

Случаи атипичного солитарного очагового накопления ^{18}F -ПСМА-1007 неопластического генеза при ПЭТ/КТ, выполненной у пациентов с биохимическим рецидивом рака предстательной железы

Т.Л. Антонеvская, А.И. Халимон, М.М. Ходжибекова, Л.У. Атакишиева, Г.Ф. Хамадеева, Д.Ю. Ходакова, Т.Н. Лазутина, И.В. Пылова, Н.Н. Волченко, А.В. Леонтьев

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

Контакты: Тамара Леонтьевна Антонеvская dtamara.doc@gmail.com

В настоящее время известно, что простатический специфический мембранный антиген (ПСМА) экспрессируется во многих тканях организма человека помимо предстательной железы как в рамках физиологического состояния, так и при различных патологических процессах. Также известно, что кроме рака предстательной железы (РПЖ) ряд других злокачественных опухолей характеризуются повышенной экспрессией ПСМА, что, по мнению многих авторов, ассоциировано с неоангиогенезом. Эти особенности отражаются на результатах ПСМА-радиолигандной визуализации и требуют комплексного подхода к интерпретации полученных изображений, включая оценку компьютерно-томографической и магнитно-резонансной семиотики. Кроме того, в клинической практике встречаются редкие случаи отдаленного висцерального метастазирования рака предстательной железы в виде солитарных очагов, что необходимо учитывать при интерпретации результатов лучевой визуализации, в том числе позитронно-эмиссионной томографии, совмещенной с компьютерной томографией.

В данной статье мы представляем 2 клинических случая пациентов, у которых при позитронно-эмиссионной томографии, совмещенной с компьютерной томографией, были выявлены солитарные узловатые образования с патологическим накоплением ^{18}F -ПСМА-1007 в локализациях, не типичных (за исключением генерализованного процесса) для метастатического распространения рака предстательной железы, — в стенке желудка и левой гемисфере мозжечка. По результатам морфологической верификации из выявленных патологических очагов в первом случае был установлен метастатический опухолевый процесс в виде высокодифференцированной нейроэндокринной опухоли желудка, во втором — метастатическое поражение мозжечка в рамках олигометастатического рецидива основного заболевания.

Ключевые слова: рак предстательной железы, нейроэндокринная опухоль, метастаз в головной мозг, позитронно-эмиссионная томография, совмещенная с компьютерной томографией, простатический специфический мембранный антиген, ^{18}F -ПСМА-1007, опухоль желудка, солитарный метастаз

Для цитирования: Антонеvская Т.Л., Халимон А.И., Ходжибекова М.М. и др. Случаи атипичного солитарного очагового накопления ^{18}F -ПСМА-1007 неопластического генеза при ПЭТ/КТ, выполненной у пациентов с биохимическим рецидивом рака предстательной железы. Онкоурология 2023;19(4):131–8. DOI: <https://doi.org/10.17650/1726-9776-2023-19-4-131-138>

Atypical neoplastic solitary focal uptake of ^{18}F -PSMA-1007 in PET/CT in patients with biochemically recurrent prostate cancer

T.L. Antonevskaya, A.I. Khalimon, M.M. Khodzhibekova, L.U. Atakishieva, G.F. Khamadeeva, D.Yu. Khodakova, T.N. Lazutina, I.V. Pylova, N.N. Volchenko, A.V. Leontyev

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

Contacts: Tamara Leontyevna Antonevskaya dtamara.doc@gmail.com

It is established that prostate-specific membrane antigen (PSMA), despite its name, is expressed in many tissues other than the prostate gland, both within physiological conditions and in various pathological processes. Additionally, apart from prostate cancer, other malignant tumors are characterized by increased PSMA expression which, according to many authors, is associated with neoangiogenesis. These factors are reflected in the results of PSMA-radioligand imaging and require comprehensive approach to image interpretation including evaluation of computed tomography and magnetic resonance semiotics. In addition, rare cases of distant visceral prostate cancer metastasis in the form of solitary lesions also should be considered during interpretation of the results of radiologic imaging including positron emission tomography/computed tomography.

We present two clinical cases in which positron emission tomography/computed tomography revealed solitary foci of pathological [^{18}F]PSMA-1007 uptake outside the areas of typical metastatic spread (with exception of advanced disease) of prostate cancer, specifically in the stomach wall and the left cerebellar hemisphere. In the first case histological examination results revealed a metachronous low grade neuroendocrine tumor of the stomach, in the second case a metastatic lesion of the cerebellum was diagnosed as part of the underlying disease.

