

М.В. Игнатова, М.С. Глостанова, А.А. Станжевский

Первый опыт выполнения совмещенной позитронно-эмиссионной с компьютерной томографией с простатспецифическим мембранным антигеном, меченым галлием-68, у пациентов с минимальным уровнем простатспецифического антигена после радикальной простатэктомии

ФГБУ «РНЦРХТ им. ак. А. М. Гранова» Минздрава России, Санкт-Петербург

Для оценки диагностических возможностей нового рецептор специфического радиофармпрепарата (РФП)— простатспецифического мембранного антигена, меченого галлием-68 (^{68}Ga -ПСМА) 66 больным раком предстательной железы (РПЖ) после радикальной простатэктомии была выполнена совмещенная позитронно-эмиссионная с компьютерной томографией (ПЭТ/КТ). В 61/66 случаев уровень ПСА составлял 0,2-1,0 нг/мл, в 5/66 не превышал 0,2 нг/мл. Обработка результатов заключалась в визуальном анализе изображений. У 45/66 пациентов при ПЭТ выявлены очаги гиперфиксации РФП. При этом структурные изменения при КТ определялись только у 34/45 больных. ПСМА-позитивные случаи, не сопровождающиеся рентгенологическими находками, были отнесены к ложноположительным результатам. Показатели информативности ПЭТ/КТ без учета рентгенологических параметров ПСМА-позитивных изменений, имели большую диагностическую значимость метода у этой категории больных. ПЭТ/КТ с ^{68}Ga -ПСМА является перспективным методом диагностики биохимического рецидива РПЖ при низких значениях ПСА.

Ключевые слова: ПЭТ/КТ, ^{68}Ga -ПСМА, радиофармпрепарат, рак предстательной железы, биохимический рецидив, онкология, урология

Введение

На сегодняшний день диагностика биохимического рецидива рака предстательной железы после радикальной простатэктомии является непростой задачей, поставленной перед врачами разных специальностей. По данным Европейской ассоциации урологов в течение 10 лет после оперативного лечения опухолевого заболевания рецидив диагностируется в 23-57% случаев [1]. Кроме того, согласно данным некоторых исследователей, через 5 лет после выявления лабораторных признаков биохимического рецидива рака предстательной железы в груп-

пе пациентов после радикальной простатэктомии прогрессирование заболевания приводит к смерти 4%, а через 15 лет—15% больных [2]. Международным критерием развития биохимического рецидива после хирургического лечения принято считать повышение простатспецифического антигена более 0,2 нг/мл при двух последовательных измерениях. Однако лабораторные признаки рецидива опухоли в подавляющем большинстве случаев предшествуют возможности его визуальной диагностики с помощью известных визуализирующих методик. Это представляет собой большую проблему, поскольку знание распространенности процесса напрямую влияет на тактику лечения пациента. Для оказания эффективной помощи больному необходимо дифференцировать местный рецидив заболевания и генерализацию процесса (системный рецидив), которые встречаются в реальной клинической практике приблизительно в равном проценте случаев.

Особенную сложность для диагностики составляет группа пациентов с низкими значениями простатспецифического антигена (ПСА) до 1 нг/мл. До последнего времени золотым стандартом диагностики биохимического рецидива при раке предстательной железы считалась магнитно-резонансная томография (МРТ) [3]. Однако развитие современной науки и внедрение высокотехнологичных методов, таких как позитронно-эмиссионная томография, совмещенная с компьютерной томографией (ПЭТ/КТ) с различными радиофармпрепаратами (РФП) позволили по-новому взглянуть на проблему диагностики онкологических заболеваний, в частности рака предстательной железы. На протяжении последних лет в качестве основного радиофармпрепарата для ПЭТ/КТ широко использовался ^{11}C -холин—индикатор метаболизма жирных кислот. Тем не менее, при низких значениях ПСА (менее 3 нг/мл) специфичность данного радиофармпрепарата в целом не превышала 40-60% [4]. Таким образом, разработка нового рецептор специфического препарата—простатспецифического мембранного антигена, мечен-

ного ^{68}Ga (^{68}Ga -ПСМА), дала возможность визуализации рецидива рака предстательной железы даже при низких значениях ПСА.

^{68}Ga -ПСМА—это радиофармпрепарат с периодом полураспада 67,2 минуты, получаемый с помощью $^{68}\text{Ga}/^{68}\text{Ge}$ генератора, являющийся аналогом ингибитора простатспецифического мембранного антигена. В злокачественных клетках при раке предстательной железы рецептор ПСМА представляет собой маркер ангиогенеза и в 90-100% представлен на поверхности опухолевой клетки.

