

УДК 616-006-073.756.8

<http://dx.doi.org/10.22328/2079-5343-2023-14-1-63-72>

СРАВНИТЕЛЬНАЯ ОЦЕНКА БИОРАСПРЕДЕЛЕНИЯ ¹⁸F-ПСМА-1007 ЧЕРЕЗ 60 И 120 МИНУТ ПОСЛЕ ВНУТРИВЕННОГО ВВЕДЕНИЯ ПРИ ПЭТ/КТ У ПАЦИЕНТОВ, ОБСЛЕДОВАННЫХ ПО ПОВОДУ РАКА ПРЕДСТАТЕЛЬНОЙ ЖЕЛЕЗЫ

¹А. В. Леонтьев^{✉*}, ¹А. И. Халимон[✉], ¹М. М. Ходжибекова[✉], ¹М. Т. Кулиев[✉], ^{2,3}Е. В. Пузакин[✉],
¹Г. Ф. Хамадеева[✉], ¹Т. Л. Антонецкая[✉], ¹А. В. Лохова[✉]

¹Московский научно-исследовательский онкологический институт имени П. А. Герцена — филиал ФГБУ «НМИЦ радиологии», Москва, Россия

²Федеральный научно-клинический центр медицинской радиологии и онкологии, Дмитровград, Россия

³Российская медицинская академия непрерывного профессионального образования, Москва, Россия

ВВЕДЕНИЕ: Позитронная эмиссионная томография, совмещенная с компьютерной томографией (ПЭТ/КТ), с применением радиофармацевтических препаратов (РФП) на основе лигандов к простатспецифическому мембранному антигену (ПСМА) является ценной методикой визуализации рака предстательной железы (РПЖ). Для клинического применения доступны РФП на основе как генераторного ⁶⁸Ga, так и циклотронного ¹⁸F, к которым относится ¹⁸F-ПСМА-1007. В настоящее время в отношении фторированных лигандов нет единого мнения относительно интервала между введением РФП и началом сканирования, что и послужило основанием для проведения данной работы.

ЦЕЛЬ: Определение оптимального временного промежутка между введением ¹⁸F-ПСМА-1007 и началом сканирования при ПЭТ/КТ у пациентов, обследованных по поводу РПЖ.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ: В проспективный анализ включены результаты ПЭТ/КТ с ¹⁸F-ПСМА-1007 26 пациентов с РПЖ (средний возраст — 69,1±7,1 года, среднее значение ПСА — 3,9 (0,5; 10) нг/мл), из которых 4 пациента — на этапе первичного стадирования, 10 — получавшие системное лечение и 12 — с биохимическим рецидивом. Сканирование выполнялось в два этапа, через 60 и 120 мин после внутривенного введения ¹⁸F-ПСМА-1007, с последующим измерением и сравнением уровней его патологического и физиологического накопления. Дополнительно рассчитывался показатель TBR (отношение «очаг/фон») для очагов патологического накопления ¹⁸F-ПСМА-1007 в предстательной железе или ее ложе и лимфатических узлах относительно физиологического накопления в мочевом пузыре и пуле крови брюшной аорты соответственно. *Статистика:* Статистический анализ полученных данных выполнен с использованием программного обеспечения SPSS Statistics 28 с целью оценки достоверности различия показателей SUV_{max} (для очагов патологического накопления РФП), SUV_{mean} (для физиологического накопления РФП) и TBR между двумя этапами сканирования.

РЕЗУЛЬТАТЫ: Отмечено достоверное снижение уровня физиологического накопления ¹⁸F-ПСМА-1007 ко второму этапу сканирования в пуле крови брюшной аорты со среднего значения SUV_{mean} 1,5 (1,0; 1,73) до 0,9 (0,5; 0,9), p<0,001, в просвете мочевого пузыря — с 2,6 (1,3; 3,6) до 1,7 (1,1; 2,8), p<0,05, в средней ягодичной мышце справа — с 0,4 (0,35; 0,44) до 0,33 (0,3; 0,37), p<0,05. При этом наблюдалось его достоверное повышение в паренхиме печени со среднего значения SUV_{mean} 8,9±2,8 до 10,3±3,4, p<0,001, селезенки — с 7,5±3,5 до 8,3±3,8, p<0,001, правой околоушной слюнной железы — с 9,8±3,7 до 11,6±4,3, p<0,001. В костном мозге уровень физиологического накопления ¹⁸F-ПСМА-1007 сохранялся на постоянном уровне со средним значением SUV_{mean}, равным 1 (0,8; 1,3), p=0,917. Ко второму этапу сканирования было отмечено достоверное повышение уровня накопления ¹⁸F-ПСМА-1007 во всех 76 выявленных патологических очагах, без появления новых, со среднего значения SUV_{max} 4,6 (2,7; 7,7) до 5,25 (3,2; 9,0), p<0,001. Также было установлено достоверное повышение среднего значения TBR для отношений «предстательная железа или ее ложе/мочевой пузырь» с 1,7 (1,1; 4,7) до 3,6 (2,1; 9,5), p<0,05 и «лимфатический узел/пул крови» в рамках анализов по очагам с 2,8 (2,5; 5,2) до 6,2 (5; 10,1), p<0,001 и по пациентам с 4,6 (2,7; 5,5) до 9,8 (4,9; 12,1), p<0,05.

ОБСУЖДЕНИЕ: При втором этапе сканирования новых очагов патологического накопления ¹⁸F-ПСМА-1007 выявлено не было, что не оправдывает рутинное применение временного интервала в 120 мин, в том числе в силу нерационального использования ресурсов отделения и рабочего времени медицинского персонала. При этом было отмечено достоверное увеличение среднего значения TBR на уровне критических зон ко второму этапу сканирования, что свидетельствует о более высоком качестве изображений, получаемых через 120 мин после внутривенного введения ¹⁸F-ПСМА-1007.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ: Ввиду отсутствия клинических преимуществ 120-минутного интервала и наличия ассоциированных временных затрат 60-минутный интервал между введением ^{18}F -ПСМА-1007 и началом сканирования при ПЭТ/КТ у пациентов с РПЖ представляется предпочтительным, однако в случаях получения неоднозначных результатов может быть целесообразно проведение отсроченного сканирования.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: рак предстательной железы, простатспецифический мембранный антиген, ПЭТ/КТ, ^{18}F -ПСМА-1007

*Для корреспонденции: Леонтьев Алексей Викторович, e-mail: aleksleont@yandex.ru

Для цитирования: Леонтьев А.В., Халимон А.И., Ходжибекова М.М., Кулиев М.Т., Пузакин Е.В., Хамадеева Г.Ф., Антонеvская Т.Л., Лохова А.В. Сравнительная оценка биораспределения ^{18}F -ПСМА-1007 через 60 и 120 минут после внутривенного введения при ПЭТ/КТ у пациентов, обследованных по поводу рака предстательной железы // *Лучевая диагностика и терапия*. 2023. Т. 14, № 1. С. 63–72, DOI: <http://dx.doi.org/10.22328/2079-5343-2023-14-1-63-72>.