Keywords: prostate cancer, neuroendocrine tumor, brain metastases, positron emission tomography/computed tomography, prostate-specific membrane antigen, [^{18}F]PSMA-1007, gastric tumor, solitary metastasis

For citation: Antonevskaya T.L., Khalimon A.I., Khodzhibekova M.M. et al. Atypical neoplastic solitary focal uptake of ^{18}F -PSMA-1007 in PET/CT in patients with biochemically recurrent prostate cancer. *Onkourologiya = Cancer Urology* 2023;19(4):131–8. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.17650/1726-9776-2023-19-4-131-138>

Введение

Ядерная медицина на протяжении уже многих лет играет важную роль как в диагностике, так и в лечении рака предстательной железы (РПЖ). Стоит отметить, что для визуализации РПЖ разработано и применяется наибольшее количество радиофармацевтических препаратов (РФП), которые условно можно разделить на метаболические и рецепторные агенты, а также радиомеченные антитела. В настоящее время наиболее широко применяемыми РФП для позитронно-эмиссионной томографии, совмещенной с компьютерной томографией (ПЭТ/КТ), являются такие рецепторные препараты, как лиганды к простатическому специфическому мембранному антигену (ПСМА), экспрессия которого значительно повышена при наиболее часто встречаемых фенотипах РПЖ [1, 2].

Простатический специфический мембранный антиген — мембранный гликопротеин, который активно экспрессируется в эпителиальных клетках РПЖ, что послужило основой для выбора его в качестве активного агента в составе РФП для радионуклидной диагностики и терапии РПЖ. ПЭТ/КТ с низкомолекулярными ингибиторами ПСМА, меченными ^{68}Ga или ^{18}F , вошла во многие клинические рекомендации [3–6], являясь ценной методикой на этапе первичного стадирования и биохимического рецидива РПЖ, а также в рамках планирования и оценки эффективности ПСМА-радиолигандной терапии, что подтверждено многочисленными исследованиями. Однако, несмотря на, несомненно, высокую эффективность применения методики у пациентов с РПЖ, растет количество публикаций, посвященных неспецифическому характеру накопления РФП этой группы [7, 8].

Клинический случай 1

У пациента, 70 лет, перенесшего в 2021 г. внутритканевую лучевую терапию по поводу локализованного РПЖ ПВ стадии (T2bN0M0, гистологически — ацинарная аденокарцинома, 7 (3 + 4) баллов по шкале Глисона, Grade group 2, инициальный уровень простатического специфического антигена (ПСА) 14,5 нг/мл), при очередном контрольном обследовании был выявлен биохимический рецидив — уровень ПСА составил 7,5 нг/мл (надир 2,5 нг/мл). При контрольной магнитно-резонансной томографии (МРТ) малого таза данных о наличии опухолевого процесса получено не было. В целях дальнейшего поиска опухолевых очагов пациенту было назначено проведение ПЭТ/КТ с ПСМА-радиолигандом. По результатам проведенной ПЭТ/КТ с [^{18}F]ПСМА-1007 у пациента был выявлен солитарный очаг интенсивного патологического накопления РФП (SUV_{max} 8,7) в проекции объемного образования в стенке тела желудка, также активно накапливающего рентгеноконтрастный препарат (рис. 1). С учетом солитарного характера выявленных изменений и их локализации, не типичной для метастатического поражения при РПЖ, было решено провести дообследование в объеме эндоскопического исследования желудка с последующей биопсией и морфологической верификацией патологического очага. При проведении эзофагогастродуоденоскопии в средней трети тела желудка по передней стенке с переходом на большую кривизну определялось эпителиальное образование бляшковидной формы с кратерообразным втяжением и эрозированным участком в зоне втяжения, прикрытым фибринозным налетом; выполнена биопсия. Полученная по результатам гистологического исследования картина была характерна для нейроэндокринной опухоли. В целях уточнения

