

<https://doi.org/10.37174/2587-7593-2024-7-2-9-14>

ПЭТ/КТ С ⁶⁸Ga-DOTA-TATE И ⁶⁸Ga-FAPI В ДИАГНОСТИКЕ НЕЙРОЭНДОКРИННЫХ ОПУХОЛЕЙ. КЛИНИЧЕСКИЕ НАБЛЮДЕНИЯ

© Белкин Е.В., Тулин П.Е.* , Оджарова А.А.

Национальный медицинский исследовательский центр онкологии им. Н.Н. Блохина Минздрава России; Россия, 115478 Москва, Каширское шоссе, 24

Реферат

Цель: Провести сравнительный анализ диагностической эффективности ПЭТ/КТ с ⁶⁸Ga-DOTA-TATE и ⁶⁸Ga-FAPI на примере клинических случаев НЭО (определение первичной опухоли и экстраорганных метастазов).

Материал и методы: Двум пациентам с НЭО поджелудочной железы до лечения проведены ПЭТ/КТ-исследования с ⁶⁸Ga-DOTA-TATE и ⁶⁸Ga-FAPI. При ПЭТ/КТ с ⁶⁸Ga-DOTA-TATE были успешно визуализированы первичные опухоли у обоих пациентов, получены данные о метастатическом процессе в печени у одного пациента. По данным ПЭТ/КТ с ⁶⁸Ga-FAPI визуализация первичных опухолей была неоптимальна, метастазы в печени выявлены не были.

Заключение: ПЭТ/КТ с ⁶⁸Ga-DOTA-TATE является более эффективным методом радионуклидной диагностики НЭО, чем ПЭТ/КТ с ⁶⁸Ga-FAPI.

Ключевые слова: НЭО, ПЭТ/КТ, ⁶⁸Ga-DOTA-TATE, ⁶⁸Ga-FAPI, поджелудочная железа

Для цитирования: Белкин Е.В., Тулин П.Е., Оджарова А.А. ПЭТ/КТ с ⁶⁸Ga-DOTA-TATE и ⁶⁸Ga-FAPI в диагностике нейроэндокринных опухолей. Клинические наблюдения. Онкологический журнал: лучевая диагностика, лучевая терапия. 2024;7(2):9-14.

<https://doi.org/10.37174/2587-7593-2024-7-2-9-14>

Journal of Oncology: Diagnostic Radiology and Radiotherapy

ISSN: 2587-7593 (Print) ISSN: 2713-167X (Online)

ЯДЕРНАЯ МЕДИЦИНА | NUCLEAR MEDICINE

<https://doi.org/10.37174/2587-7593-2024-7-2-9-14>

PET/CT WITH ⁶⁸GA-DOTA-TATE AND ⁶⁸GA-FAPI IN THE DIAGNOSIS OF NEUROENDOCRINE TUMORS. CLINICAL CASES

© Egor V. Belkin, Pavel E. Tulin*, Akgul A. Odzharova

¹ N.N. Blokhin National Medical Research Center of Oncology; 24 Kashirskoye Shosse, Moscow, Russia 115478

Abstract

Purpose: To perform a comparative analysis of diagnostic efficiency of PET/CT with ⁶⁸Ga-DOTA-TATE and ⁶⁸Ga-FAPI on the example of clinical cases of NEO (detection of primary tumor and extra-organ metastases).

Material and methods: Two patients with pancreatic NEO underwent PET/CT studies with ⁶⁸Ga-DOTA-TATE and ⁶⁸Ga-FAPI before treatment. PET/CT with ⁶⁸Ga-DOTA-TATE successfully visualized primary tumors in both patients; evidence of a metastatic process in the liver was obtained in one patient. PET/CT with ⁶⁸Ga-FAPI showed non-optimal visualization of primary tumors, no liver metastases were detected.

Conclusion: PET/CT with ⁶⁸Ga-DOTA-TATE is a more effective method of radionuclide diagnostics of NEO than PET/CT with ⁶⁸Ga-FAPI.

Key words: NET, PET/CT, ⁶⁸Ga-DOTA-TATE, ⁶⁸Ga-FAPI, pancreas

For citation: Belkin EV, Tulin PE*, Odzharova AA. PET/CT with ⁶⁸Ga-DOTA-TATE and ⁶⁸Ga-FAPI in the Diagnosis of Neuroendocrine Tumors. Clinical Cases. Journal of Oncology: Diagnostic Radiology and Radiotherapy. 2024;7(2):9-14. (In Russ.).

