

ОСОБЕННОСТИ ФИЗИОЛОГИЧЕСКОГО РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ⁶⁸GA-ПСМА И ЕГО ЗНАЧЕНИЕ В ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНОЙ ДИАГНОСТИКЕ МЕТАСТАТИЧЕСКОГО ПОРАЖЕНИЯ ЛИМФАТИЧЕСКИХ УЗЛОВ У БОЛЬНЫХ РАКОМ ПРЕДСТАТЕЛЬНОЙ ЖЕЛЕЗЫ

¹А. Л. Долбов*, ¹А. А. Станжевский, ^{1,2}Е. В. Розенгауз

¹Российский научный центр радиологии и хирургических технологий имени академика А. М. Гранова, Санкт-Петербург, Россия

²Северо-Западный государственный медицинский университет имени И. И. Мечникова, Санкт-Петербург, Россия

Введение. Появление новых радиофармпрепаратов на основе простатспецифического мембранного антигена значительно повысило точность диагностики рака предстательной железы. Физиологическое накопление ⁶⁸Ga-ПСМА в симпатических ганглиях имеет большое значение при диагностике метастатического поражения лимфатических узлов. Ошибочная трактовка изображений может привести к некорректному выбору тактики лечения рака предстательной железы.

Цель исследования: улучшить диагностику РПЖ с помощью уточненных данных о физиологическом накоплении ⁶⁸Ga-ПСМА. Выявить источники потенциальных ошибок в интерпретации ПЭТ/КТ с ⁶⁸Ga-ПСМА.

Материалы и методы. С целью стадирования верифицированного РПЖ в нашем центре была выполнена ПЭТ/КТ с ⁶⁸Ga-ПСМА у 109 мужчин. Все пациенты разделены на группы по уровню простатспецифического антигена, сумме Глисона, а также d'Amico.

Результаты. У всех пациентов мы наблюдали накопление РПЖ в шейных, чревных и пресакральных ганглиях. Уровень захвата радиотрейсера был в пределах SUV=1,6–2,3 (медиана SUV=1,9). При контрольном ПЭТ/КТ-исследовании после лечения накопление РПЖ в шейных, чревных и пресакральных ганглиях сохранялось на том же уровне, что позволяло идентифицировать выявленные изменения как вариант физиологической нормы.

Заключение. Необходимо учитывать особенности физиологического распределения и накопления радиотрейсера в органах и тканях, в частности захват ⁶⁸Ga-ПСМА симпатическими ганглиями. Это позволит избежать ложноположительных случаев при описании ПЭТ-КТ-изображений и даст возможность повысить информативность метода.

Ключевые слова: ПЭТ/КТ, рак предстательной железы, ⁶⁸Ga-ПСМА, лимфатические узлы, симпатические ганглии, ПЭТ-визуализация

*Контакт: Долбов Артём Леонидович, art.dolbov@yandex.ru

© Dolbov A.L., Stanjevskiy A.A., Rozengauz E.V., 2021

FEATURES OF THE PHYSIOLOGICAL DISTRIBUTION OF ⁶⁸GA-PSMA AND ITS IMPORTANCE IN THE DIFFERENTIAL DIAGNOSIS OF METASTATIC LESIONS OF LYMPH NODES IN PATIENTS WITH PROSTATE CANCER

¹Artyom L. Dolbov*, ¹Andrey A. Stanjevskiy, ^{1,2}Evgeny V. Rozengauz

¹Russian Research Center of Radiology and Surgical Technologies named after academician A. M. Granov, St. Petersburg, Russia

²North-Western State Medical University named after I. I. Mechnikov, St. Petersburg, Russia

Introduction. The appearance of new radiopharmaceuticals based on prostate-specific membrane antigen has significantly increased the accuracy of prostate cancer diagnosis. The physiological accumulation of ⁶⁸Ga-PSMA in the sympathetic ganglia is important in the diagnosis of metastatic lesions of the lymph nodes. Erroneous interpretation of images can lead to an incorrect choice of tactics for the treatment of prostate cancer.

Purpose: improving the diagnosis of prostate cancer with the help of updated data on the physiological accumulation of ⁶⁸Ga-PSMA. Identify the sources of potential errors in the interpretation of PET/CT with ⁶⁸Ga-PSMA.

Materials and methods. In order to stage the verified prostate cancer, PET was performed in our center/CT with ⁶⁸Ga-PSMA in 109 men. All patients were divided into groups by the level of prostate-specific antigen, Gleason sum, and d'Amico.

Results. In all patients, we observed the accumulation of RFP in the cervical, abdominal and presacral ganglia. The capture level of the radiotracer was in the range of SUV=1,6–2,3 (median SUV=1,9). In the control PET/CT study after treatment, the accumulation of RFP in the cervical, abdominal and presacral ganglia remained at the same values, which made it possible to identify the detected changes as a variant of the physiological norm.

Conclusions. It is necessary to take into account the peculiarities of the physiological distribution and accumulation of radiotracer in organs and tissues, in particular, the capture of ⁶⁸Ga-PSMA by sympathetic ganglia. This will avoid false-positive cases when describing PET-CT images and will make it possible to increase the informative value of the method.

Key words: PET/CT, prostate cancer, ⁶⁸Ga-PSMA, lymph nodes, sympathetic ganglia, PET-imaging

*Contact: Dolbov Artyom Leonidovich, art.dolbov@yandex.ru

Конфликт интересов: авторы заявили об отсутствии конфликта интересов.

