

СРАВНЕНИЕ ПЭТ/КТ С ^{68}Ga -FAP-04 И ^{68}Ga -FAP-2286 *IN VIVO* ПРИ ВОСПАЛИТЕЛЬНОМ И ОНКОЛОГИЧЕСКОМ ЗАБОЛЕВАНИЯХ. КЛИНИЧЕСКИЕ НАБЛЮДЕНИЯ

Тулин П.Е.✉, Деньгина Т.А., Соломяный В.В., Филимонов А.В., Невзоров Д.И., Долгушин Б.И.

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

✉ Тулин Павел Евгеньевич, p.tulin@ronc.ru, 89168709913

РЕФЕРАТ

Цель: Изучить фармакокинетику ^{68}Ga -FAP-2286 при опухолевом и воспалительном заболеваниях, сравнить диагностические возможности ^{68}Ga -FAP-2286 и ^{68}Ga -FAP-04, в том числе в аспекте потенциального использования для отбора пациентов для радионуклидной терапии ^{177}Lu -FAP-2286.

Материалы и методы: Двум пациентам — с онкологическим заболеванием и с воспалительным процессом — проведены ПЭТ/КТ-исследования с ^{68}Ga -FAP-2286 и ^{68}Ga -FAP-04. ПЭТ/КТ-сканирование с ^{68}Ga -FAP-2286 проведено в три этапа — через 5 мин, через 60 мин и 180 мин после введения РФЛП с последующей оценкой динамики изменения показателя SUV_{max} в целевых областях. ПЭТ/КТ-сканирование с ^{68}Ga -FAP-04 проведено в один этап — через 60 мин.

Заключение: ^{68}Ga -FAP-04 и ^{68}Ga -FAP-2286 обладают схожими диагностическими характеристиками. Также были выявлены различия в фармакокинетики ^{68}Ga -FAP-2286 в опухолевых и воспалительных изменениях.

Ключевые слова: ПЭТ/КТ, позитронная эмиссионная томография, ^{68}Ga -FAP-04, ^{68}Ga -FAP-2286

Для цитирования: Тулин П.Е., Деньгина Т.А., Соломяный В.В., Филимонов А.В., Невзоров Д.И., Долгушин Б.И. Сравнение ПЭТ/КТ с ^{68}Ga -FAP-04 и ^{68}Ga -FAP-2286 *in vivo* при воспалительном и онкологическом заболеваниях. Клинические наблюдения. Онкологический журнал: лучевая диагностика, лучевая терапия. 2026;9(1):103-108.

<https://doi.org/10.37174/2587-7593-2026-9-1-103-108>

COMPARISON OF PET/CT WITH ^{68}Ga -FAP-04 AND ^{68}Ga -FAP-2286 *IN VIVO* FOR INFLAMMATORY AND ONCOLOGICAL DISEASES. CLINICAL CASES

Pavel E. Tulin✉, Tamara A. Dengina, Viktor V. Solomyany, Aleksandr V. Filimonov,
Denis I. Nevzorov, Boris I. Dolgushin

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

✉ Tulin Pavel Evgenevich, p.tulin@ronc.ru, 89168709913

ABSTRACT

Purpose: To study the pharmacokinetics of ^{68}Ga -FAP-2286 in oncological and inflammatory diseases and to compare the diagnostic capabilities of ^{68}Ga -FAP-2286 and ^{68}Ga -FAP-04, including in the context of its potential use for patient selection for ^{177}Lu -FAP-2286 radionuclide therapy.

Material and methods: PET/CT studies with ^{68}Ga -FAP-2286 and ^{68}Ga -FAP-04 were performed on two patients: one with an oncological disease and one with an inflammatory process. The ^{68}Ga -FAP-2286 PET/CT scan was conducted in three phases — at 5 minutes, 60 minutes, and 180 minutes after radiopharmaceutical administration, followed by an assessment of the dynamics of SUV_{max} changes in the target regions. PET/CT scanning with ^{68}Ga -FAP-04 was performed in a single step, 60 minutes post-injection.