Ga-пептиды не участвуют в метаболизме клеток опухоли, а предоставляют информацию о наличии ПСМА рецепторов. В здоровых клетках предстательной железы экспрессия рецепторов ПСМА присутствует на апикальной поверхности эпителиальной клетки и части ее цитоплазмы, окружающей простатические протоки. При развитии патологии ПСМА перемещается с апикальной мембраны на просветную поверхность протоков. Также ПСМА присутствует при неоваскуляризации некоторых солидных опухолей (толстая и тонкая кишка, молочные железы, почки, мочевого пузыря), в НЭО и мезенхимальных опухолях (саркомы мягких тканей), злокачественных меланомах и глиомах. Кроме того, рецептор имеется на поверхности астроцитов в центральной нервной системе, и называется глутаматкарбоксипептидаза 2 типа. ПСМА-рецепторы в меньшей степени представлены в норме на поверхности клеток таких органов как слюнные и слезные железы, печень и селезенка, тонкий и толстый кишечник, а также в здоровой предстательной железе.

Рецептор ПСМА—трансмембранный гликопротеин II типа, имеющий интра—(19 АК), транс—(24 АК), экстрацеллюлярно (707-АК) расположенные порции аминокислотных остатков [5]. Выявление субстрата каталитических сайтов (эпитопов) ПСМА во внеклеточном домене дало возможность разработки низкомолекулярных ингибиторов, которые связывались бы с ними с высокой аффинностью. В качестве хелатора возможно использование соединения—HBED-CC (N,N'-bis[2-hydroxy-5(carboxyethyl)-benzyl] ethylene diamine N,N'-diacetic acid)—один из широко распространенных агентов для ПЭТ, в основном используется для ПСМА-11 и DOTA—tris (tert—butyl ester) — (1,4,7,10—tetraazacyclododecane—1,4,7,10—tetraacetic acid tri—tert—butyl ester; Tri—tert—butyl 1,4,7,10—tetraazacyclododecane—1,4,7,10—tetraacetate) для ПСМА-617 [6]. $^{68}\text{Ga}^{3+}$ получают с помощью $^{68}\text{Ga}/^{68}\text{Ge}$ радионуклидного генератора с применением пирогаллоловых смол [7]. В процессе синтеза вещества происходит соединение специфического ПСМА фармакофора на

основе мочевины и конъюгата с внесенной Ga меткой. Внесение метки и стерилизация ПСМА-лиганда происходит на автоматизированном модуле при комнатной температуре. Конечный продукт получают в виде стерильного изотонического фосфатно-солевого буферного раствора.

Механизм действия РФП состоит в специфическом взаимодействии низкомолекулярного ПСМА-агента на основе мочевины с рецептором ПСМА, в результате чего происходит надежная интернализация комплекса в злокачественную клетку, который либо удерживается в составе лизосом, либо освобождается в цитоплазму. Степень интернализации РФП до сих пор полностью не изучена.

ПСМА является идеальной мишенью для молекулярной визуализации (получения изображений) поскольку имеет повышенную экспрессию на клеточных мембранах практически всех простатических тканей по сравнению с нормальными клетками. Важно отметить значительное повышение экспрессии рецепторов на поздних стадиях болезни, к примеру, при гормон-резистентных раках, что может быть использовано как при определении прогноза, так и служить идентификатором прогрессии заболевания [8]. Дополнительно внеклеточный участок рецептора ПСМА потенциально удобен для использования в радиотерапии. В связи с этим, разработка ^{68}Ga -ПСМА является перспективным направлением современной медицины.

Цель

Анализ диагностических возможностей ПЭТ/КТ с ^{68}Ga -ПСМА у пациентов с минимальным уровнем простатспецифического антигена после радикальной простатэктомии.

Материалы и методы

С октября 2016 по июнь 2017 года комплексное лучевое обследование, включающее ПЭТ/КТ с ^{68}Ga -ПСМА, было выполнено 66 больным раком предстательной железы (РПЖ) после радикальной простатэктомии на базе Российского научного центра радиологии и хирургических технологий имени академика А.М. Гранова Минздрава России. Исследование соответствует Хельсинкской декларации, принятой в июне 1964 г. (Хельсинки, Финляндия) и пересмотренной в октябре 2000 г. (Эдинбург, Шотландия), и одобрено Этическим комитетом Российского научного центра радиологии и хирургических технологий Минздрава России. Перед проведением исследования все пациенты заполнили письменное информированное согласие на анонимное использование и публикацию их данных.