Для цитирования: Долбов А.Л., Станжевский А.А., Розенгауз Е.В. Особенности физиологического распределения ^{68}Ga -ПСМА и его значение в дифференциальной диагностике метастатического поражения лимфатических узлов у больных раком предстательной железы // *Лучевая диагностика и терапия*. 2021. Т. 12, № 3. С. 80–86. <http://dx.doi.org/10.22328/2079-5343-2021-12-3-80-86>.

Conflict of interests: the authors stated that there is no potential conflict of interests.

For citation: Dolbov A.L., Stanjevskiy A.A., Rozengauz E.V. Features of the physiological distribution of ^{68}Ga -PSMA and its importance in the differential diagnosis of metastatic lesions of lymph nodes in patients with prostate cancer // *Diagnostic radiology and radiotherapy*. 2021. Vol. 12, No. 3. P. 80–86. <http://dx.doi.org/10.22328/2079-5343-2021-12-3-80-86>.

Введение. Рак предстательной железы (РПЖ) является одним из наиболее часто диагностируемых злокачественных новообразований мочеполовой системы у мужчин. Ежегодно в мире диагностируют около 1,6 млн новых случаев РПЖ, 366 тысяч мужчин ежегодно погибают от этой патологии [1, с. 974]. В структуре заболеваемости злокачественными новообразованиями мужского населения Российской Федерации РПЖ занимает второе место после опухолей трахеи, бронхов, легкого (16,3%), что соответствует 15,7% от всех диагностированных новообразований у мужчин. В 2019 г. по показателям смертности РПЖ находится на 3 месте после рака трахеи, бронхов, легкого и желудка. В России от РПЖ в 2019 г. умерло 13 205 мужчин. За 10 лет (с 2009 по 2019 гг.) прирост показателя смертности составил 28,8% при среднегодовом темпе прироста 2,49% [2, с. 56]. Своевременной диагностике и лечению этого заболевания уделено большое внимание.

Появление радиофармпрепаратов (РФП) на основе простатспецифического мембранного антигена (ПСМА) для ПЭТ/КТ открыло новые возможности визуализации РПЖ на разных диагностических этапах: выявлении очагов поражения, первичном стадировании, определении рецидива после радикального лечения.

ПСМА — это трансмембранный белок, состоящий из 750 аминокислот, обнаруженный в апикальном эпителии секреторных протоков ткани предстательной железы. При злокачественной трансформации клеток железы наблюдается сверхэкспрессия этого белка. Примечательно, что доброкачественные изменения в предстательной железе не сопровождаются подобным феноменом [3, с. 522–535; 4, с. 303–307]. Однако, несмотря на свое название, ПСМА не является специфическим для предстательной железы белком, поскольку его можно обнаружить в слезных и слюнных железах, почках, печени, селезенке и тонкой кишке. Помимо этого, экспрессия этого белка может быть обнаружена при глиобластоме, опухолевом ангиогенезе некоторых видов рака: щитовидной, молочной железы, раке желудка, почек и толстой кишки [5, с. 81–85].

Цель исследования: улучшить диагностику РПЖ с помощью уточненных данных о физиологическом накоплении ^{68}Ga -ПСМА. Выявить источники потенциальных ошибок в интерпретации ПЭТ/КТ с ^{68}Ga -ПСМА.

Материалы и методы. С целью стадирования верифицированного РПЖ в нашем центре была выполнена ПЭТ/КТ с ^{68}Ga -ПСМА у 109 больных. У всех больных мы наблюдали накопление РФП в шейных, чревных и пресакральных ганглиях. Уровень захвата радиотрейсера был в пределах $\text{SUV}=1,6\text{--}2,3$ (медиана $\text{SUV}=1,9$). При контрольном ПЭТ/КТ-исследовании после лечения накопление РФП в шейных, чревных и пресакральных ганглиях сохранялось в тех же значениях, что позволяло идентифицировать выявленные изменения как вариант физиологической нормы.

В нашей практике мы встретились с ошибочной трактовкой физиологического накопления ПСМА как проявлением метастатического поражения забрюшинных лимфатических узлов.

В качестве примера приводим одно из наших наблюдений.

Пациент Б., 64 лет, обратился в нашу клинику для получения второго мнения по ПЭТ/КТ-исследованию с ^{68}Ga -ПСМА, выполненное в другом медицинском центре. РПЖ гистологически верифицирован, сумма Глисона 7 (3+4), на момент исследования уровень простатспецифического антигена (ПСА) составлял 9 нг/мл. Ставилась задача стадирования.

Предоставленное заключение содержало следующую информацию: ПЭТ/КТ-картина ^{68}Ga -ПСМА-позитивного образования в предстательной железе (Ca). ^{68}Ga -ПСМА-позитивный чревный лимфатический узел (подозрителен на МТС), тем самым опухоль стадировалась как cT2bN0M1a.

При анализе предоставленных ПЭТ/КТ-изображений в левой доле предстательной железы было выявлено ^{68}Ga -ПСМА-позитивное образование размерами $22\times 15\times 16$ мм с $\text{SUV}=11,2$, что подтвердило стадию T2b (рис. 1, а, б). Семенные пузырьки и лимфатические узлы малого таза были не увеличены, и в их проекции при ПЭТ очагов патологического накопления радиофармпрепарата (РФП) не определялось. Парааортально на уровне тела позвонка Th₁₂ слева было обнаружено небольшое узловое образование, с ровными, четкими контурами, поперечным размером до 5–6 мм. Уровень накопления РФП в нем составлял $\text{SUV}=2,3$ (рис. 1, в, г).