COMPARATIVE ASSESSMENT OF ^{18}F -PSMA-1007 BIODISTRIBUTION AT 60 AND 120 MINUTES AFTER ADMINISTRATION BY PET/CT IN PROSTATE CANCER PATIENTS

¹Alexey V. Leontyev^{✉*}, ¹Alexander I. Khalimon[✉], ¹Malika M. Khodzhibekova[✉], ¹Magomed T. Kuliev[✉],
^{2,3}Evgenii V. Puzakin[✉], ¹Gulnara F. Khamadeeva[✉], ¹Tamara L. Antonevskaya[✉], ¹Angelina V. Lokhova[✉]
¹Moscow Research Oncology Institute named after P. A. Herzen — branch of National Medical Research Center of Radiology,
Moscow, Russia

²Federal Scientific Clinical Center of Medical Radiology and Oncology, Dimitrovgrad, Russia

³Russian Medical Academy of Continuous Professional Education, Moscow, Russia

INTRODUCTION: Positron emission tomography combined with computed tomography (PET/CT) with prostate-specific membrane antigen-targeted (PSMA) radiopharmaceuticals is a valuable method for prostate cancer (PCa) imaging. Both ^{68}Ga - and ^{18}F -labelled PSMA ligands are used in clinical practice now, for example, ^{18}F -PSMA-1007. Currently there is no consensus on time interval between ^{18}F -PSMA-1007 administration and scanning start that served as the basis for this study.

OBJECTIVE: The aim of this study was to determinate the optimal time interval between ^{18}F -PSMA-1007 administration and scanning start at PET/CT in PCa patients.

MATERIALS AND METHODS: This prospective analysis included the results of ^{18}F -PSMA-1007 PET/CT of 26 patients with PCa (mean age — 69.1 ± 7.1 years, mean PSA value — $3.9 (0.5; 10)$ ng/ml), 4 patients — at primary staging, 10 patients — with therapy assessment and 12 patients — with biochemical recurrence. The PET/CT scanning was performed at 60 and 120 minutes after ^{18}F -PSMA-1007 administration with subsequent measurement and comparison of the pathological and physiological uptake. TBR value (Tumor-to-Background Ratio) was calculated for the pathological uptake in the prostate or prostate bed and lymph nodes lesions relative to the physiological uptake in urinary bladder and abdominal aortic blood pool respectively.

Statistics: Statistical analysis was carried out using the software SPSS Statistics 28 to analyse the significance of the differences in median SUV_{max} (for pathological ^{18}F -PSMA-1007 uptake), SUV_{mean} (for physiological ^{18}F -PSMA-1007 uptake) and TBR between two stages of scanning.

RESULTS: There was a significant decrease of physiological ^{18}F -PSMA-1007 uptake from median SUV_{mean} 1.5 (1.0; 1.73) to 0.9 (0.5; 0.9), $p < 0.001$ in the abdominal aortic blood pool, 2.6 (1.3; 3.6) to 1.7 (1.1; 2.8), $p < 0.05$ in the urinary bladder, 0.4 (0.35; 0.44) to 0.33 (0.3; 0.37), $p < 0.05$ in the right gluteus medius muscle in the second scan. Moreover, there was a significant increase of physiological ^{18}F -PSMA-1007 uptake from median SUV_{mean} 8.9 ± 2.8 to 10.3 ± 3.4 , $p < 0.001$ in the liver, 7.5 ± 3.5 to 8.3 ± 3.8 , $p < 0.001$ in the spleen, 9.8 ± 3.7 to 11.6 ± 4.3 , $p < 0.001$ in the right parotid salivary gland. Uptake in the bone marrow remained stable with median SUV_{mean} 1 (0.8; 1.3), $p = 0.917$. There was a significant increase of pathological uptake from median SUV_{max} 4.6 (2.7; 7.7) to 5.25 (3.2; 9.0), $p < 0.001$ in 76 lesions without appearance of new lesions in the second scan at 120 minutes. Mean TBR value also significantly increased for the ratios «prostate or prostate bed/urinary bladder» from 1.7 (1.1; 4.7) to 3.6 (2.1; 9.5), $p < 0.05$ and «lymph node/aortic blood pool»: per-lesion analysis from 2.8 (2.5; 5.2) to 6.2 (5; 10.1), $p < 0.001$ and per-patient analysis from 4.6 (2.7; 5.5) to 9.8 (4.9; 12.1), $p < 0.05$.

DISCUSSION: It's not justified to use time interval in 120 minutes routinely because of the lack of new lesions in the second scan, irrational spending of the department resources and time of medical staff. However, there was an increase in the TBR values indicating the higher quality of images in the second scan at 120 minutes.

CONCLUSION: Due to the lack of clinical benefits of the 120 minutes interval and the associated time cost, a 60 minutes interval between ^{18}F -PSMA-1007 administration and the start of a PET/CT scan in PCa patients is more optimal, however, delayed scan is justified in cases of obtaining unclear results.

KEYWORDS: prostate cancer, prostate-specific membrane antigen, PET/CT, ^{18}F -PSMA-1007

*For correspondence: Alexey V. Leontyev, e-mail: aleksleont@yandex.ru

For citation: Leontyev A.V., Khalimon A.I., Khodzhibekova M.M., Kuliev M.T., Puzakin E.V., Khamadeeva G.F., Antonevskaya T.L., Likhova A.V. Comparative assessment of ^{18}F -PSMA-1007 biodistribution at 60 and 120 minutes after administration by PET/CT in prostate cancer patients // *Diagnostic radiology and radiotherapy*. 2023. Vol. 14, No. 1. P. 63–72, DOI: <http://dx.doi.org/10.22328/2079-5343-2023-14-1-63-72>.

Введение. Рак предстательной железы (РПЖ) является актуальной проблемой современной онкоурологии, что обусловлено широкой распространенностью данной нозологической формы. Показатели смертности от РПЖ неуклонно растут во всех регионах мира [1]. На протяжении последнего десятилетия РПЖ стабильно занимает второе место после рака легкого в структуре заболеваемости злокачественными новообразованиями мужского населения России, составляя на 2018 г. — 14,9% и на 2019 г. — 15,7% [2, 3]. В 2020 г. было зарегистрировано 1 414 259 новых случаев РПЖ в мире, что составило 7,3% всех онкологических заболеваний у мужчин [4].

Лучевая диагностика играет ключевую роль в обнаружении, стадировании, выявлении рецидива и оценке эффективности лечения РПЖ. В настоящее время рутинно применяемыми методиками являются трансректальное ультразвуковое исследование (ТРУЗИ) предстательной железы (ПЖ), магнитно-резонансная томография (МРТ) органов малого таза, рентгеновская компьютерная томография (КТ) органов грудной и брюшной полостей, а также остеосцинтиграфия (ОСГ). Однако вышеперечисленные методики имеют ряд ограничений, которые не позволяют достоверно оценить степень распространенности заболевания ввиду недостаточных чувствительности и специфичности. Современной альтернативой традиционным методикам визуализации является позитронная эмиссионная томография, совмещенная с рентгеновской компьютерной томографией (ПЭТ/КТ), с применением радиофармацевтических препаратов (РФП) на основе лигандов к простатспецифическому мембранному антигену (ПСМА).

ПСМА, известный как фолатгидролаза I или глутаматкарбоксипептидаза II, является антигеном мембран эпителиальных клеток ПЖ. Его экспрессия повышается по мере увеличения степени анаплазии опухолевых клеток при РПЖ, при метастатическом процессе и переходе заболевания в кастрационно-резистентную форму. Физиологический уровень экспрессии ПСМА ниже в 100–1000 раз и наблюдается в слезных и слюнных железах, слизистой оболочке верхних дыхательных путей, печени, почках, селезенке, кишечнике и симпатических ганглиях.