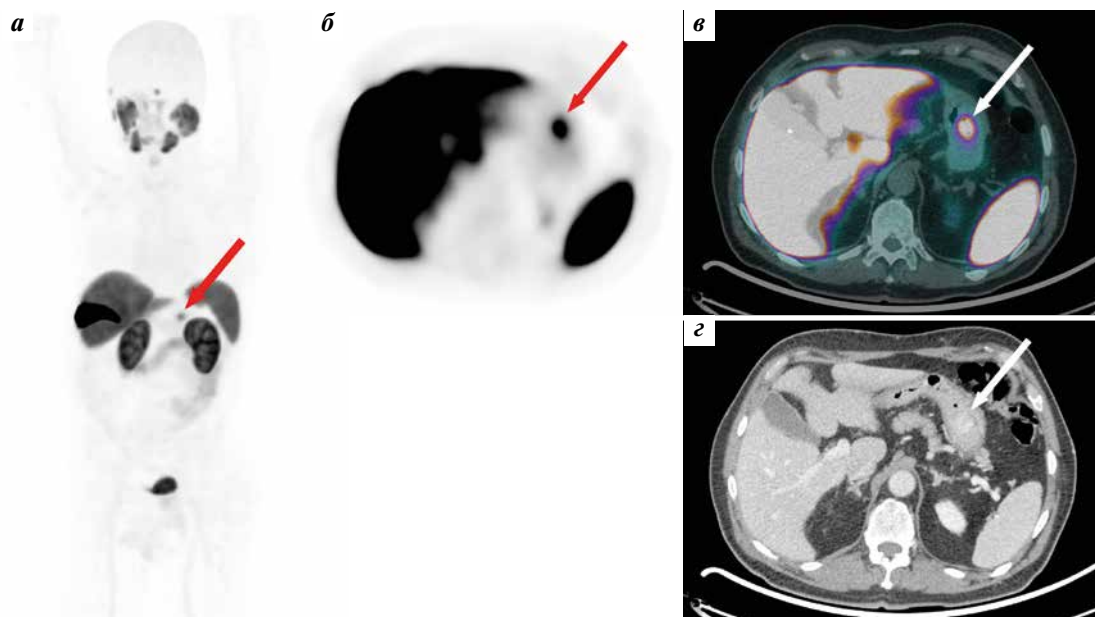


Рис. 1. Позитронно-эмиссионная томография, совмещенная с компьютерной томографией (ПЭТ/КТ), с $[^{18}\text{F}]\text{ПСМА-1007}$. На 3D MIP (а) и аксиальных срезах позитронно-эмиссионной томографии (б) и ПЭТ/КТ (в) в проекции образования стенки желудка с интенсивным контрастированием при компьютерной томографии (г) (белая стрелка) определяется очаг патологического накопления радиофармпрепарата (а, б, в) (красные и белая стрелки)

Fig. 1. $[^{18}\text{F}]\text{PSMA-1007}$ positron emission tomography/computed tomography (PET/CT). 3D MIP image (a) and axial positron emission tomography (б), PET/CT (в) and computed tomography (г) (white arrow) show a PSMA-positive contrast-enhancing lesion within the gastric wall (а, б, в) (red and white arrows)

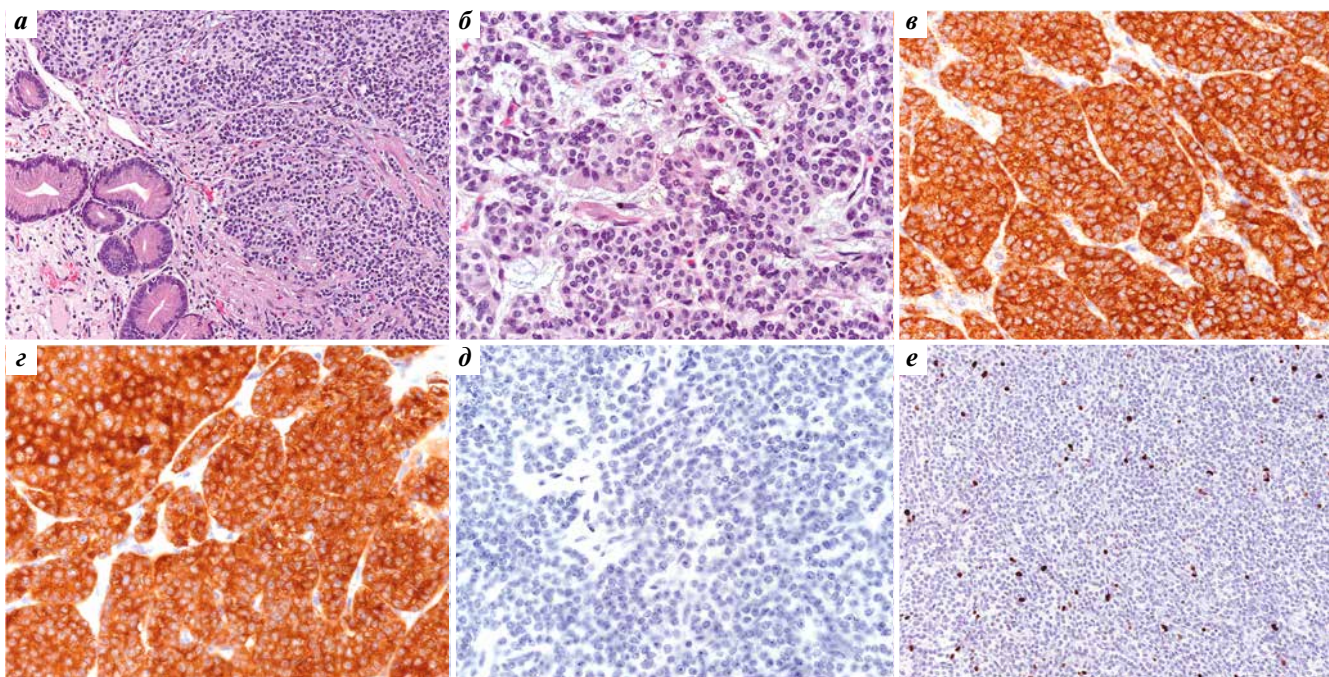


Рис. 2. Микропрепараты опухоли желудка. Окраска гематоксилином и эозином, $\times 200$ (а), $\times 400$ (б). Опухоль желудка представлена солидными структурами, сформированными некрупными полигональными клетками с зернистой эозинофильной цитоплазмой, относительно четкими межклеточными границами, центрально расположенными ядрами округлой и овальной формы с заметными ядрышками, зернистым хроматином по типу «соль-перец». Очаги некроза в опухоли отсутствуют. В опухолевых клетках представленных препаратов при иммуногистохимическом исследовании отмечается выраженная экспрессия хромогранина А (в) и синаптофизина (г), отсутствие экспрессии простатического специфического антигена (д), Ki-67-положительные клетки — 3 % (е)