<https://doi.org/10.37174/2587-7593-2024-7-2-9-14>

Введение

Нейроэндокринные опухоли (НЭО) представляют собой группу опухолей, исходящих из энтерохромаффинных клеток диффузной нейроэндокринной системы и составляющих около 0,5 % случаев всех новообразований [1]. Первичные опухоли из нейроэндокринных клеток могут обладать различной локализацией: в желудочно-кишечном тракте (ЖКТ), в центральной нервной системе, респираторной

системе, молочной железе, щитовидной железе, коже и урогенитальной системе. По частоте встречаемости доминируют образования в различных отделах ЖКТ (до 62–67 %), объединенные в группу гастроэнтеропанкреатических неоплазий (GEP-NENs) [2–4]. За последние годы во всём мире отмечен значительный рост заболеваемости нейроэндокринными опухолями, немалую роль в этом процессе сыграло совершенствование методов диагностики. По последним данным, заболеваемость нейроэндо-

кринными новообразованиями в России выросла с 0,03 случаев на 100 тыс. населения в 2001 г. до 5,19 на 100 тыс. населения в 2019 г.

Диагностика НЭО ЖКТ в 80 % случаев затруднительна из-за бессимптомного течения и чаще всего является случайной диагностической находкой. В работе Landerholm et al [5] приводятся данные, согласно которым нейроэндокринные опухоли с наличием отдаленных метастазов не имели клинических проявлений. Около 20 % НЭО ЖКТ можно выявить по симптомам, распознав характерную клиническую картину, вызванную гиперсекрецией специфических биологически активных веществ, таких как серотонин, хромогранин А, синаптофизин [6]. Комплекс методов лучевой диагностики при НЭО включает в себя компьютерную томографию (КТ), магнитно-резонансную томографию (МРТ), ультразвуковое исследование (УЗИ), сцинтиграфию и позитронно-эмиссионную томографию, совмещенную с компьютерной томографией (ПЭТ/КТ). Хирургическое вмешательство остаётся оптимальным методом лечения при локальном расположении НЭО, поэтому определение распространенности опухолевого процесса является первоочередной задачей [7].

УЗИ имеет несомненные преимущества перед другими методами диагностики, так как необходимая для его проведения аппаратура имеется практически во всех лечебных заведениях, и этот метод лишен лучевой нагрузки на пациента. Однако диагностические возможности УЗИ значительно ограничены визуализацией опухолевых очагов малых размеров. Вследствие этого чувствительность метода в зависимости от размеров опухоли и квалификации специалиста, проводящего исследование, колеблется от 30 до 70 % [8–10]. К неинвазивным методам диагностики, обладающим лучевой нагрузкой, относится КТ, которая позволяет локализовать до 45–70 % всех НЭО гепатопанкреатодуоденальной области и их метастазов [10, 11]. Метод МРТ не достиг широкого распространения в первичной диагностике НЭО. Большинство авторов [8–10], обследовавших пациентов без проведения специальной выборки, приводят данные о чувствительности МРТ в диагностике НЭО — 55–90 %.

Ключевое значение в диагностике НЭО за последнее десятилетие приобрели методы радионуклидной диагностики. Большинство НЭО ЖКТ экспрессируют рецепторы к соматостатину, чаще всего 2 и 5 типов. Это является показанием к выполнению соматостатин-рецепторной сцинтиграфии (СРС), в том числе ис-

пользуемой для оценки рецепторного статуса опухоли, что в свою очередь является предиктором эффективности проведения терапии аналогами соматостатина, а также радионуклидной терапии с бета-излучающими радиофармпрепаратами (РФЛП), такими как ^{177}Lu -DOTA-TATE и ^{90}Y -DOTA-TOC. Первая СРС была выполнена 25 лет назад с октреотидом, меченным ^{123}I . До недавнего времени «золотым стандартом» радионуклидной визуализации НЭО являлась СРС с меченным ^{111}In октреотидом и хелатором в виде диэтилентриаминпентауксусной кислоты (ДТРА). Данный РФЛП связывается преимущественно с рецептором соматостатина 2 типа и обладает меньшей аффинностью к рецепторам 3 и 5 типов. Raderer et al продемонстрировали результаты ретроспективного анализа СРС с ^{111}In -ДТРА-октреотидом у 104 больных, согласно которому чувствительность данного метода составила >80 % среди первичных НЭО с метастатическим поражением печени [12, 13]. Данные свидетельствуют об информативности данного исследования для первичного стадирования опухоли и поиска рецидива. Известно, что радионуклид ^{111}In уступает $^{99\text{m}}\text{Tc}$ в качестве визуализации при сцинтиграфии и ОФЭКТ/КТ; помимо этого, $^{99\text{m}}\text{Tc}$ является генераторным изотопом, а не реакторным, как ^{111}In , и более доступен. По данным литературы, при исследованиях с $^{99\text{m}}\text{Tc}$ -тектротидом, чувствительность составляет 87 %, специфичность — 86 %, положительная прогностическая ценность (PPV) — 95 %, отрицательная прогностическая ценность (NPV) — 67 % и точность — 87 % [14]. Таким образом, внедрение $^{99\text{m}}\text{Tc}$ -тектротида в широкую практику позволит повысить доступность и качество визуализации НЭО.