Наиболее широко используемым радионуклидом в качестве радиометки в составе РФП на основе лигандов к ПСМА является генераторный ^{68}Ga . Период полураспада ^{68}Ga — 67,7 мин, коммерческая доступность и компактность $^{68}\text{Ge}/^{68}\text{Ga}$ генератора с возможностью его использования в клиниках,

не оборудованных циклотроном, позволили популяризовать методику ПЭТ/КТ с ^{68}Ga -ПСМА. На настоящий момент этот РФП представлен тремя различными молекулами, которые внедрены в клиническую практику: ^{68}Ga -ПСМА-11, ^{68}Ga -ПСМА-617 и ^{68}Ga -ПСМА-I&T. Широкое распространение получил ^{68}Ga -ПСМА-11, в состав которого входит хелатор HBED-CC, образующий термодинамически стабильный комплекс с $^{68}\text{Ga}^{3+}$ при комнатной температуре. ПЭТ/КТ с ^{68}Ga -ПСМА-11 является востребованным инструментом для визуализации опухолевых очагов при биохимическом рецидиве (БХР) РПЖ, обладая высокой чувствительностью при относительно низких уровнях простатспецифического антигена (ПСА) в сыворотке крови (57,9% при ПСА 0,2–0,5 нг/мл, 72,7% при ПСА 0,5–1 нг/мл, 93% при ПСА 1–2 нг/мл, 96,8% при ПСА >2 нг/мл) [5]. Однако применение ^{68}Ga -ПСМА-11, как и аналогичных ему соединений, сопряжено с трудностями при визуализации локальных рецидивов РПЖ с помощью ПЭТ/КТ в результате физиологической экскреции РФП почками, его интенсивного накопления в мочевом пузыре и экранирования мелких очагов в этой области. Кроме того, в практике имеют место случаи ложноположительных результатов при задержке радиоактивной мочи в области цистоуретрального анастомоза, а также ложноотрицательных результатов вследствие наличия у 5–8% пациентов фенотипа РПЖ, характеризующегося низкой экспрессией ПСМА [6].

Привлекательной перспективой является возможность фторирования лигандов к ПСМА ввиду ряда преимуществ циклотронного ^{18}F перед генераторным ^{68}Ga . Более высокая разрешающая способность ПЭТ с фторированными РФП, обусловленная меньшей энергией и, соответственно, более коротким пробегом в веществе испускаемых ядрами ^{18}F позитронов, позволяет более четко визуализировать мелкие очаги поражения [7]. Кроме того, вследствие более длительного периода полураспада ^{18}F (109,7 мин), в сравнении с ^{68}Ga (67,7 мин), и высокой производственной мощности циклотрона, в сравнении с генератором, применение ^{18}F в качестве радиометки обеспечивает возможность транспортировки РФП в отделения радионуклидной диагностики, не оснащенные собственной лабораторией радиохимического синтеза, а также позволяет проводить отсроченное сканирование, что в ряде случаев может помочь определить характер неоднозначных изменений.

Одним из перспективных ^{18}F -меченых агентов для ПЭТ/КТ является ^{18}F -ПСМА-1007, который

в дополнение к вышеперечисленным преимуществам обеспечивает оптимальную визуализацию малого таза и, в частности, ложа ПЖ после радикальной простатэктомии, ввиду относительно низкого уровня экскреции РФП почками.

терапии по радикальной программе с краткосрочной гормональной терапией или без нее. Дифференцировка опухоли по шкале Глисона составила от 6 до 9 баллов, медиана 7 баллов. Подробная характеристика пациентов представлена в табл. 1.

Характеристика пациентов

Таблица 1

Characteristics of the patients

Table 1

Параметр	n
Количество пациентов	26
Средний возраст, годы	69,1±7,1
Медиана ПСА, нг/мл	3,9 (0,5; 10)
Сумма баллов по шкале Глисона:	
6	3 (11,5%)
7	9 (34,6%)
8	3 (11,5%)
9	6 (23,1%)
неизвестно	5 (19,2%)
Предшествующее лечение:	
трансуретральная резекция предстательной железы (ТУР)	3 (11,5%)
радикальная простатэктомия (РПЭ)	16 (61,5%)
сальважная лимфаденэктомия (сЛАЭ)	2 (7,7%)
орхиэктомия	1 (3,9%)
лучевая терапия (ЛТ), в том числе дистанционная (ДЛТ) и стереотаксическая (СТЛТ)	15, в т.ч. 1 и 3 (57,7%)
радия хлорид [²²³ Ra]	1 (3,9%)
гормональная терапия (ГТ)	9 (34,6%)
химиотерапия (ХТ)	3 (11,5%)
деносумаб	1 (3,9%)
бисфосфонаты (БФ)	1 (3,9%)
Без лечения	4 (15,4%)

Несмотря на рост числа публикаций, посвященных применению ПЭТ/КТ с ¹⁸F-ПСМА-1007, на фоне ее активного внедрения в мировую клиническую практику, в литературе встречается небольшое количество исследований, посвященных оценке кинетики биораспределения ¹⁸F-ПСМА-1007 при ПЭТ/КТ с целью определения оптимального временного промежутка между введением РФП и началом сканирования. Это и послужило основанием для проведения данного исследования.

Материалы и методы. Одобрение этического комитета для проведения данного исследования не требовалось. Все пациенты подписали добровольное информированное согласие на участие в исследовании. В проспективный анализ были включены результаты ПЭТ/КТ с ¹⁸F-ПСМА-1007 26 пациентов с гистологически подтвержденным РПЖ, из которых 4 пациента — на этапе первичного стадирования, 10 — получавшие системное лечение и 12 — с БХР. Средний возраст пациентов составил 69,1±7,1 года, медиана ПСА — 3,9 (0,5; 10) нг/мл. БХР был диагностирован на основании следующих определений, используемых в настоящее время в мировой практике: повышение уровня ПСА в двух последовательных измерениях ≥0,2 нг/мл после радикальной простатэктомии и на 2 нг/мл выше надира после лучевой

¹⁸F-ПСМА-1007 вводился внутривенно из расчета 4 МБк на 1 кг массы тела пациента, средняя введенная активность составила 363±52,5 МБк. Сканирование выполнялось на томографе Biograph mCT 40 производства Siemens Healthineers после предварительного опорожнения мочевого пузыря непосредственно перед каждой укладкой пациента на стол томографа в два этапа. Каждый этап состоял из сбора данных бесконтрастной КТ для коррекции и анатомической ориентации данных ПЭТ и непосредственно ПЭТ, на втором этапе с дополнительным выполнением КТ с внутривенным введением рентгеноконтрастного препарата, сбор данных которой осуществлялся в венозную фазу. Первый этап выполнялся через 60 мин после введения РФП с зоной сканирования от теменной области до подошвенной поверхности стоп и продолжительностью сбора данных ПЭТ 2 мин на каждое положение стола на уровне туловища и 1 мин на уровне головы, шеи и нижних конечностей; второй этап — через 120 мин после введения РФП с зоной сканирования от теменной области до средней трети бедра и продолжительностью сбора данных ПЭТ — 2 мин на каждое положение стола на уровне туловища и 1 мин на уровне головы и шеи. Коррекция эмиссионных данных на ослабление и рассеивание аннигиляционного излучения окружающими тканями

осуществлялась с использованием данных бесконтрастной КТ. Реконструкция данных ПЭТ производилась в автоматическом режиме с помощью итерационного алгоритма 3D-OSEM (Ordered Subsets Expectation Maximization) с 3 итерациями и 21 подмножеством, с применением времяпролетной технологии (TOF — англ. Time of Flight), функции рассеяния точки (PSF — англ. point spread function), с использованием фильтра Гаусса с полной шириной на полумаксимуме — 7,0 мм, матрицы 256×256 с размерами одного вокселя 3,18×3,18×5 мм. Реконструкция данных КТ производилась с применением итеративного алгоритма реконструкции с толщиной реконструированных срезов 3,0 мм и инкрементом 2,5 мм для бесконтрастной фазы и 2,0 мм с инкрементом 1,5 мм для венозной фазы.