Conclusion: ^{68}Ga -FAP-04 and ^{68}Ga -FAP-2286 have similar diagnostic characteristics. Differences in the pharmacokinetics of ^{68}Ga -FAP-2286 between tumorous and inflammatory changes were also identified.

Key words: PET/CT, positron emission tomography, ^{68}Ga -FAP-04, ^{68}Ga -FAP-2286

For citation: Tulin P.E., Dengina T.A., Solomyany V.V., Filimonov A.V., Nevzorov D.I., Dolgushin B.I. Comparison of PET/CT with ^{68}Ga -FAP-04 and ^{68}Ga -FAP-2286 *in vivo* for inflammatory and oncological diseases. Clinical cases. Journal of Oncology: Diagnostic Radiology and Radiotherapy. 2026;9(1):103-108. (In Russ.).

<https://doi.org/10.37174/2587-7593-2026-9-1-103-108>

Введение

Опухоль-ассоциированные фибробласты (cancer-associated fibroblasts, CAF) являются одним из наиболее распространенных компонентов опухолевой стромы и представляют собой мишень для визуализации солидных опухолей. Учитывая гиперэкспрессию белка активации фибробластов (fibroblast activation protein, FAP) на мембранах CAF и ограниченную экспрессию в неизмененных тканях, ПЭТ-визуализация опухолей с помощью меченых ингибиторов FAP (FAP inhibitor, FAPI) является

одним из наиболее изучаемых направлений ядерной медицины.

ПЭТ/КТ с вариациями FAPI-лигандов, меченных радионуклидами ^{68}Ga или ^{18}F , демонстрирует многообещающие результаты в диагностике различных видов опухолей, превосходя по эффективности ПЭТ/КТ с ^{18}F -ФДГ. Преимущество $^{68}\text{Ga}/^{18}\text{F}$ -FAPI продемонстрировано при раке желудка, печени, колоректальном раке, раке поджелудочной железы, молочной железы, метастазах из невыявленного первичного очага и др. [1–5]. Наиболее распространенными в клинико-диагностической практике

являются соединения FAPI-04, FAPI-46 и FAPI-74. ^{68}Ga -FAPI-04 характеризуется интенсивным накоплением опухолевой ткани в течение 60 мин после введения и выведением преимущественно через почки и минимальным накоплением с неизменённых тканях. Несмотря на многообещающие результаты в диагностике опухолей, молекулы FAPI интегрируются в строму опухолей на непродолжительное время, что потенциально ограничивает их использование при создании тераностических пар для радионуклидной терапии (РНТ) [6, 7].

Для преодоления короткого времени удержания разработано соединение FAP-2286, включающее циклический пептид из семи аминокислот, в котором два остатка цистеина связаны ароматическим фрагментом [8]. Циклические пептиды обладают стабильной конформационной структурой и имеют преимущества за счёт более селективного связывания с рецепторами, большей устойчивости к расщеплению протеазами плазмы крови по сравнению с низкомолекулярными FAPI (FAPI-04/46). Помимо циклического полипептида, FAP-2286 включает хелатор — тетраазамакродекановую тетрауксусную кислоту (DOTA), к которой возможно присоединить терапевтический агент-радионуклид. Таким образом, ^{68}Ga -FAP-2286 имеет более длительное удержание в опухолевых клетках и лучшую клеточную интернализацию в эндосомах, что делает возможным применение FAP-2286, меченого излучателем бета-частиц ^{177}Lu , в РНТ [8]. Доклинические исследования также показали длительное удержание ^{177}Lu -FAP-2286 в опухолевой ткани [9]. Биораспределение ^{68}Ga -FAP-2286 соответствует биораспределению других соединений FAPI с наибольшим накоплением в мочевом пузыре, печени, селезёнке и почках, а диагностическая точность не уступает ПЭТ/КТ с другими FAPI-содержащими лигандами [10, 11].