В диагностике НЭО успешно применяется ПЭТ/КТ с октреотидом, меченным ^{68}Ga , с хелатором DOTA: ^{68}Ga -DOTA-TATE (-ТОС, -НОС). Диагностическая информативность РФЛП определяется степенью их аффинности к различным типам рецепторов соматостатина. ^{68}Ga -DOTA-TATE высоко комплементарен рецепторам соматостатина 2 типа, ^{68}Ga -DOTA-ТОС — рецепторам 2 и 5 типов (у ^{68}Ga -DOTA-TATE аффинность к рецептору 2 типа в 10 выше, чем у ^{68}Ga -DOTA-ТОС). ^{68}Ga -DOTA-НОС связывается с рецепторами 2, 3 и 5 типов. ПЭТ/КТ с ^{68}Ga -DOTA-ТОС и ^{68}Ga -DOTA-TATE демонстрирует более высокую чувствительность (>90 %) в выявлении НЭО по сравнению с ОФЭКТ/КТ с ^{111}In -ДТРА-октреотидом [15]. Гиперфиксация в опухолях нейроэндокринной природы другого РФЛП — ^{18}F -ФДГ — характерна для агрес-

сивных форм НЭО и ассоциирована с неблагоприятным прогнозом. Клетки НЭО G1-G2 отличаются низкой скоростью деления и, следовательно, низкой степенью захвата глюкозы. Тем не менее, ПЭТ/КТ с ^{18}F -ФДГ обладает дополнительной диагностической ценностью при НЭО с отрицательным результатом СРС. Эффективность ПЭТ/КТ с ^{18}F -DOPA основана на секреции допамина и гормонов или пептидов клетками НЭО. В НЭО L-DOPA конвертируется декарбоксилазой в допамин. Данный метод исследования продемонстрировал наибольшую чувствительность в выявлении НЭО гастроинтестинальной области, в сравнении с СРС и ПЭТ/КТ с ^{11}C -5-гидрокситриптофаном (98 %). Последний обладает наибольшей эффективностью в диагностике НЭО поджелудочной железы [16].

В настоящее время нарастающий интерес представляют исследования диагностических возможностей ПЭТ/КТ с ^{68}Ga -FAPi (fibroblast activation protein inhibitor). ^{68}Ga -FAPi обладает тропностью к трансмембранной молекуле FAP (fibroblast activation protein), расположенной в мембране опухоль-ассоциированных фибробластов. Данные фибробласты являются основным окружением опухолевых клеток большинства стромальных опухолей и обладают широким набором функций, способных как сдерживать опухолевый рост, так и усиливать опухолевую активность. Таким образом, накопление ^{68}Ga -FAPi в опухоли не зависит напрямую от гистогенеза, а связано с формированием фибробластами белка FAP. Установлено, что ПЭТ/КТ с ^{68}Ga -FAPi обладает высокой диагностической эффективностью при опухолях головы и шеи, раке молочной железы, опухолях желудочно-кишечного тракта и гепатобилиарной зоны, при саркомах и лимфопролиферативных заболеваниях, в большинстве наблюдений превосходя диагностические возможности ПЭТ/КТ с ^{18}F -ФДГ [14–16]. Данные о ценности ПЭТ/КТ с ^{68}Ga -FAPi при НЭО противоречивы, немногочисленны и представлены отдельными клиническими наблюдениями. До сих пор нет общепринятой парадигмы о целесообразности применения ПЭТ/КТ с ^{68}Ga -FAPi при НЭО, однако большая часть авторов положительно оценивает ^{68}Ga -FAPi, проводя сравнение данного РФЛП, ^{18}F -ФДГ и ^{68}Ga -DOTA-TATE [17–21].