Fig. 2. Microscopic image of the gastric tumor. Hematoxylin and eosin staining, $\times 200$ (a), $\times 400$ (б). The gastric tumor is represented by solid structures formed by small polygonal cells with granular eosinophilic cytoplasm, relatively clear intercellular boundaries, and centrally located round and oval nuclei, with noticeable nucleoli, with salt-pepper granular chromatin. No foci of necrosis were detected. Immunohistochemistry shows intense positivity for chromogranin A (в) and synaptophysin (г). Negative reaction with prostate-specific antigen (д). Ki-67 positive cells — 3 % (е)

и определения степени злокачественности было выполнено иммуногистохимическое исследование с использованием антител к Ki-67, хромогранину А, синаптофизину, CD56, а также ПСА, результаты которого подтвердили диагноз высокодифференцированной нейроэндокринной опухоли желудка G2 (Ki-67-положительные опухолевые клетки составили около 3 %) (рис. 2). Таким образом, у пациента был выявлен метастатический опухолевый процесс. В дальнейшем по этому поводу пациент получил хирургическое лечение в объеме парциальной резекции желудка. В рамках лечения РПЖ пациенту была назначена андрогендепривационная терапия агонистами гонадотропного рилизинг-гормона.

Клинический случай 2

Пациент, 78 лет, в 2009 г. получил комбинированное гормонотерапевтическое лечение по поводу РПЖ стадии ПС (T2cN0M0, гистологически — ацинарная аденокарцинома, 10 (5 + 5) баллов по шкале Глисона, Grade group 5, исходный уровень ПСА 5,4 нг/мл), на фоне которого был достигнут уровень ПСА 0,07 нг/мл. В 2011 г. у пациента появились жалобы на головные боли, отмечен рост уровня ПСА до 2,8 нг/мл. В рамках обследования была выполнена МРТ головного мозга (данные не представлены), при которой в правой лобной доле выявлено опухолевое образование. По результатам иммуногистохимического ис-

следования, выполненного после биопсии образования, определялась отрицательная реакция с GFAP, S-100, CDx2 (что позволило исключить опухоль глиального ряда), виментин, CD45, CK7, CK5/14, синаптофизин, хромогранин А, CDx2K, TTF1 и положительная реакция с ПСА, AMACR, CK18, AR (рис. 3). С учетом данных анамнеза, результатов иммуногистохимического исследования (в частности, экспрессии андрогеновых рецепторов и ПСА), а также комплексного лучевого обследования у пациента был установлен олигометастатический рецидив РПЖ в виде солитарного поражения головного мозга. Проведено лечение в объеме микрохирургического удаления новообразования.

В период с 2011 по 2017 г. пациент нерегулярно получал андрогендепривационную терапию агонистами гонадотропного рилизинг-гормона с сохранением стабильного уровня ПСА (не более 0,4 нг/мл). В 2017 г. на фоне отсутствия роста уровня ПСА пациент повторно отметил появление головных болей и головокружения. При МРТ головного мозга (данные не представлены) в правой лобной доле на фоне послеоперационных изменений выявлено аналогичное ранее удаленному опухолевое образование. Проведено микрохирургическое удаление новообразования, по результатам морфологического исследования которого, а также на основании комплексного лучевого обследования установлен 2-й олигометастатический