Анализ результатов обоих этапов сканирования проводился на рабочей станции с использованием пакета программного обеспечения SyngoVia версии 10.1.1.207 производства Siemens Healthineers в приложении MM Oncology независимо двумя радиологами со стажем работы более 5 лет. К патологическому относили любой очаг, характеризующийся уровнем накопления ^{18}F -ПСМА-1007 выше, чем в окружающих тканях, при этом не относящийся к физиологическому накоплению и проецируемый на структуры с потенциально возможным опухолевым поражением, в том числе без его признаков по данным КТ. Уровень накопления ^{18}F -ПСМА-1007 в патологических очагах оценивался с расчетом значений SUV_{max} (Maximum Standardized Uptake Value) при помощи ROI (Region of Interest) округлой формы, диаметром 1,0 см, центрированного относительно пикселя с максимальной интенсивностью сигнала. Уровень физиологического накопления ^{18}F -ПСМА-1007 оценивался с расчетом значений SUV_{mean} (Mean Standardized Uptake Value) при помощи ROI округлой формы в границах измеряемой структуры, диаметр которого варьировал в зависимости от области измерения: в паренхиме правой околоушной слюнной железы — 1,5 см; в паренхиме правой доли печени — 3,0 см; в паренхиме селезенки, просвете мочевого пузыря, средней ягодичной мышце справа, пуле крови на уровне брюшной аорты и костном мозге на уровне тела III поясничного позвонка — 2,0 см. С целью объективного представления качества изображений в критических зонах для каждого этапа сканирования дополнительно рассчитывался показатель TBR (Tumor-to-Background Ratio — отношение «очаг/фон») для очагов патологического накопления ^{18}F -ПСМА-1007 в ПЖ или ее ложе, а также в лимфатических узлах относительно физиологического накопления РФП в мочевом пузыре и пуле крови брюшной аорты, соответственно. Ввиду обнаружения у некоторых пациентов более одного лимфатического узла с патологическим накоплением ^{18}F -ПСМА-1007, расчет показателя TBR для пары

«лимфатический узел/пул крови» производился как среди всех соответствующих патологических очагов, так и среди пациентов, с использованием среднего значения SUV_{max} для всех очагов патологического накопления РФП в лимфатических узлах у каждого пациента.

Статистический анализ полученных данных был выполнен с использованием программного обеспечения SPSS Statistics 28 с целью оценки достоверности различия показателей SUV_{max} (для очагов патологического накопления ^{18}F -ПСМА-1007), SUV_{mean} (для физиологического накопления ^{18}F -ПСМА-1007) и TBR между двумя этапами сканирования. Для этого все значения SUV_{max} , SUV_{mean} и TBR, рассчитанные для обоих этапов сканирования, проверялись на нормальность распределения при помощи критерия Колмогорова–Смирнова. При условии нормального распределения результаты были представлены в виде $M \pm SD$, где M — среднее арифметическое значение показателя, SD — стандартное отклонение; при ином типе распределения — в виде $Me (Q_{0,25}; Q_{0,75})$, где Me — медиана, $Q_{0,25}$ — значения 25-го, $Q_{0,75}$ — 75-го перцентилей. В зависимости от того, отличалось распределение значений SUV_{max} , SUV_{mean} и TBR от нормального или соответствовало ему, применялся непараметрический критерий знаковых рангов Вилкоксона или параметрический t -критерий Стьюдента для зависимых выборок, соответственно. Только значения $p < 0,05$ принимались за достоверные.

Результаты. При оценке физиологического накопления ^{18}F -ПСМА-1007 в рамках сравнения результатов обоих этапов сканирования было отмечено достоверное снижение его уровня в пуле крови со среднего значения SUV_{mean} 1,5 (1,0; 1,73) до 0,9 (0,5; 0,9), $p < 0,001$; в просвете мочевого пузыря — с 2,6 (1,3; 3,6) до 1,7 (1,1; 2,8), $p < 0,05$; в средней ягодичной мышце справа — с 0,4 (0,35; 0,44) до 0,33 (0,3; 0,37), $p < 0,05$. При этом наблюдалось достоверное повышение уровня физиологического накопления ^{18}F -ПСМА-1007 в паренхиме печени со среднего значения SUV_{mean} 8,9±2,8 до 10,3±3,4, $p < 0,001$; в паренхиме селезенки — с 7,5±3,5 до 8,3±3,8, $p < 0,001$; в паренхиме правой околоушной слюнной железы — с 9,8±3,7 до 11,6±4,3, $p < 0,001$. В костном мозге накопление ^{18}F -ПСМА-1007 оставалось на постоянном уровне со средним значением SUV_{mean} , равным 1 (0,8; 1,3), $p = 0,917$ (табл. 2).

Общее количество очагов патологического накопления ^{18}F -ПСМА-1007, выявленных при первом этапе сканирования, составило 76 и сохранялось неизменным при втором этапе — новых очагов обнаружено не было. Со стороны всех 76 очагов было отмечено достоверное повышение уровня патологического накопления ^{18}F -ПСМА-1007 ко второму этапу сканирования со среднего значения SUV_{max} 4,6 (2,7; 7,7) до 5,25 (3,2; 9,0), из них: в 12

Таблица 2

Сравнение физиологического накопления ^{18}F -ПСМА-1007 через 60 и 120 мин после введения

Table 2

Comparison of the physiological ^{18}F -PSMA-1007 uptake at 60 and 120 minutes after administration

Локализация	Временной интервал, мин	M SUV _{mean} ±SD ^c Me SUV _{mean} (Q _{0,25} ; Q _{0,75}) ^d	p
Пул крови	60	1,5 (1,0; 1,7)	<0,001 ^b
	120	0,9 (0,5; 0,9)	
Мочевой пузырь	60	2,6 (1,3; 3,6)	<0,05 ^b
	120	1,7 (1,1; 2,8)	
Средняя ягодичная мышца справа	60	0,4 (0,35; 0,44)	<0,05 ^b
	120	0,3 (0,3; 0,37)	
Печень	60	8,9±2,8	<0,001 ^a
	120	10,3±3,4	
Околоушная слюнная железа справа	60	9,8±3,7	<0,001 ^a
	120	11,6±4,3	
Селезенка	60	7,5±3,5	<0,001 ^a
	120	8,3±3,8	
Костный мозг	60	1 (0,8; 1,3)	0,917
	120	1 (0,8; 1,3)	

^a — t-критерий Стьюдента для зависимых выборок; ^b — критерий знаковых рангов Вилкоксона; ^c — при нормальном распределении значений; ^d — при ненормальном распределении значений.

очагах в ПЖ или ее ложе — с 4,5 (3,3; 7,9) до 5,8 (4,1; 9,5) $p < 0,05$; в 26 очагах в лимфатических узлах — с 4,9±2,5 до 6,2±3,6, $p < 0,001$; в 33 очагах в костях — с 5,5±3,7 до 6,4±4,3, $p < 0,001$ (табл. 3).

(5; 10,1), $p < 0,001$ и по пациентам с 4,6 (2,7; 5,5) до 9,8 (4,9; 12,1), $p < 0,05$ (табл. 4, рис. 1–3).