В настоящей работе мы представляем результаты собственных клинических наблюдений пациентов с НЭО поджелудочной железы, включающих проведение ПЭТ/КТ с ^{68}Ga -DOTA-TATE и ^{68}Ga -FAPi.

Материал и методы

ПЭТ/КТ с ^{68}Ga -DOTA-TATE выполнялась по стандартной методике: исследование проводилось не менее чем через 6 часов после приема пищи. Вводимая активность ^{68}Ga -DOTA-TATE составила 2 МБк/кг массы тела, исследования проводили через 60 минут, область сканирования от талии до середины бедра, руки подняты за голову. Длительность сканирования одной зоны составила 3 минуты на кровать.

ПЭТ/КТ с ^{68}Ga -FAPi выполнялась без специальной подготовки пациента, вводимая активность составила 2,5 МБк/кг массы тела пациента, исследования проводили через 60 мин, область и длительность сканирования были аналогичными применяемым параметрам сканирования для ^{68}Ga -DOTA-TATE.

Интервал между двумя ПЭТ/КТ-исследованиями у обоих пациентов был идентичен и составил 5 дней.

После реконструкции данных ПЭТ и КТ, анализ изображений осуществлялся двумя специалистами (врачом-рентгенологом и врачом-радиологом) на рабочих станциях Syngo via (Siemens, Германия). Интерпретация результатов сканирования с обоими РФЛП осуществлялась с использованием визуальной оценки и измерения стандартизованного уровня накопления $\text{SUV}_{\text{max-bw}}$.

Описание клинических исследований

Пациент 1

Пациент Г., 64 года, был госпитализирован в кардиологическое отделение по поводу приступа падения АД, где при дообследовании выявлена опухоль поджелудочной железы. В научно-практическом центре г. Минска выполнена эксплоративная лапаротомия. Интраоперационно выявлена опухоль на границе тела и хвоста поджелудочной железы, билобарное поражение печени. Выполнена биопсия опухоли. По данным иммуногистохимического исследования фенотип опухоли соответствует НЭО G1 % (Ki67 < 1 %). Для оценки распространенности процесса были выполнены ПЭТ/КТ-исследования с ^{68}Ga -DOTA-TATE и ^{68}Ga -FAPi, по результатам которых получены данные о наличии активной опухолевой ткани в хвосте поджелудочной железы (первичная опухоль) и в печени (метастатическое поражение) (рис. 1).