Выявленные изменения нами были трактованы следующим образом: ПЭТ/КТ-картина ^{68}Ga -ПСМА-позитивного образования в левой доле предстательной железы (Cr). Убедительных ПЭТ/КТ-

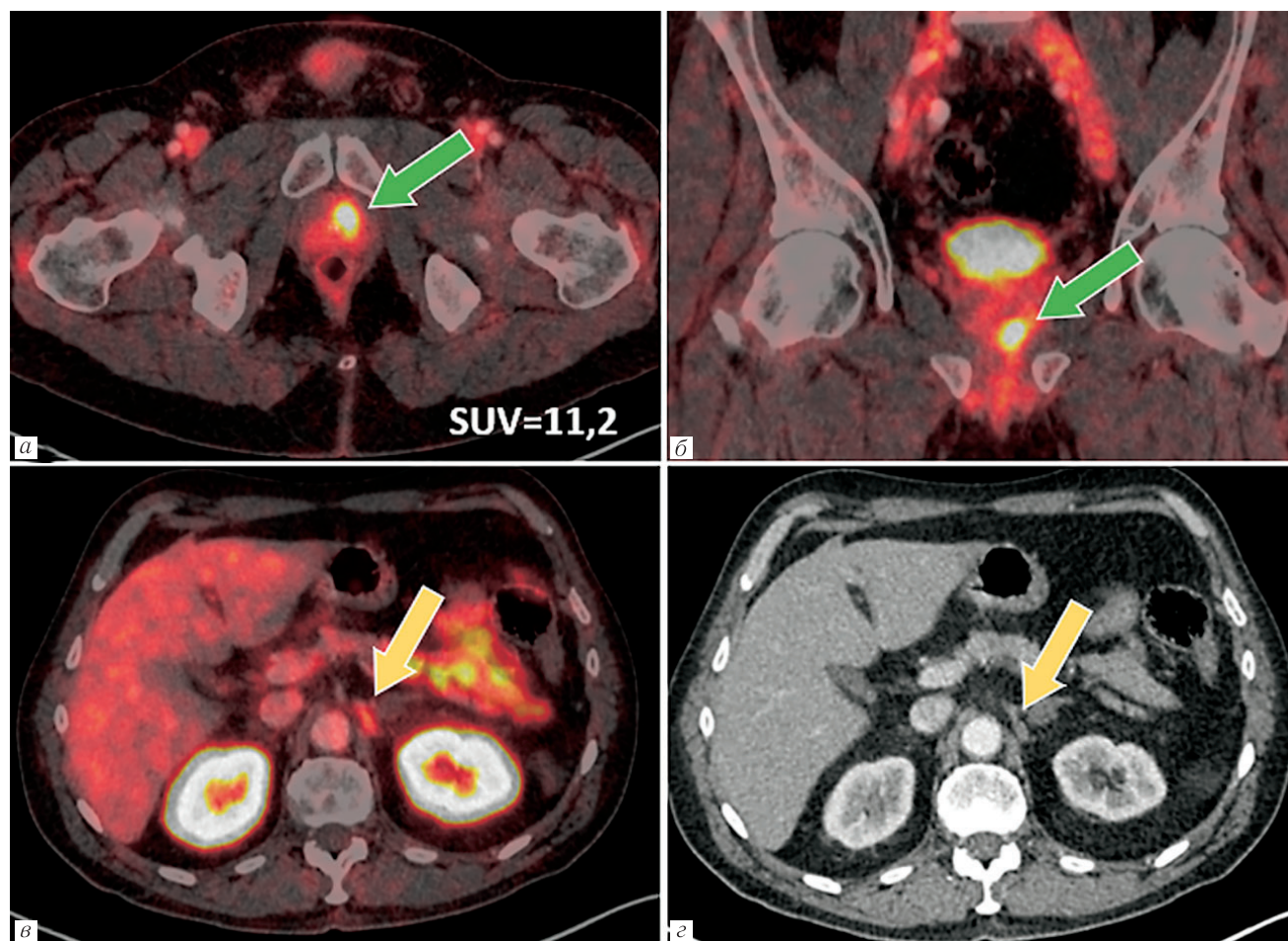


Рис. 1. ^{68}Ga -ПСМА-позитивное образование в левой доле предстательной железы (зеленая стрелка, *а* — в аксиальной проекции, *б* — в корональной проекции) и физиологическое накопление ^{68}Ga -ПСМА в чревном ганглии (желтая стрелка, *в* и *г* — в аксиальной проекции)

Fig. 1. ^{68}Ga -PSMA positive mass in the left lobe of the prostate (green arrow in axial *a* and *б* coronal projections) and physiological accumulation of ^{68}Ga -PSMA in the celiac ganglion (yellow arrow in axial *в* and *г* images)

признаков регионарного и отдаленного распространения заболевания не получено. Физиологическое накопление ^{68}Ga -ПСМА в левом чревном ганглии. Таким образом, представление о наличии отдаленного метастазирования (M1a) не было подтверждено и стадия трактовалась как cT2bN0M0.