Обсуждение. На сегодняшний день в зарубежной литературе представлено небольшое количество

Таблица 3

Сравнение патологического накопления ^{18}F -ПСМА-1007 через 60 и 120 мин после введения

Table 3

Comparison of the pathological ^{18}F -PSMA-1007 uptake at 60 and 120 minutes after administration

Локализация	Количество, n (%)	Временной интервал, мин	M SUV _{max} ±SD ^c Me SUV _{max} (Q _{0,25} ; Q _{0,75}) ^d	p
Все очаги	76 (100)	60	4,6 (2,7; 7,7)	<0,001 ^b
		120	5,25 (3,2; 9,0)	
Предстательная железа или ее ложе	12 (15,8)	60	4,5 (3,3; 7,9)	<0,05 ^b
		120	5,8 (4,1; 9,5)	
Лимфатические узлы	26 (34,2)	60	4,9±2,5	<0,001 ^a
		120	6,2±3,6	
Кости	33 (43,4)	60	5,5±3,7	<0,001 ^a
		120	6,4±4,3	
Висцеральные очаги	5 (6,6)	60	5,1 (2,1; 12,7)	0,098 ^b
		120	6,6 (2,9; 14,6)	

^a — t-критерий Стьюдента для зависимых выборок; ^b — критерий знаковых рангов Вилкоксона; ^c — при нормальном распределении значений; ^d — при ненормальном распределении значений.

Также было зафиксировано повышение уровня патологического накопления ^{18}F -ПСМА-1007 в 5 выявленных висцеральных очагах со среднего значения SUV_{max} 5,1 (2,1; 12,7) до 6,6 (2,9; 14,6), однако оно не являлось достоверным ($p = 0,098$). Среднее значение TBR достоверно увеличилось ко второму этапу сканирования как для отношения «предстательная железа или ее ложе/мочевой пузырь» с 1,7 (1,1; 4,7) до 3,6 (2,1; 9,5), $p < 0,05$, так и для отношения «лимфатический узел/пул крови» в рамках анализов по очагам с 2,8 (2,5; 5,2) до 6,2

исследований, посвященных оценке биораспределения ^{18}F -ПСМА-1007 при ПЭТ/КТ у пациентов с РПЖ, с целью определения оптимального временного промежутка между введением РФП и началом сканирования. Так, K. Rahbag и соавт. оценили динамику физиологического и патологического накопления ^{18}F -ПСМА-1007 при ПЭТ/КТ, выполненной в два этапа, через 60 и 120 мин после внутривенного введения РФП, у 40 пациентов с РПЖ, из которых 3 — на этапе первичного стадирования, 9 — с целью оценки эффективности лечения и 28 — с БХР.

Таблица 4

Сравнение показателя TBR через 60 и 120 мин после введения ¹⁸F-ПСМА-1007

Table 4

Comparison of the TBR values at 60 and 120 minutes after ¹⁸F-PSMA-1007 administration

	Количество (n)	Me TBR (Q0,25; Q0,75)	p
TBR «предстательная железа или ее ложе/мочевой пузырь»			
TBR 60	12	1,7 (1,1; 4,7)	<0,05 ^a
TBR 120		3,6 (2,1; 9;5)	
Анализ по очагам для TBR «лимфатический узел/пул крови»			
TBR 60	26	2,8 (2,5; 5,2)	<0,001 ^a
TBR 120		6,2 (5; 10,1)	
Анализ по пациентам для TBR «лимфатический узел/пул крови»			
TBR 60	10	3,2 (2,6; 3,5)	<0,05 ^a
TBR 120		6,2 (5,1; 10,2)	

^a — критерий знаковых рангов Вилкоксона.

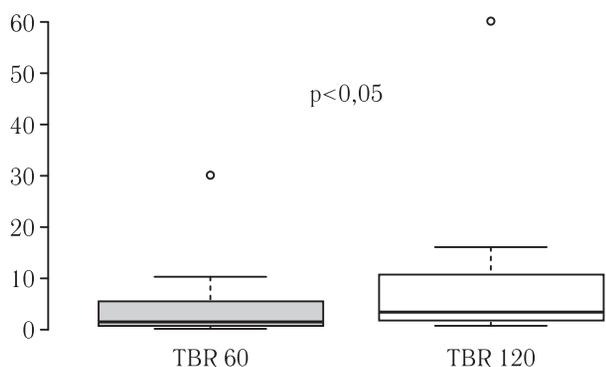


Рис. 1. Диаграмма размаха среднего значения TBR для отношения «предстательная железа или ее ложе/мочевой пузырь» через 60 и 120 мин после введения ¹⁸F-ПСМА-1007

Fig. 1. Box and whiskers plot describing the mean TBR value for the ratio «prostate or prostate bed/urinary bladder» at 60 and 120 minutes after ¹⁸F-PSMA-1007 administration

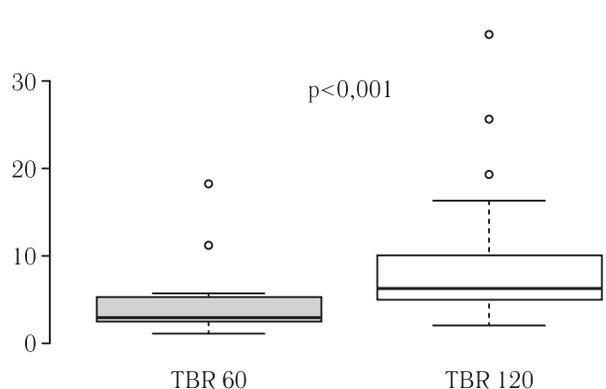


Рис. 2. Диаграмма размаха среднего значения TBR для отношения «лимфатический узел/пул крови» через 60 и 120 мин после введения ¹⁸F-ПСМА-1007: анализ по очагам

Fig. 2. Box and whiskers plot describing the mean TBR value for the ratio «lymph node/aortic blood pool» at 60 and 120 minutes after ¹⁸F-PSMA-1007 administration: per-lesion analysis

Средний уровень ПСА составил 35,4 (0,03–939) нг/мл, дифференцировка опухоли по шкале

Глисона — от 7 до 10 баллов. Всего было выявлено 136 очагов патологической гиперфиксации РФП, из которых 135 определялись на обоих этапах сканирования, а один очаг, локализующийся в тазовом лимфатическом узле, достоверно визуализировался только при сканировании через 120 мин после внутривенного введения РФП. Кроме того, было отмечено достоверное повышение уровня накопления РФП в патологических очагах ко второму этапу сканирования. Опираясь на полученные результаты, авторы пришли к выводу о целесообразности применения временного интервала в 120 мин между внутривенным введением ¹⁸F-ПСМА-1007 и началом сканирования при ПЭТ/КТ у пациентов с РПЖ [8].