В исследовании принимали участие мужчины в возрасте от 50 до 75 лет, медиана составила 60 лет (табл. 1). В исследование были включены пациенты, которым была выполнена радикальная простатэктомия. 16 из 66 больным кроме оперативного вмешательства проведена лучевая терапия. В 13 из 66 случаев лечение дополнено гормональ-

ной терапией. У всех обследованных нами больных уровень ПСА не превышал 1 нг/мл. В 61 из 66 случаев уровень ПСА составлял 0,2-1,0 нг/мл, что свидетельствовало о биохимическом рецидиве РПЖ, в 5-ти не превышал 0,2 нг/мл, исследование выполнялось с превентивной целью.

Перед ПЭТ/КТ всем пациентам внутривенно вводили диагностическую дозу ⁶⁸Ga-ПСМА из расчета 2 МБк на 1 кг массы тела больного (не менее 100 МБк). Следует добавить, что в 2014 году в Российском научном центре радиологии и хирургических технологий Минздрава России был разработан модуль для синтеза пептидов, меченных ⁶⁸Ga, — Gerat13-⁶⁸Ga [9]. С 2015 года в активное клиническое применение вошел получаемый генераторным способом ⁶⁸Ga-ДОТА-ТАТЕ, и уже с сентября 2016 года впервые в нашей стране — ⁶⁸Ga-ПСМА (10). ⁶⁸Ga /⁶⁸Ge генератор сконструирован с использованием мембранных клапанов, соединенных капиллярами, и дополнительно адаптирован для работы с генераторными РФП. Ближайшие его аналоги — модули синтеза серии Tracerlab (General Electric, США). Длительность синтеза РФП составляет не более 15 мин. Получаемый РФП стерилен и апирогенен, радиохимическая чистота — не менее 95%, радионуклидная чистота — не менее 99,9%.

Таблица 1. Характеристики пациентов

Характеристика	Значение
Возраст (годы) (n=66)	
Среднее значение	62
Медиана	60 (50 – 75)
Уровень Глисона (6 - 10 баллов)	
Среднее значение	8.0
Медиана	7
Уровень простатспецифического антигена (нг/ мл)	
Среднее значение	0,634
Медиана	0, 5746 (0,02 – 1,0)
Радикальная простатэктомия с тазовой лимфаденэктомией (РПЭ)	66 (100%)
РПЭ + Дистанционная лучевая терапия	16 (24%)
РПЭ + Гормональная терапия	13 (20%)

Сканирование начиналось через 60 мин после введения РФП и осуществлялось по протоколу «все тело» (whole body) на аппарате ПЭТ/КТ Discovery 690 (General Electric, США). Исследование «всего тела» заключалось в сканировании пациента от орбитомеатальной линии до верхней трети бедра. Стандартный протокол исследования включал в себя получение топограммы, выполнении низкодозной КТ (напряжение на трубке — 120 кВ, сила тока — 50–150 мА, скорость вращения трубки — 0,5 с) и позитронно-эмиссионной томографии.

Кроме того, при отсутствии противопоказаний, исследование дополнительно сопровождалось пероральным и внутривенным введением рентгеноконтрастного вещества в зависимости от массы тела пациента. В целом длительность ПЭТ/КТ в зависимости от роста пациента составляла 20–25 мин.

Два независимых сертифицированных врача радиолога производили визуальный анализ изображений. Сначала полученные ПЭТ и КТ данные считывались отдельно, с последующей объединенной оценкой результатов исследова-

ния. Все поражения, подозрительные на рецидив РПЖ, были отмечены и объединены в следующие группы: местный рецидив, метастазы в лимфатических узлы (с распределением на тазовые, забрюшинные и паховые), метастазы в кости и другие метастазы (например, легкие, печень). Учитывалась физиологическая аккумуляция РФП в слезных и слюнных железах, печени, селезенке, толстом кишечнике, чашечно-лоханочных системах почек и мочевом пузыре. Потенциально злокачественным считалось любое очаговое накопление ⁶⁸Ga-ПСМА при ПЭТ выше, чем в окружающем фоне и не связанное с физиологическим поглощением радиотрейсера. При КТ изменение структуры и увеличение размеров (более 10 мм) лимфатических узлов любой локализации (тазовые, забрюшинные и паховые), а также любое явное остеосклеротическое поражение, не связанное с дегенеративными изменениями костной ткани, оценивалось как злокачественное. Уровень накопления ⁶⁸Ga-ПСМА оценивался путем расчета стандартизированного показателя захвата (standardized uptake value — SUV). Статистический анализ проводился с использованием программного обеспечения (MedCalc, версия 13.2.0, 2014, MedCalc, Остенд, Бельгия).