На консилиуме с онкоурологами, радиологами и радиотерапевтами был подробно изучен анамнез заболевания, результаты лабораторных и ПЭТ/КТ-исследований. Принято решение о выполнении радикальной простатэктомии (РПЭ) с тазовой лимфодиссекцией. Гистологическое исследование операционного материала подтвердило наличие аденокарциномы в левой доле предстательной железы и отсутствие метастазов в удаленных лимфоузлах, что совпадало с результатами ПЭТ/КТ.

Спустя 12 месяцев после лечения у пациента было выявлено повышение ПСА до 0,4 нг/мл. С целью поиска рецидива заболевания выполнено повторное ПЭТ/КТ-исследование с ^{68}Ga -ПСМА. При анализе полученных изображений данных, свидетельствующих о наличии местного рецидива заболевания, не выявлено. Лимфатические узлы малого

таза были не увеличены, и в их проекции при ПЭТ очаги патологического накопления радиофармпрепарата (РФП) не выявлялись. Однако в сравнении с результатами предыдущего исследования отмечено появление ^{68}Ga -ПСМА-позитивного остеобластического очага размерами 19×11×7 мм с SUV=6,3 в передних отделах тела позвонка S₁ (рис. 2).

Паравертебрально слева на уровне тела позвонка Th_{xii} сохранилось небольшое узловое образование, с ровными, четкими контурами, прежним поперечным размером (до 6 мм) и невысоким уровнем накопления РФП SUV=2,1 (рис. 3).

На основании полученных результатов было сформировано следующее заключение: убедительных ПЭТ/КТ-признаков местного рецидива и регионарного распространения заболевания не выявлено. ПЭТ/КТ-картина ^{68}Ga -ПСМА позитивного остеобластического очага в теле позвонка S₁ (МТС).

Таким образом, повторяемость накопления, а также стабильность уровня захвата РФП в чревном ганглии, после РПЭ, при выполнении повторного ПЭТ-сканирования, позволяет сделать вывод о физиологической природе данных изменений.

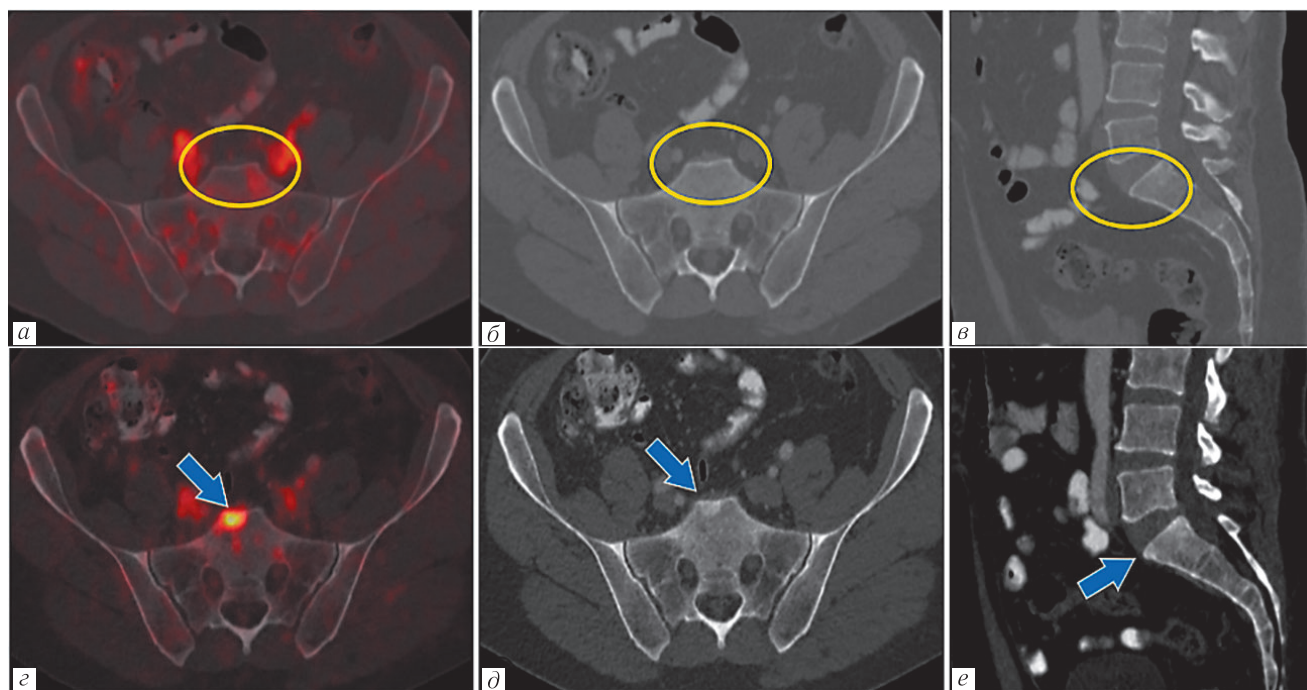


Рис. 2. Сравнение ПЭТ/КТ-изображений до выполнения радикальной простатэктомии (*а, б* — в аксиальной проекции, *в* — в сагиттальной проекции) и после (*г, д* — в аксиальной проекции, *е* — в сагиттальной проекции). При первом ПЭТ/КТ-исследовании (верхний ряд изображений) в теле позвонка S₁ остеобластических и ⁶⁸Ga-ПСМА-позитивных очагов не определялось. При повторном ПЭТ/КТ-исследовании (нижний ряд изображений) отмечается появление ⁶⁸Ga-ПСМА-позитивного остеобластического очага в передних отделах тела позвонка S₁ (указан синими стрелками)