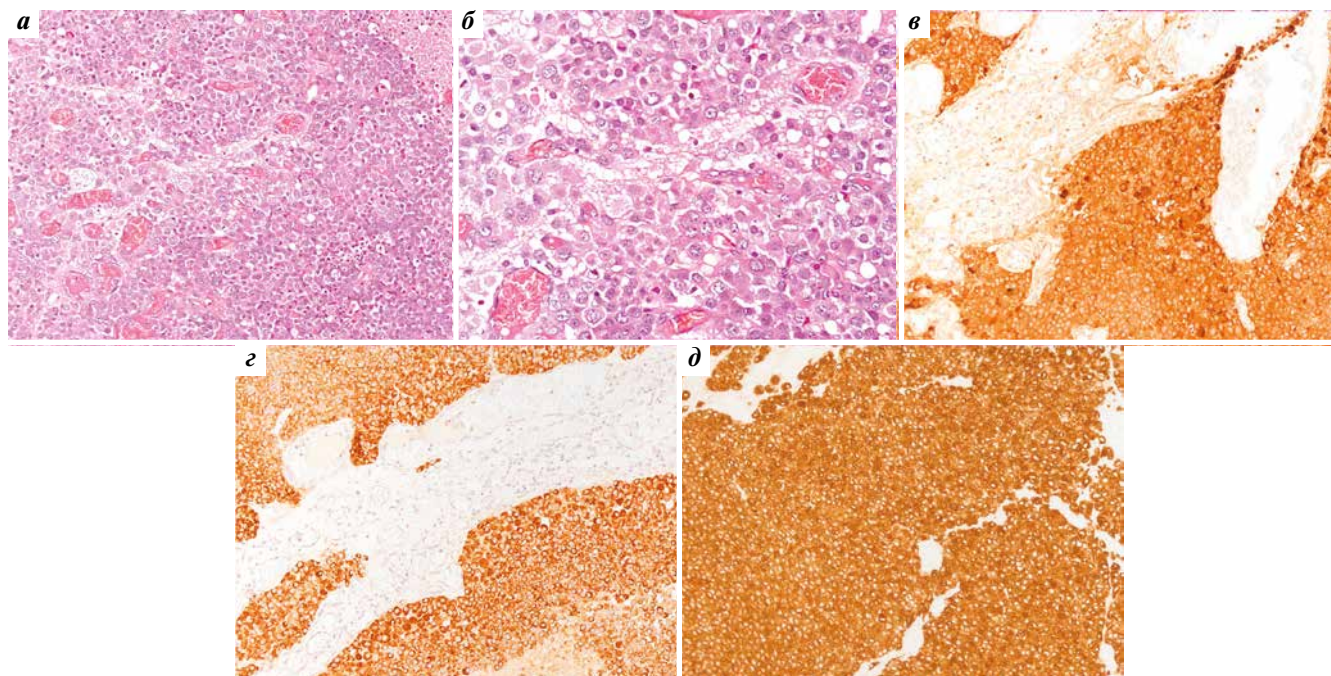


Рис. 3. Микрпрепарат опухоли головного мозга. Окраска гематоксилином и эозином, $\times 200$ (а), $\times 400$ (б). В глиальной ткани определяется солидная опухоль, состоящая из относительно мономорфных клеток с несколько оттесненным ядром, вплоть до «перстневидно-подобных». В опухолевых клетках представленных препаратов при иммуногистохимическом исследовании определяется выраженная экспрессия простатического специфического антигена (в), AMACR (г) и CK18 (д)

Fig. 3. Microscopic image of a brain tumor. Hematoxylin and eosin staining, $\times 200$ (a), $\times 400$ (b). Within the glial tissue, a solid tumor formed by relatively monomorphic cells with slightly displaced signet ring-like nuclei is observed. Immunohistochemistry shows intense positivity for prostate-specific antigen (e), AMACR (g) and CK18 (d)



Рис. 4. Магнитно-резонансная томография головного мозга с внутривенным контрастированием. На T1-взвешенной аксиальной томограмме в левой гемисфере мозжечка определяется очаг патологического неоднородного накопления контрастного препарата, интерпретированный как метастатический (стрелка)

Fig. 4. Contrast-enhanced brain magnetic resonance imaging. T1-weighted axial image revealed a focus of pathological contrast enhancement within the left cerebellar hemisphere interpreted as metastatic (arrow)

рецидив основного заболевания. В дальнейшем пациент на фоне продолжающейся андрогендепривационной терапии и стабильного уровня ПСА ($<0,5$ нг/мл) ежегодно проходил контрольные обследования, в том числе МРТ головного мозга. В 2022 г. на фоне уровня ПСА $0,3$ нг/мл при контрольной МРТ головного мозга было выявлено опухолевое образование левой гемисферы мозжечка (рис. 4), трактуемое как метастатическое. В целях оценки распространенности опухолевого процесса пациенту была выполнена ПЭТ/КТ с $[^{18}\text{F}]\text{ПСМА-1007}$, при которой в левой гемисфере мозжечка — в области определяемого при МРТ образования — визуализировался солитарный очаг патологического накопления РФП ($\text{SUV}_{\text{max}} 3,3$) (рис. 5).

С учетом анамнеза и гиперэкспрессии ПСМА на основании данных ПЭТ/КТ был установлен 3-й олигометастатический рецидив основного заболевания. По результатам мультидисциплинарного консилиума была выработана лечебная тактика в виде стереотаксической лучевой терапии на метастатический очаг в мозжечке. Лечение было реализовано в запланированном объеме. При контрольной МРТ в 2023 г. (рис. 6) отмечена положительная динамика со стороны метастатического очага в виде уменьшения его размеров. На момент написания статьи пациент остается под наблюдением без признаков рецидива.