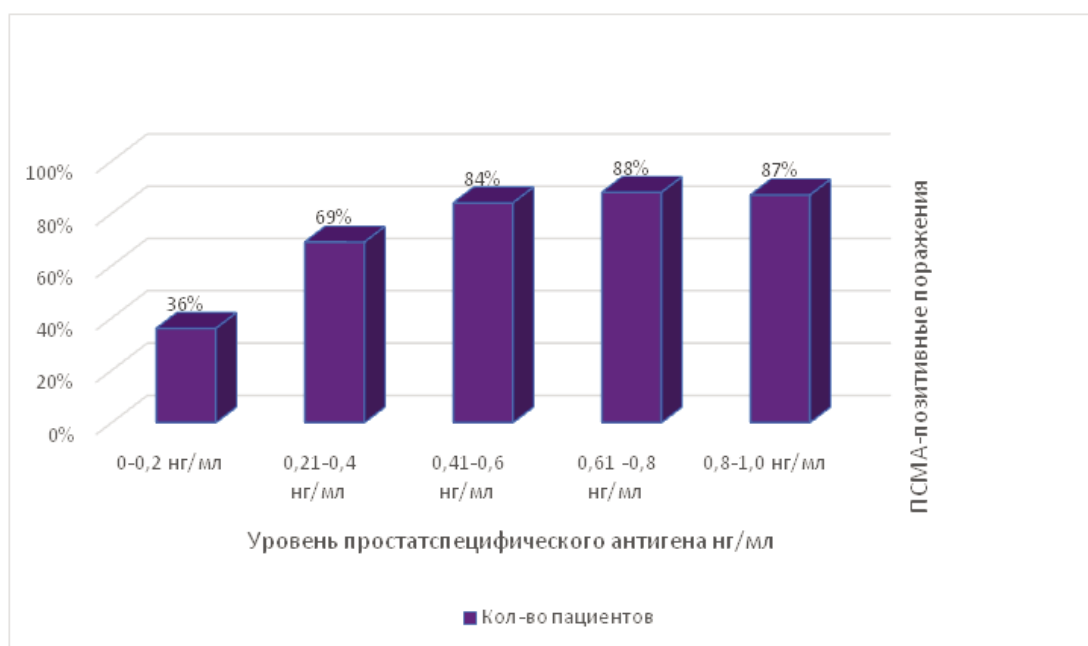
Результаты

У 49/66 больных (74%) по результатам исследования имелись признаки рецидива РПЖ. Метод ПЭТ/КТ демонстрировал эффективность в 36% (4/11) при значении ПСА 0-0,2 нг/мл, 69% (9/13); при ПСА 0,21-0,4 нг/мл, 84% (16/19); при ПСА 0,41-0,6 нг/мл, 88% (7/8) при ПСА 0,61-0,8 нг/мл, 87% (13/15); при ПСА 0,81-1,0 нг/мл (фиг. 1). Среднее значение ПСА составило 0,5 нг/мл. У 12 из 66 больных (18%) с уровнем ПСА >0,2 нг/мл признаки опухолевого поражения отсутствовали. Отрицательные результаты исследования также наблюдались у 5 пациентов (7%), при ПСА ниже 0,2 нг/мл, то есть отсутствовали лабораторные признаки биохимического рецидива РПЖ.

