1872–1876. <https://doi.org/10.1097/01.ju.0000091876.13656.2e>
6. EAU-ESTRO-SIOG guidelines on prostate cancer. Part II: treatment of relapsing, metastatic, and castration-resistant prostate cancer / P. Cornford [et al.] // *Eur. Urol.* – 2017. – Vol. 71, N 4. – P. 631–635. <https://doi.org/10.1016/j.eururo.2016.08.002>
7. Sanchez-Crespo, A. Comparison of gallium-68 and fluorine-18 imaging characteristics in positron emission tomography / A. Sanchez-Crespo // *Appl. Radiat. Isot.* – 2013. – Vol. 76, N 1. – P. 55–62. <https://doi.org/10.1016/j.apradiso.2012.06.034>
8. Gorin, M. A. PSMA-targeted imaging of prostate cancer: the best is yet to come / M. A. Gorin, M. G. Pomper, S. P. Rowe // *BJU Int.* – 2016. – Vol. 117, N 5. – P. 715–716. <https://doi.org/10.1111/bju.13435>
9. Intra-individual comparison of 18F-PSMA-1007 PET/CT, multiparametric MRI, and radical prostatectomy specimens in patients with primary prostate cancer: a retrospective, proof-of-concept study / C. Kesch [et al.] // *J. Nucl. Med.* – 2017. – Vol. 58, N 11. – P. 1805–1810. <https://doi.org/10.2967/jnumed.116.189233>
10. Detection efficacy of [18F]PSMA-1007 PET/CT in 251 patients with biochemical recurrence after radical prostatectomy / F. L. Giesel [et al.] // *J. Nucl. Med.* – 2019. – Vol. 60, N 3. – P. 362–368. <https://doi.org/10.2967/jnumed.118.212233>
11. Parameters predicting [18F]PSMA-1007 scan positivity and type and number of detected lesions in patients with biochemical recurrence of prostate cancer / N. A. Bidakhvidi [et al.] // *EJNMMI Res.* – 2021. – Vol. 11, N 1. – Art. 41. <https://doi.org/10.1186/s13550-021-00783-w>
12. 68Ga-labeled prostate-specific membrane antigen ligand positron emission tomography/computed tomography for prostate cancer: a systematic review and meta-analysis / F. E. von Eyben [et al.] // *Eur. Urol. Focus.* – 2018. – Vol. 4, N 5. – P. 686–693. <https://doi.org/10.1016/j.euf.2016.11.002>
13. Prediction of outcome following early salvage radiotherapy among patients with biochemical recurrence after radical prostatectomy / A. Briganti [et al.] // *Eur. Urol.* – 2014. – Vol. 66, N 3. – P. 479–486. <https://doi.org/10.1016/j.eururo.2013.11.045>
14. Assessing the optimal timing for early salvage radiation therapy in patients with prostate-specific antigen rise after radical prostatectomy / N. Fossati [et al.] // *Eur. Urol.* – 2016. – Vol. 69, N 4. – P. 728–733. <https://doi.org/10.1016/j.eururo.2015.10.009>
15. Prognostic factors after salvage radiotherapy alone in patients with biochemical recurrence after radical prostatectomy / W. Song [et al.] // *Int. J. Urol.* – 2016. – Vol. 23, N 1. – P. 56–61. <https://doi.org/10.1111/iju.12960>
16. Leventis, A. K. Local recurrence after radical prostatectomy: correlation of US features with prostatic fossa biopsy findings / A. K. Leventis, S. F. Shariat, K. M. Slawin // *Radiology*. – 2001. – Vol. 219, N 2. – P. 432–439. <https://doi.org/10.1148/radiology.219.2.r01ma20432>