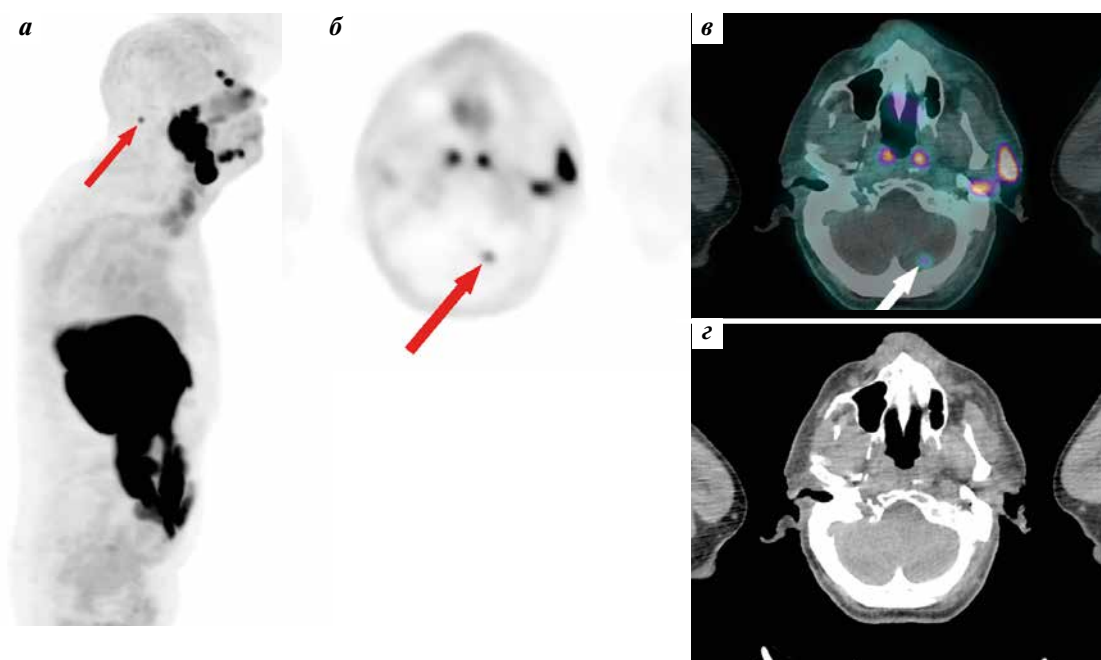


Рис. 5. Позитронно-эмиссионная томография, совмещенная с компьютерной томографией (ПЭТ/КТ), с $[^{18}\text{F}]\text{ПСМА-1007}$. На 3D MIP (а) и аксиальных срезах позитронно-эмиссионной томографии (б) и ПЭТ/КТ (в) в левой гемисфере мозжечка определяется очаг патологического накопления радиофармпрепарата (красные и белая стрелки) без убедительных структурных изменений на компьютерной томограмме (г)

Fig. 5. $[^{18}\text{F}]\text{PSMA-1007}$ positron emission tomography/computed tomography (PET/CT). 3D MIP (a) and axial positron emission tomography (б), PET/CT (в) scans show focus of pathological PSMA-radioligand uptake within the left cerebellar hemisphere (red and white arrows), with no lesion detected on computed tomography image (г)

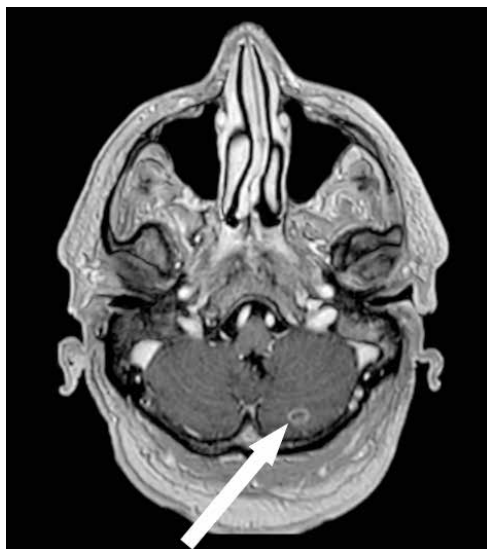


Рис. 6. Магнитно-резонансная томография головного мозга с внутривенным контрастированием после стереотаксической лучевой терапии. На T1-взвешенной аксиальной томограмме отмечается уменьшение размеров опухолевого образования левой гемисферы мозжечка (стрелка)

Fig. 6. Contrast-enhanced brain magnetic resonance imaging after radiation treatment. T1-weighted axial image shows a decrease in the tumor size within the left cerebellar hemisphere (arrow)

Обсуждение

Интерпретацию результатов ПЭТ/КТ с ПСМА-лигандами необходимо проводить с учетом множества факторов: локализации и интенсивности очагов повышенного накопления РФП, ассоциированных с ними структурных изменений при компьютерной томографии и МРТ, клинко-анамнестической картины и группы риска, уровня ПСА. Кроме этого, немаловажным аспектом корректной оценки результатов ПЭТ/КТ является знание паттернов физиологического распределения ПСМА-лигандов, а также их патологического накопления, характерного для метастатического поражения и местного рецидива РПЖ.

В большом числе публикаций освещены как физиологическое накопление ПСМА-лигандов, например в симпатических ганглиях, что может имитировать метастатическое поражение забрюшинных лимфатических узлов, так и случаи патологической гиперфиксации в новообразованиях различных локализаций, в том числе в нейроэндокринных опухолях. Так, S. Vamadevan и соавт. описывают интенсивное накопление [^{68}Ga]Ga-ПСМА (SUV_{max} 14,1) в случайно выявленной высокодифференцированной нейроэндокринной опухоли перешейка поджелудочной железы у пациента с биохимическим рецидивом РПЖ (ПСА 0,36 нг/л) спустя 3 года после радикальной простатэктомии [9]. В другой публикации М. Prabhu и соавт. также приводят пример гиперфиксации [^{68}Ga]Ga-ПСМА-11 в нейроэндокринной опухоли поджелудочной железы и ее метастазах в печени,

отмечая, однако, менее интенсивное накопление [^{68}Ga]Ga-ПСМА-11 в опухолевых очагах по сравнению с [^{68}Ga]Ga-DOTANOC [10]. В данной публикации авторы обосновывают дополнительное применение ими [^{68}Ga]Ga-ПСМА-11 активным неоангиогенезом, характерным для нейроэндокринных опухолей. На настоящий момент известно, что патоморфологическим обоснованием неспецифической для РПЖ гиперфиксации радиомеченых ПСМА-лигандов выступает гиперэкспрессия ПСМА в клетках эндотелия новообразованных сосудов, что подтверждается положительными результатами иммуногистохимического исследования с антителами к ПСМА.