Для уточнения состояния паренхимы печени выполнена МРТ с внутривенным контра-

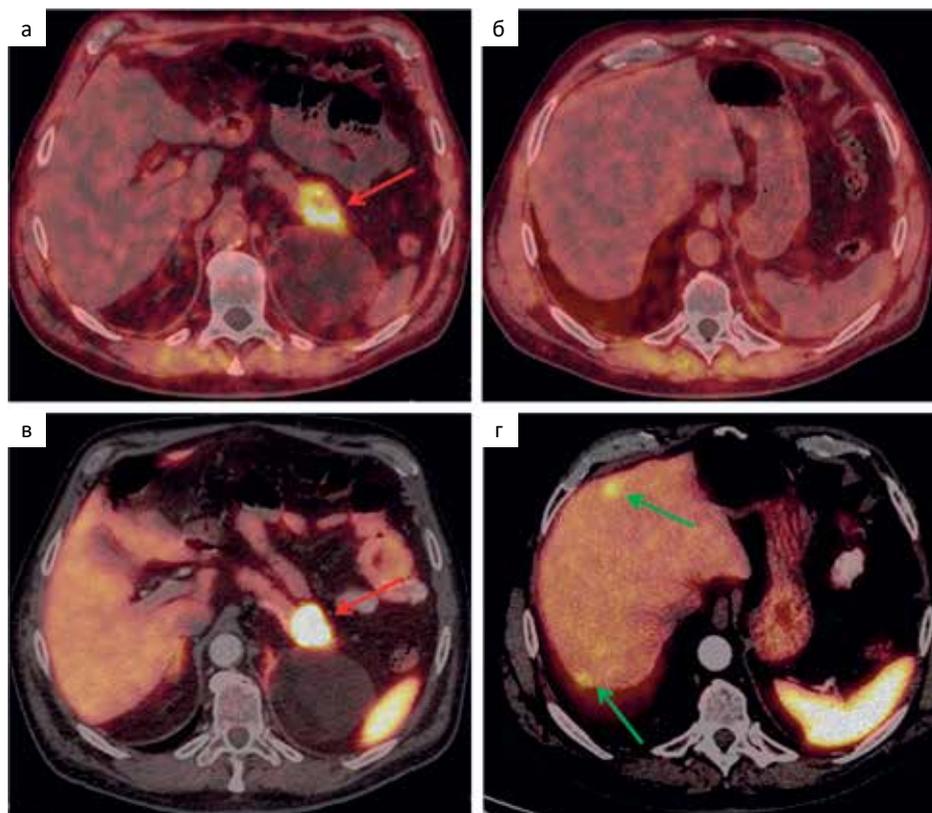


Рис. 1. По данным ПЭТ/КТ с ^{68}Ga -FAPI (а,б — аксиальные проекции) определяется неравномерное патологическое накопление РФЛП в опухолевом образовании хвоста поджелудочной железы (а — красная стрелка) с SUV_{max} 13,63 (при накоплении ^{68}Ga -FAPI в неизмененных отделах поджелудочной железы с SUV_{max} 2,02). В других исследованных отделах, в том числе в печени, очаги патологического накопления ^{68}Ga -FAPI не выявлены. При ПЭТ/КТ-исследовании с ^{68}Ga -DOTA-TATE (в,г — аксиальные проекции) определяется патологическое накопление РФЛП в опухолевом образовании хвоста поджелудочной железы (в — красная стрелка) с SUV_{max} 83,04. Также выявлены единичные очаги гиперфиксации ^{68}Ga -DOTA-TATE в печени (г — зеленые стрелки) с SUV_{max} 22,79, без структурных изменений по КТ (вследствие малых размеров и наличия одной фазы контрастирования). Накопление ^{68}Ga -DOTA-TATE в неизменной паренхиме поджелудочной железы и печени — с SUV_{max} 6,03 и с SUV_{max} 12,66 соответственно

Fig. 1. According to PET/CT scan with ^{68}Ga -FAPI (a,b — axial projections) pathological accumulation of ^{68}Ga -FAPI determines in the tumor of the tail of the pancreas (a — red arrow) with SUV_{max} 13.63 (with accumulation of ^{68}Ga -FAPI in unchanged parts of the pancreas with SUV_{max} 2.02). PET/CT with ^{68}Ga -DOTA-TATE (v,g — axial projections) determines the pathological accumulation of ^{68}Ga -DOTA-TATE in the tumor formation of the tail of the pancreas (v — red arrow) with SUV_{max} 83.04. Foci of ^{68}Ga -DOTA-TATE hyperfixation were also detected in the liver (g — green arrows) with SUV_{max} 22.79, without structural changes in CT (due to small size)

стированием, по результатам которой были получены данные о метастатическом мультифокальном поражении печени.

На основании данных проведенного комплексного обследования поставлен диагноз «НЭО G1 поджелудочной железы, вторичное поражение печени, $\text{T}_2\text{N}_0\text{M}_1$ ». Пациенту назначена биотерапия синтетическими аналогами соматостатина и таргетная терапия.

Пациент 2

Пациентка Р., 70 лет, — при плановом обследовании по данным УЗИ в области головки поджелудочной железы выявлено объемное

образование, под УЗИ-навигацией выполнена биопсия. На основании иммуногистохимического исследования получены данные о НЭО G2 (Ki67 — 6 %). Для оценки распространенности процесса были выполнены ПЭТ/КТ-исследования с ^{68}Ga -DOTA-TATE и ^{68}Ga -FAPI, по результатам которых получены данные о наличии активной опухолевой ткани в головке поджелудочной железы (рис. 2).

По результатам проведенных исследований установлен диагноз: «НЭО G2 головки поджелудочной железы $\text{T}_2\text{N}_0\text{M}_0$ », выполнено хирургическое вмешательство — панкреатодуоденальная резекция с сохранением привратника.