Fig. 2. Comparison of PET/CT images before radical prostatectomy (*a, б* — axial and *в* — sagittal images) and after (*г, д* — axial and *е* — sagittal images). During the first PET/CT examination (upper row of images), no osteoblastic lesions were detected in the body of the S₁ vertebra and ⁶⁸Ga-PSMA positive foci were not detected. Repeated PET/CT examination (bottom row of images) shows the appearance of ⁶⁸Ga-PSMA, a positive osteoblastic focus in the anterior parts of the S₁ vertebral body (indicated by blue arrows)

Результаты и их обсуждение. В последнее десятилетие набор радиотрэйсеров для диагностики РПЖ пополнился новыми препаратами. На смену РФП, принимающих участие в метаболических процессах (¹¹C/¹⁸F-холин), приходят новые препараты рецепторного типа на основе ПСМА, обладающие более высокими показателями чувствительности и специфичности [6, с. 493–500]. Первые опубликованные работы по применению ПЭТ/КТ с ⁶⁸Ga-ПСМА-11 в диагностике рецидива РПЖ после радикального лечения познакомили аудиторию с физиологическим распределением РФП в организме, а также продемонстрировали высокие показатели контрастности в отношении опухоль/фон [7, с. 486–495].

Физиологическое накопление ⁶⁸Ga-ПСМА в норме наблюдается в слезных и слюнных железах, селезенке, печени, двенадцатиперстной и тонкой кишке, крупных сосудах (в пуле крови), а также в органах мочевыделительной системы, так как РФП выводится почками (рис. 4).

Очень высокая активность мочи в почках и мочевом пузыре приводит к появлению артефакта окружающего ореола, который может затруднить оценку абдоминальных и тазовых лимфатических узлов, расположенных около мочеточника. Накопление

радиоактивной мочи в мочевом пузыре усложняет визуализацию ложа предстательной железы после радикальной простатэктомии. Следует учитывать эту особенность как потенциальную причину ложно-отрицательных результатов выявления рецидива РПЖ после радикальной простатэктомии.

Кроме этого, важной особенностью физиологического распределения ⁶⁸Ga-ПСМА в организме является накопление радиотрэйсера в шейных, чревных и пресакральных ганглиях. Непосредственная близость этих ганглиев к классическим локализациям метастатически пораженных лимфатических узлов делает их вероятным источником ложноположительных результатов.

Частота выявления источника рецидива при уровне ПСА >2,2 нг/мл составляла 100%, а при значениях ПСА <2,2 нг/мл — приближалась к 60%. Впоследствии высокие показатели чувствительности и специфичности ПЭТ/КТ с ⁶⁸Ga-ПСМА при диагностике рецидива, а также при стадировании РПЖ, установленные в крупных многоцентровых исследованиях, способствовали широкому внедрению этой методики в клиническую практику [8, с. 210–214].

Активное применение ⁶⁸Ga-ПСМА в клинической практике способствовало накоплению инфор-