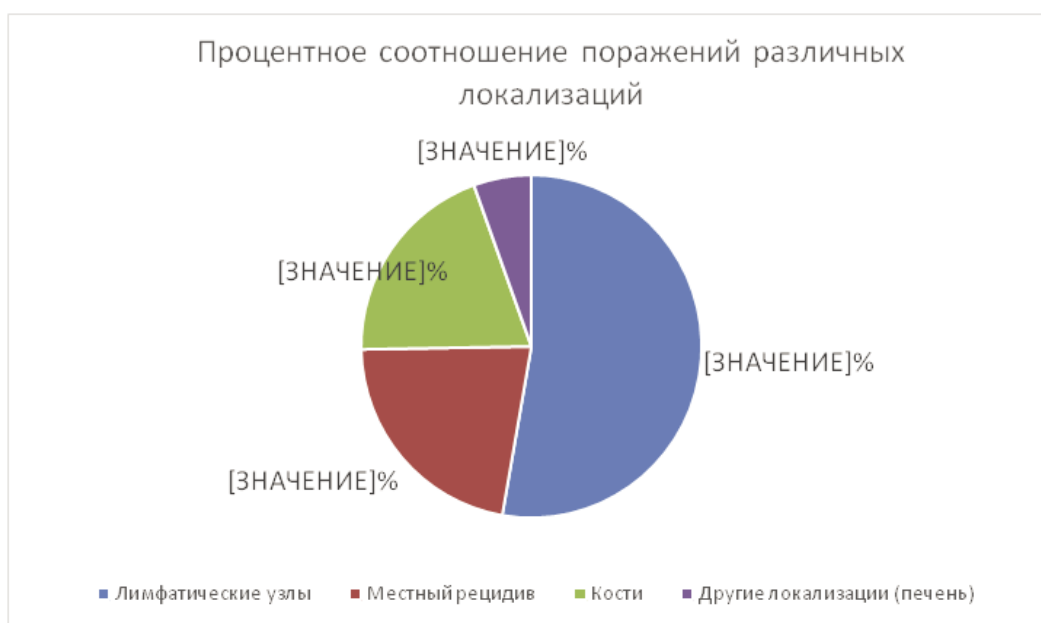
Очаги патологической гиперфиксации РФП главным образом наблюдались в забрюшинных и тазовых лимфоузлах у 29 из 66 пациентов, костях скелета у 15 из 66 пациентов. В 11 из 66 случаев имелся местный рецидив заболевания (фиг. 2).

В выборке преобладали пациенты с местно-распространенной стадией заболевания со значением шкалы Глисона 7 баллов, сумма (4+3). Средний уровень Глисона у пациентов с признаками активности опухолевого процесса составлял 8 баллов (4+4).

Отдельно в нашей работе хотелось бы подчеркнуть вклад ПЭТ в частоту обнаружения опухолевых поражений. Число и процент пациентов, у которых как ПЭТ, так и КТ согласованно выявляли изменения и случаи, когда лишь ПЭТ или только КТ определяли рецидив заболевания приведены в фиг. 3. Примечательно, что использование только ПЭТ в качестве критерия злокачественности предоставило диагностическую информацию в 45 из 66 случаев (68%).



Фигура 1. Процент распределения ПСМА-позитивных поражений в зависимости от уровня простатспецифического антигена (нг/мл)



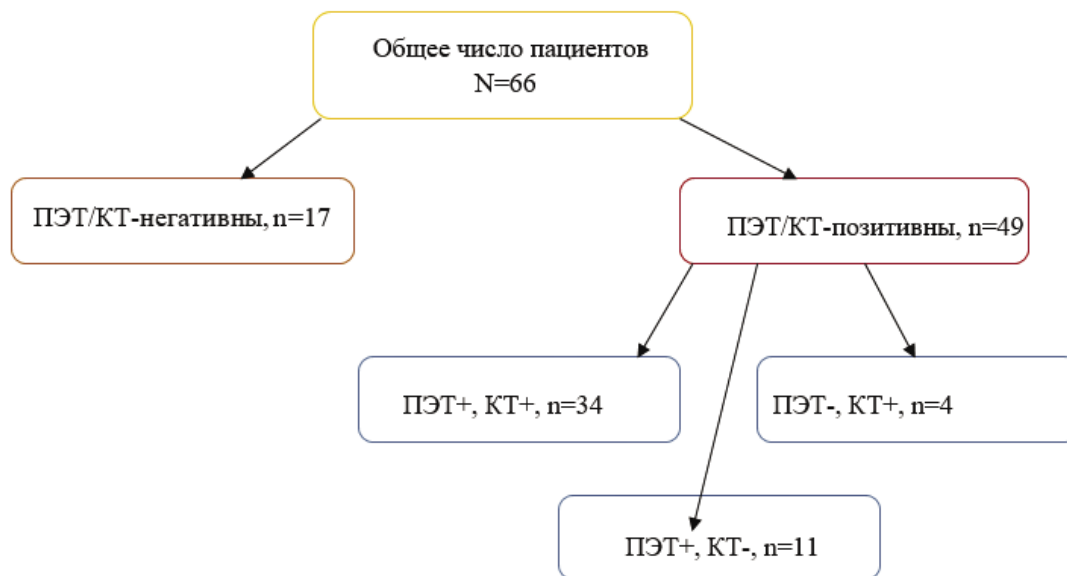
Фигура 2. Процентное соотношение поражений различных локализаций