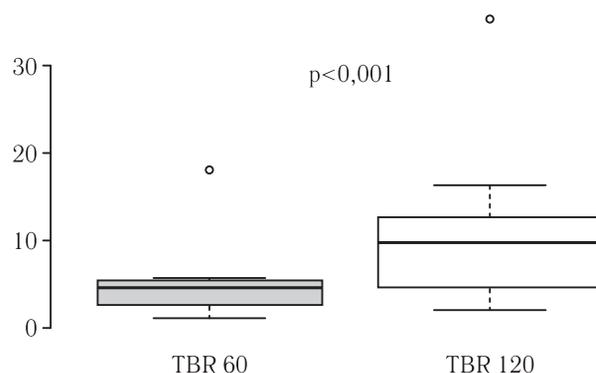


Рис. 3. Диаграмма размаха среднего значения TBR для отношения «лимфатический узел/пул крови» через 60 и 120 мин после введения ¹⁸F-ПСМА-1007: анализ по пациентам

Fig. 3. Box and whiskers plot describing the mean TBR value for the ratio «lymph node/aortic blood pool» at 60 and 120 minutes after ¹⁸F-PSMA-1007 administration: per-patient analysis

Согласно результатам настоящего исследования, при втором этапе сканирования новых очагов патологического накопления ¹⁸F-ПСМА-1007 выявлено не было, что не позволяет высказаться в пользу целесообразности рутинного применения временного интервала в 120 мин, в том числе в силу нерацио-

нального использования ресурсов отделения и рабочего времени медицинского персонала. Однако настоящее исследование, как и вышеупомянутая работа К. Rahbar и соавт., имеет ряд ограничений в виде отсутствия морфологической верификации патологических очагов и малой выборки пациентов. Последнее позволяет предположить, что в более крупной группе обследуемых пациентов не исключена вероятность появления новых очагов патологического накопления ^{18}F -ПСМА-1007 при сканировании через 120 мин после внутривенного введения РФП. Это обуславливает необходимость проведения дальнейших исследований с целью накопления материальной базы и обоснованного подхода к выбору временного интервала между введением РФП и началом сканирования.

М. Al-Daas и соавт. в исследовании, выполненном на 15 пациентах с аналогичными целью и временными интервалами, не выявили достоверных различий между двумя этапами сканирования в рамках полуквантитативной оценки очагов патологического

накопления ^{18}F -ПСМА-1007. Однако было зафиксировано снижение уровня физиологического накопления РФП в мочевом пузыре ко второму этапу сканирования, приводящее к увеличению показателя «очаг/фон», что, по мнению авторов, улучшает качество получаемых изображений и повышает достоверность интерпретируемых результатов [9]. Сходные результаты были получены в исследовании S. Chen и соавт. на 11 пациентах, которым была выполнена ПЭТ/КТ в тех же временных точках: новых очагов патологической гиперфиксации ^{18}F -ПСМА-1007 при сканировании через 120 мин после введения РФП выявлено не было; при этом отмечалось повышение уровня накопления РФП во всех патологических очагах в среднем на 22% на фоне снижения его физиологического накопления в пуле крови на 31%, приводящие к увеличению отношения «очаг/фон» и, соответственно, улучшению качества изображений при визуализации очагов поражения РПЖ [10].

Согласно результатам настоящего исследования было отмечено увеличение среднего значения ТВВ

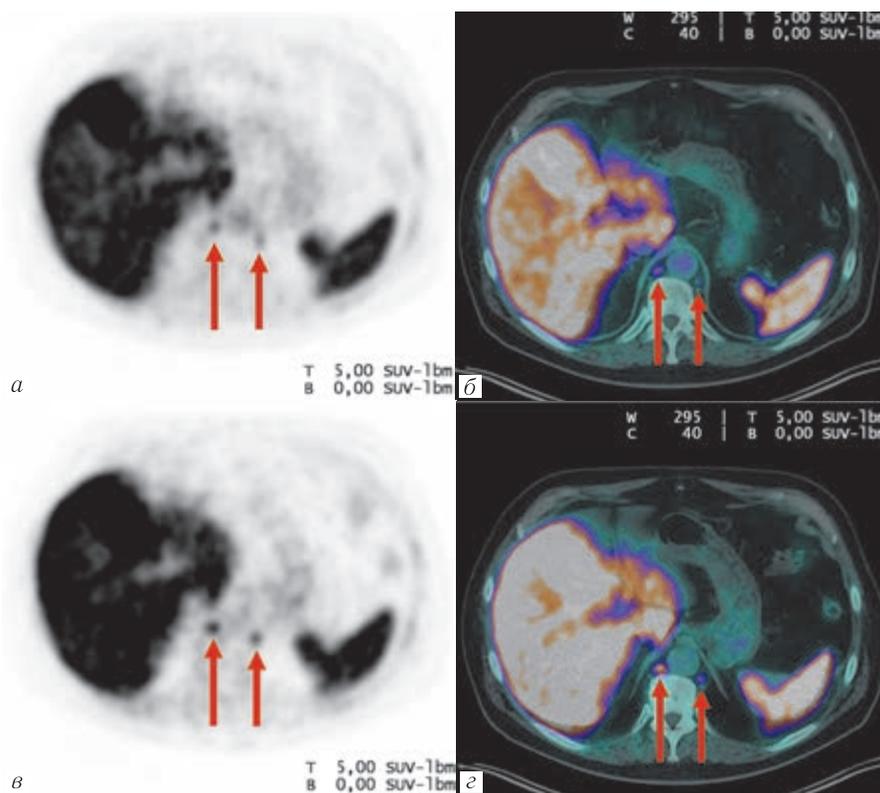


Рис. 4. ПЭТ/КТ с ^{18}F -ПСМА-1007 у пациента 68 лет с диагнозом РПЖ (pT3aN0M0, сумма баллов по шкале Глисона — 9 (4+5)) с повышенным уровнем ПСА (10,2 нг/мл на момент исследования) на фоне ранее проведенных РПЭ, адъювантной ДЛТ на ложе удаленной предстательной железы, ГТ, ДЛТ на область тазовых лимфатических узлов, СЛЛТ метастатических очагов в костях. На аксиальных томограммах ПЭТ и ПЭТ/КТ через 60 мин (а, б) и 120 мин (в, г) после введения РФП визуализируются очаги патологического накопления ^{18}F -ПСМА-1007 в ретрокруральных лимфатических узлах (красные стрелки), отмечается увеличение значения SUV_{max} ко второму этапу сканирования: с 4,0 до 5,8 (справа), с 2,2 до 3,3 (слева)

Fig. 4. ^{18}F -PSMA-1007 PET/CT of 68-year-old patient with PCa (pT3aN0M0, Gleason score 9 (4+5)) with rise of PSA value (10,2 ng/ml at the time of this study) and history of radical prostatectomy, postoperative prostate bed external beam radiation therapy, androgen-deprivation therapy, pelvic lymph node external beam radiation therapy, metastatic bone lesions stereotactic body radiation therapy. Axial PET and PET/CT images at 60 (a, б) and 120 minutes (в, г) after ^{18}F -PSMA-1007 administration show foci of intense pathological uptake in retrocrural lymph nodes (red arrows). There is an increase of SUV_{max} values from 60 to 120 minutes scan: 4,0 to 5,8 (right), 2,2 to 3,3 (left)

ко второму этапу сканирования за счет повышения интенсивности в очагах патологического накопления РФП относительно снижения физиологического накопления РФП в мочевом пузыре и пуле крови, что свидетельствует о более высоком качестве изображений, получаемых через 120 мин после внутривенного введения ^{18}F -ПСМА-1007 (рис. 4).

Заключение. Результаты настоящего исследования свидетельствуют о достоверно более высоком качестве изображений, получаемых через 120 мин после внутривенного введения ^{18}F -ПСМА-1007 при ПЭТ/КТ у пациентов с РПЖ, в сравнении с 60-

минутным интервалом. Несмотря на это, в данной выборке пациентов отсутствуют клинические преимущества 120-минутного временного интервала, что, совместно с наличием ассоциированных временных затрат, не позволяет рекомендовать его для рутинного применения, ввиду чего 60-минутный интервал представляется предпочтительным. Однако при получении сомнительных результатов при сканировании через 60 мин после введения ^{18}F -ПСМА-1007 оправдано проведение отсроченного сканирования с целью повышения достоверности при интерпретации выявленных изменений.