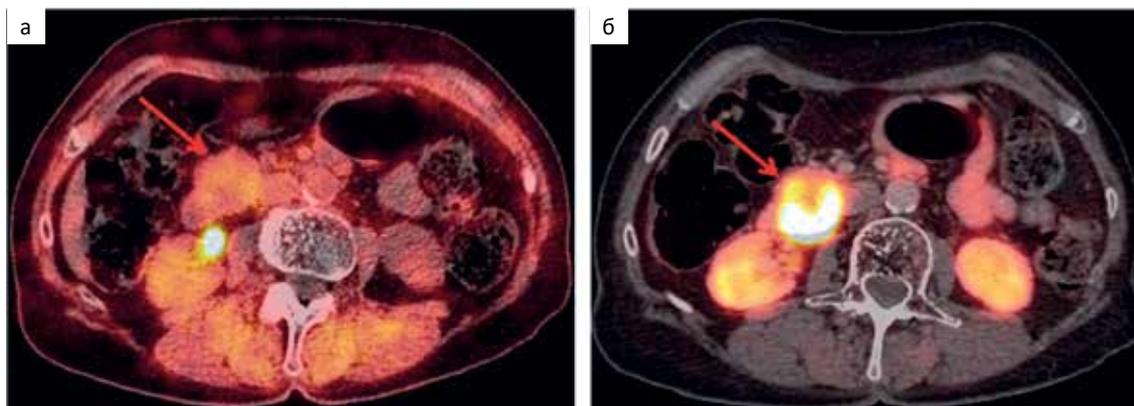


Рис. 2. По данным ПЭТ/КТ с ^{68}Ga -FAPi (а — аксиальная проекция) определяется неинтенсивное и неравномерное накопление РФЛП в опухолевом образовании головки поджелудочной железы (а — красная стрелка) с SUV_{max} 3,21 (при накоплении ^{68}Ga -FAPi в неизмененных отделах поджелудочной железы с SUV_{max} 2,30). В других исследованных отделах очаги патологического накопления ^{68}Ga -FAPi не выявлены. При ПЭТ/КТ-исследовании с ^{68}Ga -DOTA-TATE (б — аксиальная проекция) определяется патологическое накопление РФЛП в опухолевом образовании головки поджелудочной железы (б — красная стрелка) с SUV_{max} 88,18 (при накоплении ^{68}Ga -DOTA-TATE в неизмененных отделах поджелудочной железы с SUV_{max} 3,98). В других исследованных отделах очаги гиперфиксации ^{68}Ga -DOTA-TATE не выявлены

Fig. 2. According to PET/CT with ^{68}Ga -FAPi (a — axial projection) accumulation of ^{68}Ga -FAPi determines in the tumor of the pancreatic head (a — red arrow) with SUV_{max} 3.21. PET/CT with ^{68}Ga -DOTA-TATE (b — axial projection) determines the pathological accumulation of ^{68}Ga -DOTA-TATE in the tumor of the pancreatic head (b — red arrow) with SUV_{max} 88.18

Заключение

По результатам проведенных исследований в обоих клинических случаях установлено, что оптимальная визуализация первичной опухоли в поджелудочной железе была достигнута при ПЭТ/КТ с ^{68}Ga -DOTA-TATE. ПЭТ/КТ с ^{68}Ga -FAPi демонстрировала менее значимые результаты: у пациента 1 накопление ^{68}Ga -FAPi в опухолевом образовании хвоста поджелудочной железы выглядело гетерогенным с участками гипофиксации, у пациента 2 накопление ^{68}Ga -FAPi в опухолевом образовании головки поджелудочной железы было незначительно выше, чем в неизмененной паренхиме, что является неоптимальным результатом.

У пациента 1 по данным ПЭТ/КТ с ^{68}Ga -DOTA-TATE были выявлены единичные метастазы в печени, которые не визуализировались при ПЭТ/КТ с ^{68}Ga -FAPi. Учитывая отсутствие значительного фонового накопления ^{68}Ga -FAPi в неизмененной паренхиме печени (SUV_{max} 2,15), что является одной из благоприятных для визуализации патологической ткани особенностей биораспределения РФЛП, и гиперфиксацию ^{68}Ga -FAPi в первичной опухоли (SUV_{max} 13,63), следует предположить, что метастазы НЭО могут обладать отличными от первичной опухоли характеристиками, отражающими плотность опухоль-ассоциированных фибробластов и/или белка FAP. Указанное

предположение не позволяет использовать ПЭТ/КТ с ^{68}Ga -FAPi при M-стадировании НЭО.

Выводы

На основании приведенных клинических примеров следует предположить, что ПЭТ/КТ с ^{68}Ga -FAPi не является эффективным методом радионуклидной диагностики НЭО, как для визуализации первичной опухоли, так и для определения экстраорганного распространения (M-стадирование), и уступает в диагностической значимости ПЭТ/КТ с ^{68}Ga -DOTA-TATE.