При этом структурные изменения при КТ определялись только у 34 из 45 больных — истинно положительные случаи. В большинстве случаев ПЭТ дополнительно выявлял наличие метастазов в лимфатические узлы и кости, которые не могли быть идентифицированы при КТ (рис. 1). Информативность исследования при оценке только данных КТ имела преимущество лишь у 4 пациентов с увеличенными тазовыми лимфоузлами — ложно положительные результаты (рис. 2). Средний уровень ПСА в зависимости от результатов исследования представлен в табл. 2. Чувствительность исследования составила 68%, специфичность — 31,3%, диагности-

ческая точность — 59,1%, положительное прогностическое значение — 75,6%, отрицательное прогностическое значение — 23,8%.

Обсуждение

В нашем исследовании мы попытались определить эффективность ПЭТ/КТ с ^{68}Ga -ПСМА в группе пациентов после радикальной простатэктомии с минимальными значениями ПСА (менее 1 нг/мл). Результаты, полученные нами, демонстрируют значительно более высокий уровень обнаружения поражений при использовании гибридной ПЭТ/КТ с ^{68}Ga -ПСМА, чем с приме-



Фигура 3. Вклад ПЭТ в диагностическую ценность метода

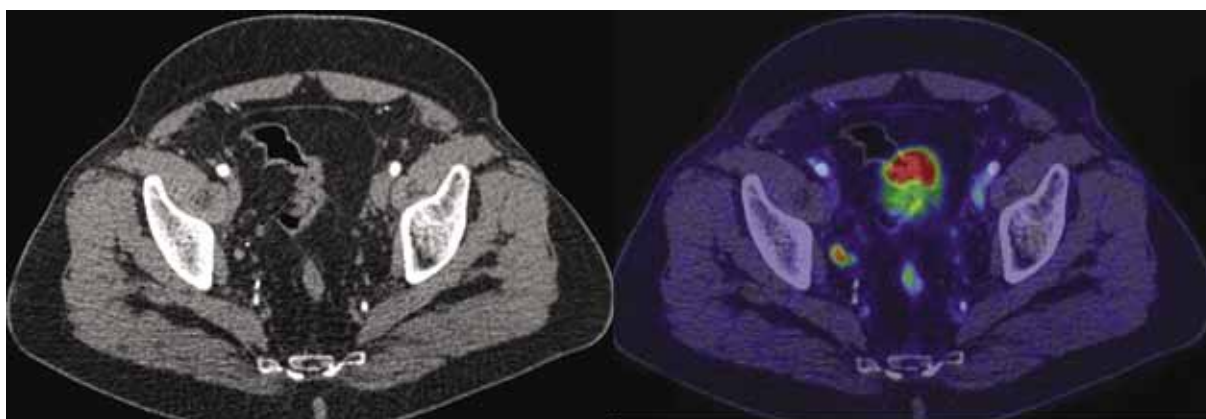


Рис. 1. Пациент П., 63 года. Выполнена радикальная простатэктомия с тазовой лимфодиссекцией. Стадия T3a N0 M0. Уровень ПСА – 0,89 нг/мл, по шкале Глисона – 6 баллов. При ПЭТ у данного пациента во внутренней подвздошной области справа выявляется ПСМА-позитивный лимфоузел, уровень SUVmax равняется 3,79. При КТ его поперечные размеры не превышают 5 мм в аксиальном измерении.