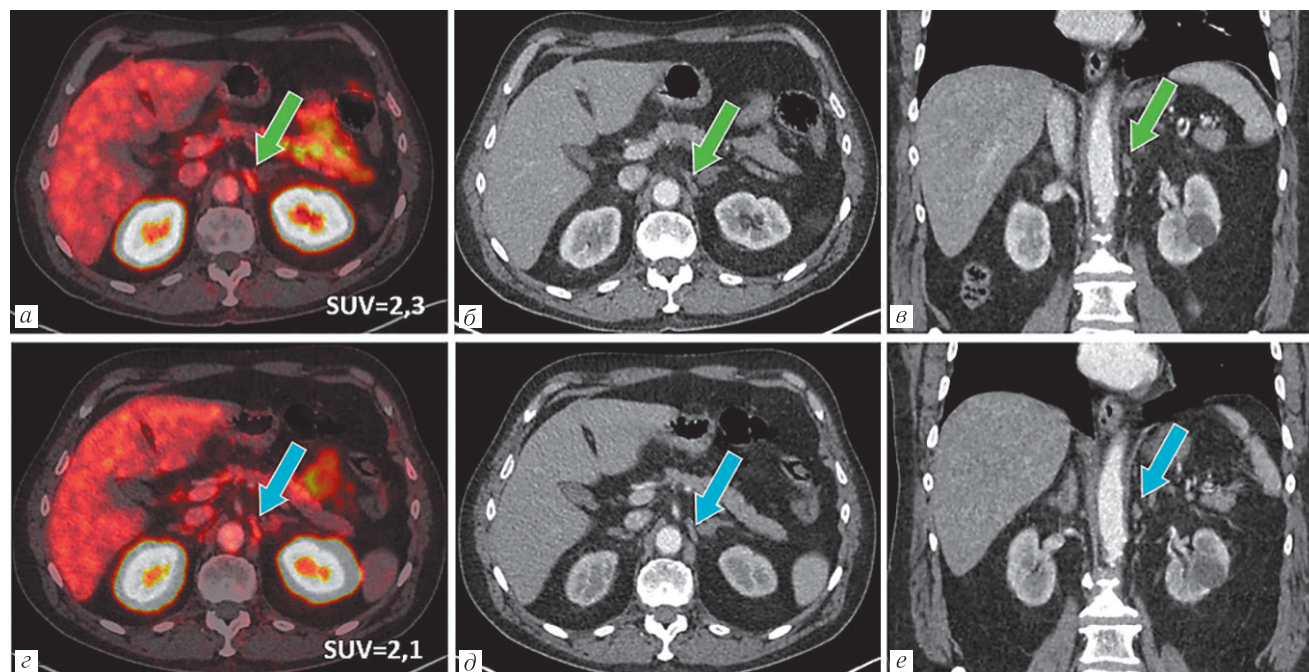


Рис. 3. Физиологическое накопление ^{68}Ga -ПСМА в чревном ганглии. Сравнение ПЭТ/КТ-изображений до выполнения радикальной простатэктомии (а, б — в аксиальной проекции, в — в коронарной проекции) и после (г, д — в аксиальной проекции, е — в коронарной проекции). При первом ПЭТ/КТ-исследовании (верхний ряд изображений) в чревном ганглии, расположенном парааортально слева на уровне тела позвонка Th_{xii} наблюдается физиологическое накопление радиотрейсера (указан зелеными стрелками). Через 12 месяцев при ПЭТ/КТ-исследовании (нижний ряд изображений) сохраняется низкое накопление ^{68}Ga -ПСМА в выявленном ганглии (указан голубыми стрелками)

Fig. 3. Physiological accumulation of ^{68}Ga -PSMA in the celiac ganglion. Comparison of PET/CT images before radical prostatectomy (a, б — axial and в — coronal) and after (г, д — axial and е — coronal). During the first PET/CT examination (upper row of images), physiological accumulation of the radio tracer is observed in the celiac ganglion located paraaortally to the left at the level of the Th_{xii} vertebral body (indicated by green arrows). After 12 months, PET/CT examination (bottom row of images) retains a low accumulation of ^{68}Ga -PSMA in the identified ganglion (indicated by blue arrows)

мации об особенностях распределения и физиологического накопления РФП в организме, в число которых входит физиологическое накопление радиотрейсера в шейных, чревных и пресакральных ганглиях.

С помощью компьютерной томографии (КТ) точную локализацию ганглиев можно определить в подавляющем большинстве случаев. Шейные ганглии локализуются кпереди от шейки первого ребра и поперечного отростка С_{vii}, выше купола плевры над верхушкой легкого. Чревные ганглии расположены кпереди от ножек диафрагмы, по обе стороны от переднебоковых стенок брюшной аорты, в пространстве между устьем чревной и верхней брыжечной артериями. Пресакральные ганглии локализовались вдоль внутренней поверхности тел позвонков S_{i-ii} на уровне крестцовых отверстий. Форма ганглиев чаще линейная или двояковыпуклая, иногда встречается в виде запятой, поперечные размеры до 6–7 мм. По данным Z. J. Wang и соавт. [9, с. 343–347] левый чревный ганглий выявляется чаще, чем правый (89% против 67%). Уровень накопления РФП находится в пределах SUV=1,7–2,9 [10, с. 1406–1411]. Гистологические и иммуногистохимические исследования показали, что глутаматкарбоксипепти-

даза II (ПСМА) сильно экспрессируется на немиелинизирующихся шванновских клетках в ганглиях симпатической нервной системы. Это потенциально объясняет захват ^{68}Ga -ПСМА в различных частях симпатической нервной системы [11, с. 99–109]. M. S. Hořman и соавт. [12, с. 200–217] изучали повторяемость накопления РФП в шейных, чревных и пресакральных ганглиях у больных с верифицированным РПЖ. Через две недели после первого ПЭТ/КТ-сканирования выполняли повторное исследование с ^{68}Ga -ПСМА. В интервале между сканированиями, лечение не проводилось. Результаты повторного ПЭТ/КТ-исследования демонстрировали сохранение накопления РФП в шейных, чревных и пресакральных ганглиях, без существенных колебаний уровня захвата радиотрейсера.

В нашем учреждении проводилось подобное исследование, отличием которого являлось применение хирургического, гормонального либо сочетания гормонального и лучевого лечения между первым и повторным ПЭТ/КТ сканированиями. При динамическом контроле мы наблюдали сохранение накопления РФП в ганглиях, в тех же значениях, вне зависимости от вида лечения РПЖ.