Список литературы / References

1. Taal BG, Visser O. Epidemiology of neuroendocrine tumours. *Neuroendocrinology*. 2004 Aug; 1:3-7. <https://doi.org/10.1159/000080731>.
2. Modlin IM, Oberg K, Chung DC, et al. Gastroenteropancreatic neuroendocrine tumours. *Lancet Oncol*. 2008 Jan; 9(1):61-72. [https://doi.org/10.1016/s1470-2045\(07\)70410-2](https://doi.org/10.1016/s1470-2045(07)70410-2).
3. Klöppel G, Perren A, Heitz PU. The gastroenteropancreatic neuroendocrine cell system and its tumors: the WHO classification. *Ann NY Acad Sci*. 2004 Apr; 1014:13-27. <https://doi.org/10.1196/annals.1294.002>.
4. Yao JC, Hassan M, Phan A, et al. One hundred years after "carcinoid": epidemiology of and prognostic factors for neuroendocrine tumors in 35,825 cases in the United States. *J Clin Oncol*. 2008 Jun; 26(18):3063-72. <https://doi.org/10.1200/JCO.2007.15.4377>.
5. Kulke MH. Somatostatin analogues in neuroendocrine tumors. *J Natl Compr Canc Netw*. 2016 Mar; 14(3):241-42. <https://doi.org/10.6004/jnccn.2016.0029>.
6. Landerholm K, Falkmer S, Jarhult J. Epidemiology of small bowel carcinoids in a defined population. *World J Surg*. 2010

- Jul; 34(7):1500-5. <https://doi.org/10.1007/s00268-010-0519-z>.
7. Kerström G, Hellman P, Hessman O. Midgut carcinoid tumours: surgical treatment and prognosis. *Best Pract Res Clin Gastroenterol.* 2005 Oct; 19(5):717-28. <https://doi.org/10.1016/j.bpg.2005.05.005>.
 8. Егоров АВ, Кузин НМ, Ветшев ПС и др. Спорные и нерешенные вопросы диагностики и лечения гормонопродуцирующих нейроэндокринных опухолей поджелудочной железы. *Хирургия (Москва).* 2005 Nov; (9):19-24. Egorov AV, Kuzin NM, Vetshev PS, et al. Controversial and unresolved issues of diagnosis and treatment of hormone-producing neuroendocrine tumors of the pancreas. *Khirurgiia (Mosk).* 2005 Nov; (9):19-24. (In Russ.).
 9. Gibril F, Jensen RT Somatostatin receptor scintigraphy in the Zollinger – Ellison syndrome. *Ann Int Med.* 1999 Oct; 2:179-85.
 10. Thoeni RF, Mueller-Lisse UG, Chan R, et al. B Detection of small, functional islet tumors in the pancreas: selection of MR imaging sequences for optimal sensitivity. *Radiology.* 2000 Feb; 214(2):483-90. <https://doi.org/10.1148/radiology.214.2.r00fe32483>.
 11. Ichikawa T, Peterson MS, Federle MP, et al. Islet cell tumor of the pancreas: biphasic CT versus MR imaging in tumor detection. *Radiology.* 2000 Jul; 216(1):163-71. <https://doi.org/10.1148/radiology.216.1.r00jl26163>.
 12. Raderer M, Kurtaran A, Leimer M, et al. Value of peptide receptor scintigraphy using (123)I-vasoactive intestinal peptide and (111)In-DTPA-D-Phe1-octreotide in 194 carcinoid patients: Vienna University Experience, 1993 to 1998. *J Clin Oncol.* 2000 Mar; 18(6):1331-6. <https://doi.org/10.1200/JCO.2000.18.6.1331>.
 13. Lu SJ, Gnanasegaran G, Buscombe J, Navalkisoor S. Single photon emission computed tomography/computed tomography in the evaluation of neuroendocrine tumours: a review of the literature. *Nucl Med Commun.* 2013 Feb; 34(2):98-107. <https://doi.org/10.1097/MNM.0b013e32835bd59d>.
 14. Kunikowska J, Lewington V, Krolicki L. Optimizing Somatostatin Receptor Imaging in Patients with Neuroendocrine Tumors: The Impact of ^{99m}Tc-HYNICTOC SPECT/SPECT/CT Versus ⁶⁸Ga-DOTATATE PET/CT Upon Clinical Management. *Clin Nucl Med.* 2017 Dec; 42(12):905-11. <https://doi.org/10.1097/RLU.0000000000001877>.
 15. Antunes P, Ginja M, Zhang H, et al. Are radiogallium-labelled DOTA-conjugated somatostatin analogues superior to those labelled with other radiometals? *Eur J Nucl Med Mol Imaging.* 2007 Jul; 34(7):982-93. <https://doi.org/10.1007/s00259-006-0317-x>.
 16. Baranova OD, Roumiantsev PO, Slashchuk KY, et al Radionuclide imaging and therapy in patients with neuroendocrine tumors. *Endocrine Surgery.* 2017; 11(4):178-90. <https://doi.org/https://doi.org/10.14341/serg9572>.
 17. Farulla LSA, Demirci E, Castellucci P, et al. Radiolabeled FAP inhibitors as new pantumoral radiopharmaceuticals for PET imaging: a pictorial essay. *Clin Transl Imaging.* 2022 Aug; 11:95-106. <https://doi.org/doi.org/10.1007/s40336-022-00506-8>.
 18. Lindner T, Loktev A, Altmann A, et al. Development of Quinoline-Based Theranostic Ligands for the Targeting of Fibroblast Activation Protein. *J Nucl Med.* 2018 Sep; 59(9):1415-22. <https://doi.org/doi.org/10.2967/jnumed.118.210443>.
 19. Treglia G, Muoio B, Roustaei H, et al. Head-to-Head Comparison of Fibroblast Activation Protein Inhibitors (FAPI) Radio-tracers versus [¹⁸F] F-FDG in Oncology: A Systematic Review. *Int J Mol Sci.* 2021 Oct; 22(20):1-13. <https://doi.org/doi.org/10.3390/ijms222011192>.
 20. Ergül N, Yılmaz B, Cin M, et al. ⁶⁸Ga-DOTA-FAPI-04 PET/CT in Neuroendocrine Carcinoma of the Liver with Elevated AFP Level: Comparison with ¹⁸F-FDG PET/CT. *Clin Nucl Med.* 2022 Jan; 47(1):29-31. <https://doi.org/10.1097/RLU.0000000000003811>.
 21. Kömek H, Gündogan C, Can C. ⁶⁸Ga-FAPI PET/CT versus ⁶⁸Ga-DOTATATE PET/CT in the evaluation of a patient with neuroendocrine tumor. *Clin Nucl Med.* 2021 May; 46(5):290-2. <https://doi.org/10.1097/RLU.0000000000003490>.