Рак предстательной железы характеризуется определенным паттерном метастазирования, включающим лимфогенное распространение в тазовые и забрюшинные лимфатические узлы, а также гематогенное распространение в кости и внутренние органы. Стоит отметить, что кости являются преимущественной локализацией отдаленных метастазов, а наличие висцеральных метастазов обычно ассоциировано с генерализацией процесса, быстрым прогрессированием и смертью [11–13]. Солитарные висцеральные метастатические очаги — редкое явление при РПЖ, а в контексте поражения головного мозга (без дальнейшей генерализации процесса) встречаются крайне редко [14]. В связи с этим такие случаи требуют особого внимания со стороны врачей-специалистов, занимающихся диагностикой и лечением пациентов с РПЖ.

Таким образом, важной задачей является проведение дифференциальной диагностики солитарного метастатического поражения при РПЖ и первичной множественности, где ведущую роль, бесспорно, занимает патоморфологическое исследование. Однако немаловажной в контексте решения вопроса о целесообразности морфологической верификации является лучевая картина. Так, согласно системе стандартизации оценки для гибридной ПЭТ-визуализации РПЖ PSMA-RADS, которая впервые была опубликована в 2017 г., пересмотрена в 2023 г. и основывается на 5-балльной шкале Ликерта, солитарные очаги патологической гиперфиксации РФП, расположенные в нетипичных для РПЖ (помимо генерализованного процесса) локализациях, относятся к категории неоднозначных, а именно PSMA-RADS 3С, и требуют (по возможности) проведения морфологической верификации [15, 16]. Применение стандартизированных систем оценки в рутинной практике врача-радиолога позволяет принимать верные решения даже в условиях неоднозначной лучевой картины, в том числе обусловленной редкими паттернами метастазирования.

Заключение

Представленные клинические случаи демонстрируют неоднозначность картины солитарного очагово-

го накопления ПСМА-радиолигандов у пациентов с биохимическим рецидивом РПЖ. При интерпретации результатов таких исследований, в том числе с использованием различных систем оценки, основанных

на шкале Ликерта, помимо паттернов визуализации необходимо руководствоваться клинико-анамнестической картиной, а также помнить о вероятности первичной множественности опухолевого процесса.

ЛИТЕРАТУРА / REFERENCES

- Combes A.D., Palma C.A., Calopedos R. et al. PSMA PET-CT in the diagnosis and staging of prostate cancer. *Diagnostics (Basel)* 2022;12(11):2594. DOI: 10.3390/diagnostics12112594
- García Garzón J.R., Arcocha Torres M., Delgado-Bolton R. et al. ^{68}Ga -PSMA PET/CT in prostate cancer. *Rev Esp Med Nucl Imagen Mol (Engl Ed.)* 2018;37(2):130–8. DOI: 10.1016/j.remnn.2017.07.004
- Клинические рекомендации. Рак предстательной железы. 2021. Доступно по: <https://oncology-association.ru/wp-content/uploads/2021/02/rpzh.pdf> 3
- Clinical recommendations. Prostate cancer. 2021. Available at: <https://oncology-association.ru/wp-content/uploads/2021/02/rpzh.pdf> 3. (In Russ.).
- NCCN Clinical Practice Guidelines in Oncology. Prostate Cancer. Version 4.2023. Available at: https://www.nccn.org/professionals/physician_gls/pdf/prostate.pdf.
- Fendler W.P., Eiber M., Beheshti M. et al. PSMA PET/CT: joint EANM procedure guideline/SNMMI procedure standard for prostate cancer imaging 2.0. *Eur J Nucl Med Mol Imaging* 2023;50(5):1466–86. DOI: 10.1007/s00259-022-06089-w
- Носов Д.А., Волкова М.И., Гладков О.А. и др. Практические рекомендации по лечению рака предстательной железы. Злокачественные опухоли: Практические рекомендации RUSSCO 2021;11(3s2):540–55. DOI: 10.18027/2224-5057-2021-11-3s2-33
- Nosov D.A., Volkova M.I., Gladkov O.A. et al. Practical recommendations for the treatment of prostate cancer. *Zlokachestvenniye opukholy. Prakticheskiye rekomendatsii RUSSCO = Malignant Tumors. Practical Recommendations of RUSSCO 2021; 11(3s2):540–55. (In Russ.).* DOI: 10.18027/2224-5057-2021-11-3s2-33
- Malik D., Sood A., Mittal B.R. et al. Nonspecific uptake of ^{68}Ga -prostate-specific membrane antigen in diseases other than prostate malignancy on positron emission tomography/computed tomography imaging: a pictorial assay and review of literature. *Indian J Nucl Med* 2018;33(4):317–25. DOI: 0.4103/ijnm.IJNM_81_18
- Grünig H., Maurer A., Thali Y. et al. Focal unspecific bone uptake on [^{18}F]-PSMA-1007 PET: a multicenter retrospective evaluation of the distribution, frequency, and quantitative parameters of a potential pitfall in prostate cancer imaging. *Eur J Nucl Med Mol Imaging* 2021;48(13):4483–94. DOI: 10.1007/s00259-021-05424-x
- Vamadevan S., Shetty D., Le K. et al. Prostate-specific membrane antigen (PSMA) avid pancreatic neuroendocrine tumor. *Clin Nucl Med* 2016;41(10):804–6. DOI: 10.1097/RLU.0000000000001308
- Prabhu M., Damle N.A., Gupta R. et al. Demonstration of ^{68}Ga -prostate-specific membrane Antigen uptake in metastatic pancreatic neuroendocrine tumor. *Indian J Nucl Med* 2018;33(3):257–8. DOI: 10.4103/ijnm.IJNM_6_18
- Tremont-Lukats I.W., Bobustuc G., Lagos G.K. et al. Brain metastasis from prostate carcinoma: The M.D. Anderson Cancer Center experience. *Cancer* 2003;98(2):363–8. DOI: 10.1002/cncr.11522
- McCutcheon I.E., Eng K.Y., Logothetis C.J. Brain metastasis from prostate carcinoma: antemortem recognition and outcome after treatment. *Cancer* 1999;86(11):2301–11. DOI: 10.1002/(sici)1097-0142(19991201)86:11<2301::aid-cncr18>3.0.co;2-d
- Salvati M., Frati A., Russo N. et al. Brain metastasis from prostate cancer: report of 13 cases and critical analysis of the literature. *J Exp Clin Cancer Res* 2005;24(2):203–7.
- Barakat T., Agarwal A., McDonald R. et al. Solitary brain metastasis from prostate cancer: a case report. *Ann Palliat Med* 2016;5(3):227–32. DOI: 10.21037/apm.2016.04.02
- Rowe S.P., Pienta K.J., Pomper M.G., Gorin M.A. Proposal for a structured reporting system for prostate-specific membrane antigen-targeted PET imaging: PSMA-RADS Version 1.0. *J Nucl Med* 2018;59(3):479–85. DOI: 10.2967/jnumed.117.195255
- Werner R.A., Hartrampf P.E., Fendler W.P. et al. Prostate-specific Membrane Antigen Reporting and Data System Version 2.0. *Eur Urol* 2023;84(5):491–502. DOI: 10.1016/j.eururo.2023.06.008