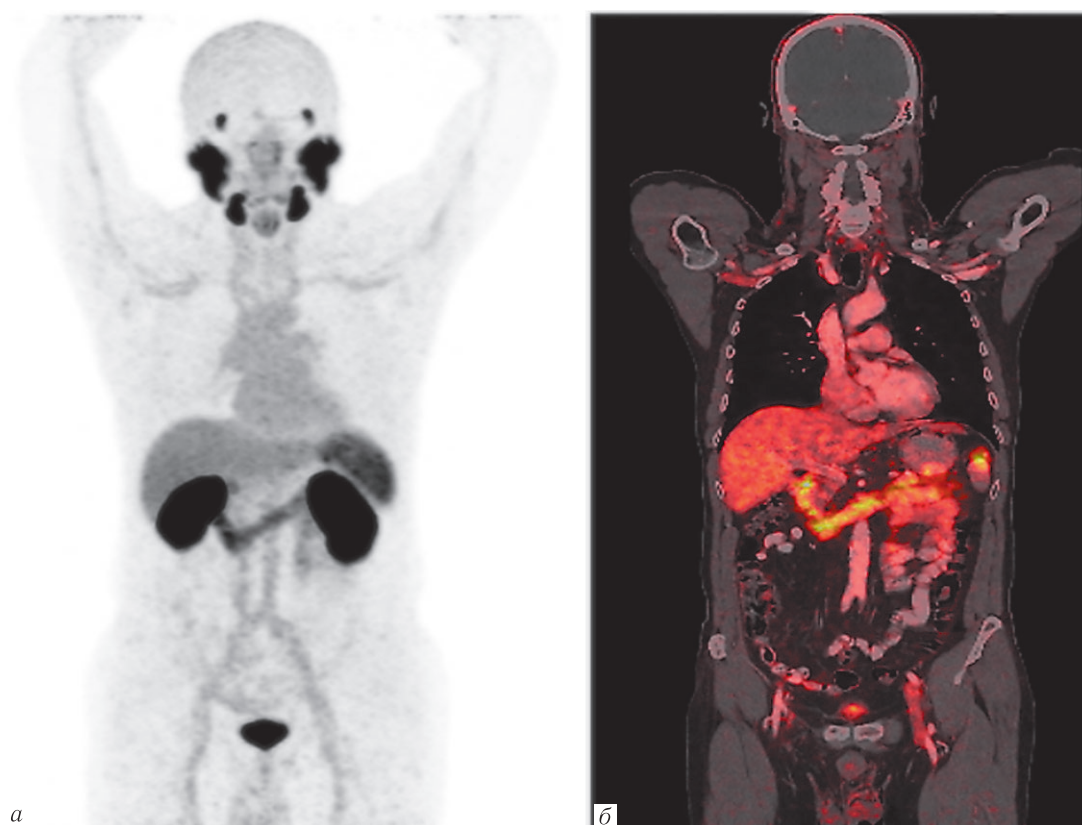


Рис. 4. Физиологическое распределение ^{68}Ga -ПСМА в теле на моно-ПЭТ (а) и совмещенном ПЭТ/КТ (б) изображениях в корональной плоскости

Fig. 4. Physiological distribution of ^{68}Ga -PSMA in the body on PET (a) and PET/CT (b) images in the coronal plane

На основании полученных данных, а также результатов, опубликованных в мировой литературе данных, применение ПЭТ/КТ с ^{68}Ga -ПСМА для диагностики РПЖ, необходимо акцентировать внимание на физиологическом накоплении радиотрейсера в ганглиях, чтобы избежать диагностических ошибок.

Подобный феномен в англоязычной литературе обозначается как «Pitfalls» — подводные камни. Таким образом, при интерпретации ПЭТ/КТ-изображений с ^{68}Ga -ПСМА важно помнить о подводных камнях в виде физиологического распределения РФП в симпатических ганглиях, которое может мимикрировать под метастатическое поражение лимфатических узлов, что необходимо учитывать в дифференциальной диагностике.

Заключение. Сравнительно недавнее появление радиотрейсеров на основе ПСМА в Российской Федерации и ограниченное их распространение в медицинских учреждениях способствует постепенно-

му накоплению опыта применения ПЭТ/КТ ^{68}Ga -ПСМА в клинической практике. При интерпретации данных, полученных в ходе исследования, необходимо учитывать особенности физиологического распределения и накопления радиотрейсера в органах и тканях, в частности захват ^{68}Ga -ПСМА симпатическими ганглиями. Это позволит избежать ложноположительных случаев при описании ПЭТ/КТ-изображений и даст возможность повысить информативность метода. При этом типичное местоположение ганглиев вместе с характерным паттерном накопления в них РФП (линейным, а не очаговым), интенсивностью гиперфиксации препарата (преимущественно низкой), а также компьютерно-томографической характеристикой формы и размеров ганглия («запятая» с поперечным размером 6–7 мм) могут быть использованы для дифференциальной диагностики метастатического поражения лимфатических узлов и физиологического накопления препарата в симпатических узлах.

ЛИТЕРАТУРА/REFERENCES

1. Rider J.R. et al. Ejaculation Frequency and Risk of Prostate Cancer: Updated Results with an Additional Decade of Follow-up // *Eur. Urol.* 2016. Vol. 70. P. 974.
2. Каприн А.Д., Старинский В.В., Шахзадова А.О. *Злокачественные новообразования в России в 2019 году (заболеваемость и смертность)* / МНИОИ им. П.А.Герцена — филиал ФГБУ «НМИРЦ» Минздрава России. Москва, 2020. [Kaprin A.D., Starinsky V.V., Shakhzadova A.O. *Malignant neoplasms in Russia in 2019 (morbidity and mortality)* / P.A. Herzen — branch of the Federal State Budgetary Institution «NMIRC» of the Ministry of Health of Russia Moscow. 2020 (In Russ.).]
3. Bouchelouche K., Turkbey B., Choyke P.L. PSMA PET and Radionuclide Therapy in Prostate Cancer // *Semin. Nucl. Med.* 2016. Vol. 46, No. 6. P. 522–535. doi: 10.1053/j.semnuclmed.2016.07.006. Epub 2016 Sep 3. PMID: 27825432; PMCID: PMC5123597.
4. Birtle A.J., Freeman A., Masters J.R. et al. BAUS Section of Oncology Cancer Registry. Tumour markers for managing men who present with metastatic prostate cancer and serum prostate-specific antigen levels of <10 ng/mL // *BJU Int.* 2005. Vol. 96, No. 3. P. 303–307. doi: 10.1111/j.1464-410X.2005.05619.x. PMID: 16042718