В нашей работе мы представляем результаты первого в России сравнения диагностических возможностей ^{68}Ga -FAPI-04 и ^{68}Ga -FAP-2286 у двух пациентов — с онкологическим заболеванием и воспалительным процессом, а также оценки фармакокинетики ^{68}Ga -FAP-2286 у данных пациентов.

Методика исследования

В исследование включены результаты ПЭТ/КТ-сканирования двух пациентов — с онкологическим заболеванием (рак желудка) и воспалительным процессом (холангит внутрипеченочных желчных протоков). Каждому пациенту выполнялось по два ПЭТ/КТ-сканирования — с ^{68}Ga -FAPI-04 и ^{68}Ga -FAP-2286 с разницей в 5 дней.

ПЭТ/КТ с ^{68}Ga -FAPI-04 и ^{68}Ga -FAP-2286 выполнялись идентично — без специальной подготов-

ки пациентов, вводимая активность составила 2,5 МБк/кг массы тела пациента. Область сканирования при ПЭТ/КТ с ^{68}Ga -FAPI-04 — от основания черепа до середины бедра, положение рук — вверх; при ПЭТ/КТ с ^{68}Ga -FAP-2286 — от талии до стоп, положение рук — вниз; продолжительность сканирования при обоих исследованиях сопоставима — 3 мин на одну «кровать». ПЭТ/КТ-сканирование с ^{68}Ga -FAPI-04 выполнялось в один этап — спустя 60 мин после введения радиофармацевтического лекарственного препарата (РФЛП). ПЭТ/КТ-сканирование с ^{68}Ga -FAP-2286 выполнялось в три этапа: 5 мин — 60 мин — 180 мин после введения РФЛП при сохранении зоны сканирования от талии до стоп. КТ-сканирование в рамках указанного трехэтапного исследования выполнялось только на первом этапе.

После реконструкции данных ПЭТ и КТ, анализ изображений осуществлялся двумя специалистами (врачом-рентгенологом и врачом-радиологом). Интерпретация результатов ПЭТ/КТ сканирования осуществлялась с использованием визуальной оценки формы и размеров и измерения стандартизованного показателя накопления $\text{SUV}_{\text{max-bw}}$.

На каждом этапе ПЭТ/КТ с ^{68}Ga -FAP-2286 проводилось измерение показателей SUV_{max} в грудной аорте, правой доле печени и участке патологической ткани (опухолевая ткань / область воспаления) для оценки локальной фармакокинетики (в частности, степень и время удержания РФЛП патологическими тканями). При ПЭТ/КТ с ^{68}Ga -FAPI-04, выполненной через 60 мин после введения РФЛП, также оценивались показатели SUV_{max} в грудной аорте, правой доле печени и участке патологической ткани.

Включение пациента с холангитом, при отсутствии очагов опухолевой ткани, было обусловлено потребностью сравнения динамики накопления ^{68}Ga -FAP-2286 в опухолевых и неопухолевых очагах.

Клиническое наблюдение 1

Пациентка С., 49 лет (Пациент 1). Рак тела желудка (диффузный тип, согласно классификации по Лаурену), состояние после гастрэктомии, химиотерапии в 2024 г. Прогрессирование: метастазы в яичниках, по брюшине, по капсуле печени и селезенки, по ходу толстой и тонкой кишки, в клетчатке большого сальника, по ходу мочеточников. Состояние после двусторонней нефростомии. На первом этапе проведена ПЭТ/КТ с ^{68}Ga -FAPI-04 (рис. 1).

Вторым этапом через 5 дней проведена ПЭТ/КТ с ^{68}Ga -FAP-2286 (рис. 2).