Сведения об авторах:

Леонтьев Алексей Викторович — кандидат медицинских наук, заведующий отделением радионуклидной диагностики федерального государственного бюджетного учреждения «Московский научно-исследовательский онкологический институт имени П. А. Герцена» Министерства здравоохранения Российской Федерации — филиала федерального государственного бюджетного учреждения «Национальный медицинский исследовательский центр радиологии» Министерства здравоохранения Российской Федерации; 125284, Москва, 2-и Боткинский проезд, д. 3; e-mail: aleksleont@yandex.ru; ORCID 0000-0002-4282-0192;

Халимон Александр Игоревич — врач-радиолог отделения радионуклидной диагностики федерального государственного бюджетного учреждения «Московский научно-исследовательский онкологический институт имени П. А. Герцена» Министерства здравоохранения Российской Федерации — филиала федерального государственного бюджетного учреждения «Национальный медицинский исследовательский центр радиологии» Министерства здравоохранения Российской Федерации; 125284, Москва, 2-и Боткинский проезд, д. 3; e-mail: markyhaws@gmail.com; ORCID 0000-0002-8905-4202;

Ходжибекова Малика Маратовна — доктор медицинских наук, врач-радиолог отделения радионуклидной диагностики федерального государственного бюджетного учреждения «Московский научно-исследовательский онкологический институт имени П. А. Герцена» Министерства здравоохранения Российской Федерации — филиала федерального государственного бюджетного учреждения «Национальный медицинский исследовательский центр радиологии» Министерства здравоохранения Российской Федерации; 125284, Москва, 2-и Боткинский проезд, д. 3; e-mail: malika_25@mail.ru; ORCID 0000-0002-2172-5778;

Кулиев Магомед Темирланович — врач-радиолог отделения радионуклидной диагностики федерального государственного бюджетного учреждения «Московский научно-исследовательский онкологический институт имени П. А. Герцена» Министерства здравоохранения Российской Федерации — филиала федерального государственного бюджетного учреждения «Национальный медицинский исследовательский центр радиологии» Министерства здравоохранения Российской Федерации; 125284, Москва, 2-и Боткинский проезд, д. 3; e-mail: kul502@yandex.ru; ORCID 0000-0002-3508-1782;

Пузакин Евгений Владимирович — врач-радиолог отделения радионуклидной диагностики Центра ядерной медицины федерального государственного бюджетного учреждения «Федеральный научно-клинический центр медицинской радиологии и онкологии Федерального медико-биологического агентства»; 433510, Димитровград, Ульяновская область, ул. Курчатова, д. 5в; ассистент кафедры радиотерапии и радиологии имени академика А. С. Павлова федерального государственного образовательного учреждения дополнительного профессионального образования «Российская медицинская академия непрерывного профессионального образования» Министерства здравоохранения Российской Федерации; e-mail: e.puzakin@gmail.com; ORCID 0000-0002-0567-6646;

Хаммадева Гульнара Фаридовна — врач-радиолог отделения радионуклидной диагностики федерального государственного бюджетного учреждения «Московский научно-исследовательский онкологический институт имени П. А. Герцена» Министерства здравоохранения Российской Федерации — филиала федерального государственного бюджетного учреждения «Национальный медицинский исследовательский центр радиологии» Министерства здравоохранения Российской Федерации; 125284, Москва, 2-и Боткинский проезд, д. 3; e-mail: gulnara116@yandex.ru; ORCID 0000-0002-4864-0643;

Антоновская Тамара Леонтьевна — врач-радиолог отделения радионуклидной диагностики федерального государственного бюджетного учреждения «Московский научно-исследовательский онкологический институт имени П. А. Герцена» Министерства здравоохранения Российской Федерации — филиала федерального государственного бюджетного учреждения «Национальный медицинский исследовательский центр радиологии» Министерства здравоохранения Российской Федерации; 125284, Москва, 2-и Боткинский проезд, д. 3; e-mail: dtamara.doc@gmail.com; ORCID 0000-0002-1255-2991;

Лохова Ангелина Валерьевна — лаборант отдела лучевой диагностики федерального государственного бюджетного учреждения «Московский научно-исследовательский онкологический институт имени П. А. Герцена» Министерства здравоохранения Российской Федерации — филиала федерального государственного бюджетного учреждения «Национальный медицинский исследовательский центр радиологии» Министерства здравоохранения Российской Федерации; 125284, Москва, 2-и Боткинский проезд, д. 3; e-mail: angelina.lokhova@yandex.ru; ORCID 0000-0001-6931-4698.

Information about the authors:

Alexey V. Leontyev — Cand. of Sci. (Med.), Head of Nuclear Medicine Department of Moscow Research Oncology Institute named after P. A. Herzen — branch of «National Medical Research Center of Radiology» of the Ministry of Health of the Russian Federation; 3, 2nd Botkinskij proezd; 125284, Moscow, Russia; e-mail: aleksleont@yandex.ru; <https://orcid.org/0000-0002-4282-0192>;

Alexander I. Khalimon — Nuclear medicine physician of Nuclear Medicine Department of Moscow Research Oncology Institute named after P. A. Herzen — branch of «National Medical Research Center of Radiology» of the Ministry of Health of the Russian Federation; 3, 2nd Botkinskij proezd; 125284, Moscow, Russia; e-mail: markyhaws@gmail.com; ORCID 0000-0002-8905-4202;

Malika M. Khodzhibekova — Dr. of Sci. (Med.), nuclear medicine physician of Moscow Research Oncology Institute named after P. A. Herzen — branch of «National Medical Research Center of Radiology» of the Ministry of Health of the Russian Federation; 3, 2nd Botkinskij proezd; 125284, Moscow, Russia; e-mail: malika_25@mail.ru; ORCID 0000-0002-2172-5778;

Magomed T. Kuliev — nuclear medicine physician of Nuclear Medicine Department of Moscow Research Oncology Institute named after P. A. Herzen — branch of «National Medical Research Center of Radiology» of the Ministry of Health of the Russian Federation; 3, 2nd Botkinskij proezd; 125284, Moscow, Russia; e-mail: kul502@yandex.ru; ORCID 0000-0002-3508-1782;

Evgenii V. Puzakin — nuclear medicine physician of Nuclear Medicine Department of Nuclear Medicine Center of Federal Scientific Clinical Center of Medical Radiology and Oncology of FMBA of Russia; 5v, Kurchatova st., 433510, Dimitrovgrad, Russia. Assistant of Department of Radiotherapy and Radiology named after academician A. S. Pavlov of Federal State Budgetary Educational Institution of Further Professional Education «Russian Medical Academy of Continuous Professional Education» of the Ministry of Healthcare of the Russian Federation; e-mail: e.puzakin@gmail.com; ORCID 0000-0002-0567-6646;

Gulnara F. Khamadeeva — nuclear medicine physician of Nuclear Medicine Department of Moscow Research Oncology Institute named after P. A. Herzen — branch of «National Medical Research Center of Radiology» of the Ministry of Health of the Russian Federation; 3, 2nd Botkinskij proezd; 125284, Moscow, Russia; e-mail: gulnara116@yandex.ru; <https://orcid.org/0000-0002-4864-0643>;

Tamara L. Antonovskaya — nuclear medicine physician of Nuclear Medicine Department of Moscow Research Oncology Institute named after P. A. Herzen — branch of «National Medical Research Center of Radiology» of the Ministry of Health of the Russian Federation; 3, 2nd Botkinskij proezd; 125284, Moscow, Russia; e-mail: dtamara.doc@gmail.com; ORCID 0000-0002-1255-2991;

Angelina V. Likhova. Assistant of Radiology Department of Moscow Research Oncology Institute named after P. A. Herzen — branch of «National Medical Research Center of Radiology» of the Ministry of Health of the Russian Federation; 3, 2nd Botkinskij proezd; 125284, Moscow, Russia; e-mail: angelina.lokhova@yandex.ru; ORCID 0000-0001-6931-4698.