Вклад авторов

Т.Л. Антонеvская: обзор публикаций по теме статьи, анализ полученных данных, написание текста статьи, редактирование текста статьи;
А.И. Халимон, М.М. Ходжибекова: редактирование и утверждение окончательного варианта статьи;
Л.У. Атакишьева, Н.Н. Волченко: работа с графическим материалом;
Г.Ф. Хамадеева, Д.Ю. Ходакова: сбор и обобщение данных литературы;
Т.Н. Лазутина, И.В. Пылова: обзор публикаций по теме статьи;
А.В. Леонтьев: ответственность за целостность всех частей статьи, подготовка и редактирование текста.

Authors' contributions

T.L. Antonevskaya: reviewing of publications of the article's theme, analysis of the obtained data, article writing, article editing;
A.I. Khalimon, M.M. Khodzhibekova: editing and approval of the final version of the manuscript;
L.U. Atakishieva, N.N. Volchenko: work with graphic material;
G.F. Khamadeeva, D.Yu. Khodakova: collection and consolidation of literature data;
T.N. Lazutina, I.V. Pylova: reviewing of publications of the article's theme;
A.V. Leontyev: responsibility for all aspects of the study, article writing, article editing.

ORCID авторов / ORCID of authors

Т.Л. Антонеvская / T.L. Antonevskaya: <https://orcid.org/0000-0002-1255-2991>
А.И. Халимон / A.I. Khalimon: <https://orcid.org/0000-0002-8905-4202>
М.М. Ходжибекова / M.M. Khodzhibekova: <https://orcid.org/0000-0002-2172-5778>
Л.У. Атакишиева / L.U. Atakishieva: <https://orcid.org/0009-0008-7420-9823>
Г.Ф. Хамадеева / G.F. Khamadeeva: <https://orcid.org/0000-0002-4864-0643>
Д.Ю. Ходакова / D.Yu. Khodakova: <https://orcid.org/0009-0008-2920-0328>
Т.Н. Лазутина / T.N. Lazutina: <https://orcid.org/0000-0002-7835-4939>
И.В. Пылова / I.V. Pylova: <https://orcid.org/0000-0002-1280-620X>
Н.Н. Волченко / N.N. Volchenko: <https://orcid.org/0000-0002-4873-4455>
А.В. Леонтьев / A.V. Leontyev: <https://orcid.org/0000-0002-4282-0192>

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.
Conflict of interest. The authors declare no conflict of interest.

Финансирование. Работа выполнена без спонсорской поддержки.
Funding. The work was performed without external funding.

Соблюдение прав пациентов. Пациенты подписали информированное согласие на публикацию своих данных.
Compliance with patient rights. The patients gave written informed consent to the publication of their data.