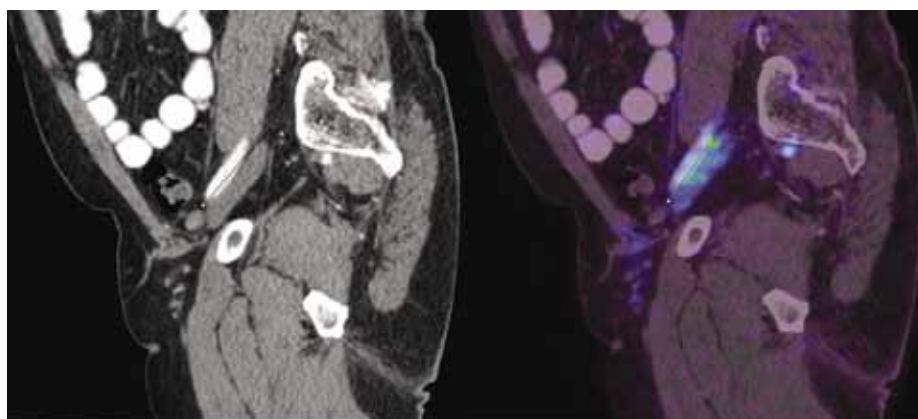


Рис. 2. Пациент С., 62 года. Выполнена радикальная простатэктомия с тазовой лимфодиссекцией. Стадия T2a N0 M0. Уровень ПСА – 0,3 нг/мл, по шкале Глисона – 6 баллов. При ПЭТ у данного пациента очагов патологической гиперфиксации РФП не определялось. При КТ в наружной подвздошной области справа выявлялись увеличенные ПСМА-негативные лимфоузлы.

нением других ПЭТ-трейсеров (для сравнения см. [11]). У 74% пациентов с уровнем ПСА менее 1,0 нг / мл был обнаружен по меньшей мере один потенциальный очаг рецидива опухоли. Частота находок при ПЭТ/КТ с ⁶⁸Ga-ПСМА прямо пропорционально увеличивалась с повышением уровня ПСА. Следует отметить, что наши данные соответствуют недавно опубликованным в интернете работам Afshar-Oromieh et al. и Eiber et. al. [12, 13]. Кроме того, результаты ПЭТ/КТ свидетельствуют о статистически значимом более высоком уровне находок у пациентов с суммой по шкале Глисона ≥ 8 , чем при уровне ≤ 7 , что может быть связано с тем, что иммуногистохимическая экспрессия ПСМА обычно выше при поражениях с более высоким баллом по Глисону, то есть у более низкодифференцированных опухолей.

Таблица 2. Распределение локализации поражений в зависимости от метода их обнаружения

Локализация поражения	ПЭТ+, КТ- n=11	ПЭТ-, КТ+ n=4	ПЭТ+, КТ+ n=34
Местный рецидив	1	1	5
Лимфоузлы	10	3	11
Лимфоузлы + местный рецидив			4
Кости			6
Кости + лимфоузлы			5
Кости + местный рецидив			3

Помимо этого, нашей задачей являлось сравнение диагностических возможностей позитронно-эмиссионной и компьютерной томографии. ПСМА-позитивные случаи, не сопровождающиеся рентгенологическими находками, были отнесены нами к ложноположительным результатам. По этой причине показатели информативности метода оказались невысокими. В связи с этим нами был выполнен расчет показателей эффективности ПЭТ/КТ без учета рентгенологических параметров ПСМА-позитивных изменений. Данные полученные нами (чувствительность—73%, специфичность—83%, диагностическая точность—74%, положительное прогностическое значение—97,7%, отрицательное прогностическое значение—24%) показали значительно большую диагностическую значимость метода у этой категории больных. Таким образом, ПЭТ/КТ с ⁶⁸Ga-ПСМА увеличивает частоту обнаружения поражений у пациентов после РПЭ даже при минимальном повышении уровня ПСА, что потенциально позволяет применять более специализированные методы лечения и делает новый РФП—⁶⁸Ga-ПСМА крайне эффективным методом ранней диагностики рецидива РПЖ. Очевидны преимущества

выполнения радионуклидного исследования с ⁶⁸Ga-ПСМА, а также остается дискуссионным вопрос о возможном внесении данного РФП в стандарты диагностики биохимического рецидива РПЖ.

Выводы

ПЭТ/КТ с ⁶⁸Ga-ПСМА является перспективным методом диагностики биохимического рецидива рака предстательной железы. В клинически значимой группе пациентов с уровнем ПСА менее 1 нг/мл данный метод показал себя как высокоэффективный способ визуализации опухолевого процесса. Для пациентов, которые находятся в ожидании решения о спасительной терапии, данное исследование может стать особенно полезным.