Участие авторов

Е.В. Белкин: разработка дизайна статьи, обзор публикаций по теме статьи, написание текста статьи.

П.Е. Тулин: разработка дизайна статьи, редактирование.

А.А. Одзарова: разработка дизайна статьи, редактирование.

Authors' participation

Belkin E.V.: article design development, review of publications on the topic of the article, writing the text of the article.

P.E. Tulin: article design development, editing.

A.A.Odzharaova: article design development, editing

Информированное согласие. Пациенты подписали информированное согласие на участие в исследовании.

Informed consent. Patients signed informed consent to participate in the study.

Соответствие принципам этики. Одобрение этического комитета не требовалось.

Ethical compliance. Ethical committee approval was not necessary.

Конфликт интересов: Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Conflict of interest: The authors declare no conflict of interest.

Финансирование: Исследование проведено без спонсорской поддержки.

Financing: The study had no sponsorship.

Тип статьи: Клинический случай.

Article type: Case report.

Поступила: 01.03.2024.

Received: 01.03.2024.

Принята к публикации: 14.04.2024.

Accepted for publication: 14.04.2024.

Опубликована online: 26.06.2024.

Published online: 26.06.2024.

Сведения об авторах

Для корреспонденции: Тулин Павел Евгеньевич — к.м.н., с.н.с. отделения позитронной эмиссионной томографии НИИ КиЭР НМИЦ онкологии им. Н.Н. Блохина Минздрава России, 480pol@mail.ru, +79168709913

Белкин Егор Владимирович — ординатор отделения позитронной эмиссионной томографии НИИ КиЭР НМИЦ онкологии им. Н.Н. Блохина Минздрава России.

Одзарова Акгуль Атаевна — к.м.н., с.н.с. отделения позитронной эмиссионной томографии НИИ КиЭР НМИЦ онкологии им. Н.Н. Блохина Минздрава России.

Information about the authors

Contact: * Pavel E. Tulin <https://orcid.org/0000-0001-7226-5129>; 480pol@mail.ru

Egor V. Belkin ega.belkin@yandex.ru

Akgul A. Odzharaova <http://orcid.org/0000-0003-3576-6156>; odzharaova07@yandex.ru