### References

1. Partin A. W., Mangold L. A., Lamm D. M., Walsh P. C., Epstein J. I., Pearson J. D. Contemporary update of the prostate cancer staging nomograms (Partin tables) for the new millennium. *Urology*, 2001, vol. 58, no. 6, pp. 843–848. [https://doi.org/10.1016/s0090-4295\(01\)01441-8](https://doi.org/10.1016/s0090-4295(01)01441-8)
2. Partin A. W., Oesterling J. E. The clinical usefulness of prostate specific antigen: update 1994. *Journal of Urology*, 1994, vol. 152, no. 4, pp. 1358–1368. [https://doi.org/10.1016/s0022-5347\(17\)32422-9](https://doi.org/10.1016/s0022-5347(17)32422-9)
3. Roehl K. A., Han M., Ramos C. G., Antenor J. A. V., Catalona W. J. Cancer progression and survival rates following anatomical radical retropubic prostatectomy in 3,478 consecutive patients: long-term results. *Journal of Urology*, 2004, vol. 172, no. 3, pp. 910–914. <https://doi.org/10.1097/01.ju.0000134888.22332.bb>
4. Mitchell C. R., Boorjian S. A., Umbreit E. C., Rangel L. J., Carlson R. E., Karnes R. J. 20-Year survival after radical prostatectomy as initial treatment for cT3 prostate cancer. *BJU International*, 2012, vol. 110, no. 11, pp. 1709–1713. <https://doi.org/10.1111/j.1464-410X.2012.11372.x>

5. Ward J. F., Blute M. L., Slezak J., Bergstralh E. J., Zincke H. The long-term clinical impact of biochemical recurrence of prostate cancer 5 or more years after radical prostatectomy. *Journal of Urology*, 2003, vol. 170, no. 5, pp. 1872–1876. <https://doi.org/10.1097/01.ju.0000091876.13656.2e>
6. Cornford P., Bellmunt J., Bolla M., Briers E., de Santis M., Gross T. [et al.]. EAU-ESTRO-SIOG guidelines on prostate cancer. Part II: treatment of relapsing, metastatic, and castration-resistant prostate cancer. *European Urology*, 2017, vol. 71, no. 4, pp. 631–635. <https://doi.org/10.1016/j.eururo.2016.08.002>
7. Sanchez-Crespo A. Comparison of gallium-68 and fluorine-18 imaging characteristics in positron emission tomography. *Applied Radiation and Isotopes*, 2013, vol. 76, no. 1, pp. 55–62. <https://doi.org/10.1016/j.apradiso.2012.06.034>
8. Gorin M. A., Pomper M. G., Rowe S. P. PSMA-targeted imaging of prostate cancer: the best is yet to come. *BJU International*, 2016, vol. 117, no. 5, pp. 715–716. <https://doi.org/10.1111/bju.13435>
9. Kesch C., Vinsensia M., Radtke J. P., Schlemmer H. P., Heller M., Ellert E. [et al.]. Intraindividual comparison of 18F-PSMA-1007 PET/CT, multiparametric MRI, and radical prostatectomy specimens in patients with primary prostate cancer: a retrospective, proof-of-concept study. *Journal of Nuclear Medicine*, 2017, vol. 58, no. 11, pp. 1805–1810. <https://doi.org/10.2967/jnumed.116.189233>
10. Giesel F. L., Knorr K., Spohn F., Will L., Maurer T., Flechsig P. [et al.]. Detection efficacy of [18F]PSMA-1007 PET/CT in 251 patients with biochemical recurrence after radical prostatectomy. *Journal of Nuclear Medicine*, 2019, vol. 60, no. 3, pp. 362–368. <https://doi.org/10.2967/jnumed.118.212233>
11. Bidakhvidi N. A., Laenen A., Jentjens S., Deroose C. M., van Laere K., de Wever L. [et al.]. Parameters predicting [18F]PSMA-1007 scan positivity and type and number of detected lesions in patients with biochemical recurrence of prostate cancer. *EJNMMI Research*, 2021, vol. 11, no. 1, art. 41. <https://doi.org/10.1186/s13550-021-00783-w>
12. von Eyben F. E., Picchio M., von Eyben R., Rhee H., Bauman G. 68Ga-labeled prostate-specific membrane antigen ligand positron emission tomography/computed tomography for prostate cancer: a systematic review and meta-analysis. *European Urology Focus*, 2018, vol. 4, no. 5, pp. 686–693. <https://doi.org/10.1016/j.euf.2016.11.002>
13. Briganti A., Karnes R. J., Joniau S., Boorjian S. A., Cozzarini C., Gandaglia G. [et al.]. Prediction of outcome following early salvage radiotherapy among patients with biochemical recurrence after radical prostatectomy. *European Urology*, 2014, vol. 66, no. 3, pp. 479–486. <https://doi.org/10.1016/j.eururo.2013.11.045>
14. Fossati N., Karnes R. J., Cozzarini C., Fiorino C., Gandaglia G., Joniau S. [et al.]. Assessing the optimal timing for early salvage radiation therapy in patients with prostate-specific antigen rise after radical prostatectomy. *European Urology*, 2016, vol. 69, no. 4, pp. 728–733. <https://doi.org/10.1016/j.eururo.2015.10.009>
15. Song W., Jeon H. G., Sung H. H., Jeong B. J., Seo S. I., Jeon S. S., Choi H. Y., Lee H. M. Prognostic factors after salvage radiotherapy alone in patients with biochemical recurrence after radical prostatectomy. *International Journal of Urology*, 2016, vol. 23, no. 1, pp. 56–61. <https://doi.org/10.1111/iju.12960>
16. Leventis A. K., Shariat S. F., Slawin K. M. Local recurrence after radical prostatectomy: correlation of US features with prostatic fossa biopsy findings. *Radiology*, 2001, vol. 219, no. 2, pp. 432–439. <https://doi.org/10.1148/radiology.219.2.r01ma20432>