ЛИТЕРАТУРА

1. N. Mottet, J. Bellmunt, E. Briers et. al. EAU guidelines on prostate cancer: part 6: disease management // Eur. Urol. — 2016. — Vol. 74.
2. Pound C.R. et al. Natural history of progression after PSA elevation following radical prostatectomy // JAMA. — 1999. — Vol. 281. — P. 1591.
3. Sella T., Schwartz L.H., Swindle P.W., Onyebuchi C.N. Suspected local recurrence after radical prostatectomy: endorectal coil MR imaging // Radiology. — 2004. — Vol. 231(2). — P. 279–385.
4. Krause B.J., Souvatzoglou M., Tuncel M. et al. The detection rate of [(11)C]Choline-PET/CT depends on the serum PSA-value in patients with biochemical recurrence of prostate cancer // Eur. J. Nucl. Med. Mol. Imaging. — 2008. — Vol. 35. — P. 18-23.
5. T. Mauer, M. Eiber. Current use of PSMA-PET in prostate cancer management. i:10.1038/nrurol.2016.26. Nature reviews // Urology. — 2016.
6. Martina Benesova, Martin Sch fer, Ulrike Bauder-W st, Ali Afshar-Oromieh et. al. Preclinical Evaluation of a Tailor-Made DOTA-Conjugated PSMA Inhibitor with Optimized Linker Moiety for Imaging and Endoradiotherapy of Prostate Cancer // J. Nucl. Med. — 2015. — Vol. 56. — P. 914–920.
7. Schuhmacher J., Maier-Borst W. (1981) A new Ge-68/ Ga68 radioisotope generator system for production of Ga-68 in dilute HCl // Int. J. Appl. Radiat. Isot. — 1981. — Vol. 32. — P. 31–36.
8. Ali Afshar-Oromieh et al. Diagnostic performance of ⁶⁸Ga-PSMA-11 (HBED-CC) PET/CT in patients with recurrent prostate cancer: evaluation in 1007 patients // Eur. J. Nucl. Med. Mol. Imaging. — 2017.
9. Кодина Г.Е., Козлова М.Д., Краснов Н.Н., Малинин А.Б. и др. Радионуклидный генератор ⁶⁸Ge/⁶⁸Ga для получения физиологически приемлемого раствора. — Патент РФ №2126271, 1998.
10. Tlostanova M.S., Khodzhibekova M.M., Panfilenko A.A., Balabanova A.A., et. al. Capabilities of combined positron emission and computed tomography in neuroendocrine tumor diagnostics: first experience of Russian synthesis module ⁶⁸Ga-DOTA-TATE // Sovremennye tehnologii v medicine. — 2016. — Vol. 8(4). — P. 51–58.

11. Brogsitter C., Zphel K., Kotzerke J. 18F-Choline, 11C-choline and 11C-acetate PET/CT: comparative analysis for imaging prostate cancer patients // Eur. J. Nucl. Med. Mol. Imaging. — 2013. — Vol. 40. — P. 18-27.
12. Afshar-Oromieh A., Avtzi E., Giesel F.L. et al. The diagnostic value of PET/CT imaging with the (68)Ga-labelled PSMA ligand HBED-CC in the diagnosis of recurrent prostate cancer // Eur. J. Nucl. Med. Mol. Imaging. — 2015. — Vol. 42. — P. 197-207.
13. Matthias Eiber, Tobias Maurer. Evaluation of hybrid 68Ga-PSMA-ligand PET/CT in 248 patients with biochemical recurrence after radical prostatectomy // Journal of Nuclear Medicine. — 2015.

*M.V. Ignatova, M.S. Tlostanova,
A.A. Stanzhevsky*

The first experience of performing combined positron-emission with computed tomography with prostate-specific membrane antigen labeled with gallium-68 in patients with minimal level of prostate-specific antigen after radical prostatectomy

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

To assess diagnostic capabilities of new receptor-specific radiopharmaceutical - prostate-specific membrane antigen labeled with gallium-68 (68Ga-PSMA) 66 patients with prostate cancer (PC) after radical prostatectomy underwent combined positron emission with computed tomography (PET/CT). In 61/66 cases PSA level was 0,2-1,0 ng/ml, in 5/66 it did not exceed 0,2 ng/ml. The processing of the results concluded in a visual analysis of the images. In 45/66 patients with PET foci of hyperfixation of radiopharmaceutical were detected. At the same time structural changes in CT were determined only in 34/45 patients. PSMA-positive cases, not accompanied by radiographic findings, were attributed to false positive results. Indicators of PET/CT information without taking into account X-ray parameters of PSMA-positive changes had a greater diagnostic significance of the method in this category of patients. PET/CT with 68Ga-PSMA is a promising method for diagnosing biochemical recurrence of PC at low PSA values.

Key words: PET/CT, 68Ga-PSMA, radiopharmaceutical, prostate cancer, biochemical recurrence, oncology, urology