5. Silver D.A., Pellicer I., Fair W.R. et al. Prostate-specific membrane antigen expression in normal and malignant human tissues // *Clin. Cancer Res.* 1997. Vol. 3. P. 81–85.
6. Morigi J.J., Fanti S., Murphy D. et al. Rapidly changing landscape of PET/CT imaging in prostate cancer // *Curr. Opin Urol.* 2016. Vol. 26, No. 5. P. 493–500. doi: 10.1097/MOU.0000000000000309. PMID: 27467137.
7. Afshar-Oromieh A., Malcher A., Eder M. et al. PET imaging with a [^{68}Ga]galium-labelled PSMA ligand for the diagnosis of prostate cancer: biodistribution in humans and first evaluation of tumor lesions // *Eur. J. Nucl. Med. Mol. Imaging.* 2013. Vol. 40, No. 4. P. 486–495. doi: 10.1007/s00259-012-2298-2. Epub 2012 Nov 24. Erratum in: *Eur. J. Nucl. Med. Mol. Imaging.* 2013. Vol. 40, No. 5. P. 797–798. PMID: 23179945.
8. Krohn T., Verburg F.A., Pufe T. et al. [^{68}Ga]PSMA-HBED uptake mimicking lymph node metastasis in coeliac ganglia: an important pitfall in clinical practice // *Eur. J. Nucl. Med. Mol. Imaging.* 2015. Vol. 42, No. 2. P. 210–214.
9. Wang Z.J., Webb E.M., Westphalen A.C. et al. Multi-detector row computed tomographic appearance of celiac ganglia // *J. Comput. Assist. Tomogr.* 2010. Vol. 34, No. 3. P. 343–347. doi: 10.1097/RCT.0b013e3181d26ddd. PMID: 20498533.
10. Rischpler C., Beck T.I., Okamoto S. et al. ^{68}Ga -PSMA-HBED-CC Uptake in Cervical, Celiac, and Sacral Ganglia as an Important Pitfall in Prostate Cancer PET Imaging // *J. Nucl. Med.* 2018. Vol. 59, No. 9. P. 1406–1411. doi: 10.2967/jnumed.117.204677. Epub 2018 Jan 25. PMID: 29371407.
11. Berger U.V., Carter R.E., McKee M. et al. N-acetylated alpha-linked acidic dipeptidase is expressed by non-myelinating Schwann cells in the peripheral nervous system // *J. Neurocytol.* 1995. Vol. 24, No. 2. P. 99–109. doi: 10.1007/BF01181553. PMID: 7745446.
12. Hofman M.S., Hicks R.J., Maurer T., Eiber M. Prostate-specific Membrane Antigen PET: Clinical Utility in Prostate Cancer, Normal Patterns, Pearls, and Pitfalls // *Radiographics.* 2018. Vol. 38, No. 1. P. 200–217. doi: 10.1148/rg.2018170108. PMID: 29320333.

Поступила в редакцию/Received by the Editor: 26.07.2021 г.

Вклад авторов:

Вклад в концепцию и план исследования — А.А.Станжевский, А.Л.Долбов. Вклад в сбор данных — А.Л.Долбов. Вклад в анализ данных и выводы — А.Л.Долбов, Е.В.Розенгауз. Вклад в подготовку рукописи — А.А.Станжевский, А.Л.Долбов, Е.В.Розенгауз.

Сведения об авторах:

Долбов Артём Леонидович — врач-рентгенолог, младший научный сотрудник отделения радиоизотопной позитронной эмиссионной томографии федерального государственного бюджетного учреждения «Российский научный центр радиологии и хирургических технологий им. акад. А.М.Гранова» Министерства здравоохранения Российской Федерации; 197758, Санкт-Петербург, Ленинградская ул., д. 70; ORCID 0000–0002–2195–2401; SPIN 6447–7663, Author ID 1096925; Scopus Author ID 57203140829;

Станжевский Андрей Алексеевич — доктор медицинских наук, заместитель директора по научной работе федерального государственного бюджетного учреждения «Российский научный центр радиологии и хирургических технологий им. акад. А.М.Гранова» Министерства здравоохранения Российской Федерации; 197758, Санкт-Петербург, Ленинградская ул., д. 70; e-mail: stanzhevsky@gmail.com; SPIN 4025–4260, Author ID 199418; ORCID 0000–0002–1630–0564; Scopus Author ID 8857214600;

Розенгауз Евгений Владимирович — доктор медицинских наук, главный научный сотрудник отдела лучевой диагностики федерального государственного бюджетного учреждения «Российский научный центр радиологии и хирургических технологий им. акад. А.М.Гранова» Министерства здравоохранения Российской Федерации; 197758, Санкт-Петербург, Ленинградская ул., д. 70; профессор кафедры лучевой диагностики и лучевой терапии федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Северо-Западный государственный медицинский университет им. И.И.Мечникова» Министерства здравоохранения Российской Федерации; 191015, Санкт-Петербург, Кирочная ул., д. 41; ORCID 0000–0003–1742–7783.

Открыта подписка на 1-е полугодие 2022 года.

Подписной индекс:

Объединенный каталог «Пресса России» **42177**