## Информация об авторах

*Поддубный Кирилл Витальевич* – врач-рентгенолог. Республиканский научно-практический центр онкологии и медицинской радиологии им. Н. Н. Александрова (223040, агр. Лесной, Минский р-н, Республика Беларусь). E-mail: [kiryl.paddubny@gmail.com](mailto:kiryl.paddubny@gmail.com). <https://orcid.org/0000-0002-4944-0432>

*Демешко Павел Дмитриевич* – д-р мед. наук, доцент, гл. науч. сотрудник. Республиканский научно-практический центр онкологии и медицинской радиологии им. Н. Н. Александрова (223040, агр. Лесной, Минский р-н, Республика Беларусь). E-mail: [pdemeshko@icloud.com](mailto:pdemeshko@icloud.com). <https://orcid.org/0000-0002-1324-3656>

*Синайко Валерий Васильевич* – д-р мед. наук, заведующий отделением. Республиканский научно-практический центр онкологии и медицинской радиологии им. Н. Н. Александрова (223040, агр. Лесной, Минский р-н, Республика Беларусь). E-mail: [sinaikavv@gmail.com](mailto:sinaikavv@gmail.com)

*Красный Сергей Анатольевич* – академик, д-р мед. наук, профессор, заместитель директора. Республиканский научно-практический центр онкологии и медицинской радиологии им. Н. Н. Александрова (223040, агр. Лесной, Минский р-н, Республика Беларусь). E-mail: [sergeykrasny@tut.by](mailto:sergeykrasny@tut.by). <http://orcid.org/0000-0332-445-664>

*Поляков Сергей Львович* – д-р мед. наук, директор. Республиканский научно-практический центр онкологии и медицинской радиологии им. Н. Н. Александрова (223040, агр. Лесной, Минский р-н, Республика Беларусь). E-mail: [s.polyakov@yahoo.com](mailto:s.polyakov@yahoo.com)

## Information about the authors

*Kiryl V. Paddubny* – radiologist. N. N. Alexandrov National Cancer Centre (223040, Lesnoy, Minsk region, Republic of Belarus). E-mail: [kiryl.paddubny@gmail.com](mailto:kiryl.paddubny@gmail.com). <https://orcid.org/0000-0002-4944-0432>

*Pavel D. Dziameshka* – D. Sc. (Med.), Associate Professor, Chief Researcher. N. N. Alexandrov National Cancer Centre (223040, Lesnoy, Minsk region, Republic of Belarus). E-mail: [pdemeshko@icloud.com](mailto:pdemeshko@icloud.com). <https://orcid.org/0000-0002-1324-3656>

*Valery V. Sinaika* – D. Sc. (Med.), Head of the Department. N. N. Alexandrov National Cancer Centre (223040, Lesnoy, Minsk region, Republic of Belarus). E-mail: [sinaikavv@gmail.com](mailto:sinaikavv@gmail.com)

*Sergey A. Krasny* – Academician, D. Sc. (Med.), Professor, Deputy Director. N. N. Alexandrov National Cancer Centre (223040, Lesnoy, Minsk region, Republic of Belarus). E-mail: [sergeykrasny@tut.by](mailto:sergeykrasny@tut.by). <http://orcid.org/0000-0332-445-664>

*Sergey L. Polyakov* – D. Sc. (Med.), Director. N. N. Alexandrov National Cancer Centre (223040, Lesnoy, Minsk region, Republic of Belarus). E-mail: [s.polyakov@yahoo.com](mailto:s.polyakov@yahoo.com)