Вклад авторов. Все авторы подтверждают соответствие своего авторства, согласно международным критериям ICMJE (все авторы внесли существенный вклад в разработку концепции, проведение исследования и подготовку статьи, прочли и одобрили финальную версию перед публикацией). Наибольший вклад распределен следующим образом: концепция и план исследования — А. В. Леонтьев, А. И. Халимон, М. М. Ходжибекова; сбор и математический анализ данных — М. Т. Кудиев, Е. В. Пузакин, Т. Л. Антоновская; подготовка рукописи — Г. Ф. Хамадеева, А. В. Лохова.

Authors' contributions. All authors met the ICMJE authorship criteria. Special contribution: AVL, AIK, MMK aided in the concept and plan of the study; MTK, TLA, AVL provided collection and mathematical analysis of data; EVP, GFK provided preparation of the manuscript.

Потенциальный конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Disclosure. The author declares no conflict of interest.

Соответствие принципам этики. Одобрение этического комитета для проведения данного исследования не требовалось. Все пациенты подписали добровольное информированное согласие на участие в исследовании.

Adherence to ethical standards. The approval of the Ethics Committee for this study wasn't required. All patients gave written voluntary informed consent to participate in the study.

Поступила/Received: 18.10.2022

Принята к печати/Accepted: 20.01.2023

Опубликована/Published: 29.03.2023.

ЛИТЕРАТУРА/REFERENCES

- Bray F., Ferlay J., Soerjomataram I. et al. Global cancer statistics 2018: GLOBOCAN estimates of incidence and mortality worldwide for 36 cancers in 185 countries // *CA: A Cancer Journal for Clinicians*. 2018. Vol. 68, Issue 6. P. 394–424. doi: 10.3322/caac.21492.
- Каприн А.Д., Старинский В.В., Петрова Г.В. *Злокачественные новообразования в России в 2018 году (заболеваемость и смертность)*. Москва: МНИОИ им. П. А. Герцена — филиал ФГБУ «НМИЦ радиологии» Минздрава России, 2019. 250 с. [Kaprin A.D., Starinsky V.V., Petrova G.V. *Malignant neoplasms in Russia in 2018 (morbidity and mortality)*. Moscow: MNIOI im. P. A. Herzen — branch of the Federal State Budgetary Institution «NMITS Radiology» of the Ministry of Health of Russia, 2019. 250 p. (In Russ.)].
- Каприн А.Д., Старинский В.В., Шахзадова А.О. *Злокачественные новообразования в России в 2019 году (заболеваемость и смертность)*. М.: МНИОИ им. П. А. Герцена — филиал ФГБУ «НМИЦ радиологии» Минздрава России, 2020. 252 с. [Kaprin A.D., Starinsky V.V., Shakhzadova A.O. *Malignant neoplasms in Russia in 2019 (morbidity and mortality)*. Moscow: MNIOI im. P. A. Herzen — branch of the Federal State Budgetary Institution «NMITS Radiology» of the Ministry of Health of Russia, 2020. 252 p. (In Russ.)].
- Bray F., Ferlay J., Soerjomataram I. et al. Global cancer statistics 2020: GLOBOCAN estimates of incidence and mortality worldwide for 36 cancers in 185 countries // *CA: A Cancer Journal for Clinicians*. 2021. Vol. 68, Issue 6. pp. 394–424. doi: 10.3322/caac.21660.
- Eiber M., Maurer T., Souvatzoglou M. et al. Evaluation of hybrid ⁶⁸Ga-PSMA ligand PET/CT in 248 patients with biochemical recurrence after radical prostatectomy // *The Journal of Nuclear Medicine*. 2015. Vol. 56. P. 668–674. doi: 10.2967/jnumed.115.154153.
- Maurer T., Gschwend J.E., Rauscher I. et al. Diagnostic Efficacy of (68)Gallium-PSMA Positron Emission Tomography Compared to Conventional Imaging for Lymph Node Staging of 130 Consecutive Patients with Intermediate to High Risk Prostate Cancer // *Journal of Urology*. 2016. Vol. 195, Issue 5. P. 1436–1443. doi: 10.1016/j.juro.2015.12.025.
- Sanchez-Crespo A. Comparison of gallium-68 and fluorine-18 imaging characteristics in positron emission tomography // *Applied Radiation and Isotopes*. 2013. Vol. 76. P. 55–62. doi: 10.1016/j.apradiso.2012.06.034.
- Rahbar K., Afshar-Oromieh A., Bögemann M. et al. ¹⁸F-PSMA-1007 PET/CT at 60 and 120 minutes in patients with prostate cancer: biodistribution, tumour detection and activity kinetics // *European Journal of Nuclear Medicine and Molecular Imaging*. 2018. Vol. 45, Issue 8. P. 1329–1334. doi: 10.1007/s00259-018-3989-0.
- Al-Daas M., Al-Enezi B., Sdeeg M. et al. Comparative assessment of ¹⁸F-PSMA-1007 PET/CT biodistribution in prostate cancer at 60 and 120 minutes: Quantitative analysis // *The Journal of Nuclear Medicine*. 2019. Vol. 60. P. 3051.
- Chen S., Wong Y.H., Tsoi T.T. et al. Preliminary comparative study between ¹⁸F-PSMA-1007 and ⁶⁸Ga-PSMA-11 PET/CT in patients with prostate cancer: biodistribution and tumor detection // *Journal of Nuclear Medicine*. 2019. Vol. 60. P. 590.

БИБЛИОТЕКА ЖУРНАЛА «ЛУЧЕВАЯ ДИАГНОСТИКА И ТЕРАПИЯ»



Руководство для врачей предназначено для подготовки врачей — лучевых диагностов и врачей-клиницистов по вопросам современных подходов к получению и анализу лучевых изображений в соответствии с критериями, принятыми в международной клинической практике, а также требованиями, предъявляемыми к формированию структурированных отчетов. Такой подход обеспечивает повышение качества выполняемых исследований, интерпретации изображений и достоверности заключений, а также способствует улучшению междисциплинарной коммуникации. Настоящее издание является логическим продолжением руководств для врачей «Современные стандарты анализа лучевых изображений» (2017), «Современные классификации RADS и принципы построения заключения» (2018), «Современные стандарты анализа лучевых изображений и принципы построения заключения» (2019), «Современные стандарты анализа лучевых изображений и алгоритмы построения заключения» (2020, 2021, 2022). При его подготовке были использованы материалы, обсуждавшиеся на одноименной Международной ежегодной телеконференции 13 декабря 2022 в Санкт-Петербурге.

Руководство для врачей «Современные стандарты анализа лучевых изображений и принципы построения заключения. Том VII» может использоваться для подготовки в системе последиplomного и дополнительного профессионального образования, а также в системе ОМС и ДМС для контроля качества оказываемой медицинской помощи.

Приобрести книгу можно

по тел.: +7 (812) 956-92-55 и на сайте издательства <https://www.bmoc-spb.ru/>