При ПЭТ/КТ с ^{68}Ga -FAPI-04 значения SUV_{max} на 60-й минуте после введения РФЛП составили: в опухолевой ткани — 6,17, в паренхиме правой доли

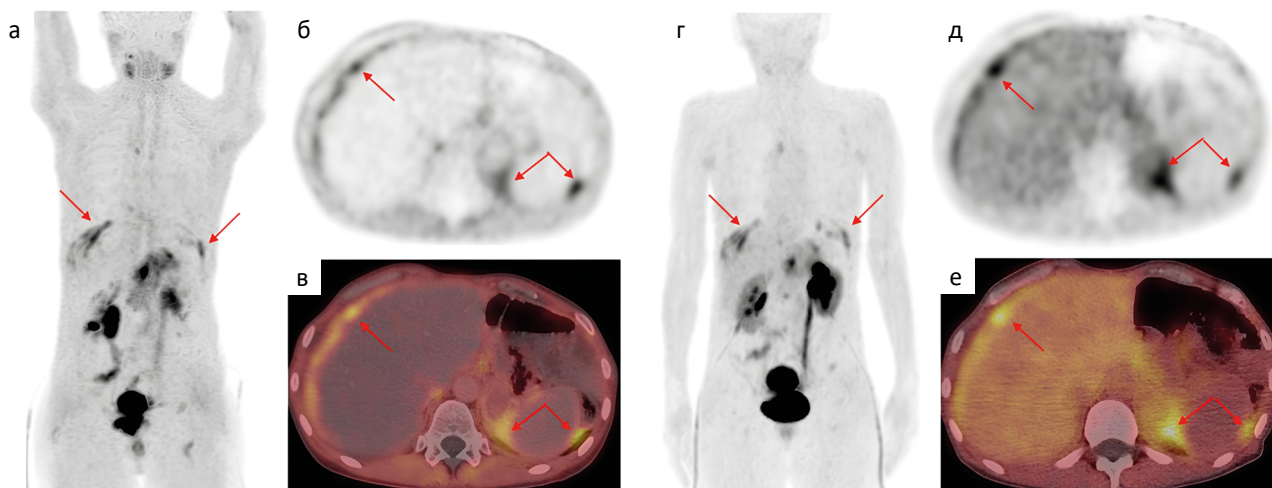


Рис. 1. Пациент 1. ПЭТ/КТ с ⁶⁸Ga-FAPI-04 и ⁶⁸Ga-FAP-2286 (г, д, е), через 60 мин после введения РФЛП. На MIP ПЭТ (а, г), аксиальной проекции ПЭТ (б, д) и аксиальной проекции ПЭТ/КТ (в, е) определяются очаги патологического накопления РФЛП по капсулам печени и селезенки (красные стрелки). Также отмечается более высокое накопление ⁶⁸Ga-FAP-2286 в паренхиме печени и почек

Fig. 1. Patient 1. PET/CT with ⁶⁸Ga-FAPI-04 and ⁶⁸Ga-FAP-2286 (г, д, е), 60 minutes after radiopharmaceutical administration. On MIP PET (а, г), axial PET (б, д), and axial PET/CT (в, е) images, the foci of pathological radiopharmaceutical uptake are identified along the liver and the spleen capsules (red arrows). Higher uptake of ⁶⁸Ga-FAP-2286 in the liver and the kidney parenchyma is also noted

печени — 0,89, в грудной аорте — 1,26. При ПЭТ/КТ с ⁶⁸Ga-FAP-2286 значения SUV_{max} в опухолевой ткани, в паренхиме правой доли печени и в грудной аорте составили: на 1-м этапе (до 5 мин после введения РФП) — 5,18, 2,46 и 1,78 соответственно; на 2-м этапе (60 мин после введения РФП) — 5,84, 1,78 и 1,53 соответственно; на 3-м этапе (180 мин) — 4,39, 1,56 и 1,41 соответственно (табл. 1).

Таблица 1. Пациент 1. Изменение показателей SUV_{max} на трёх этапах ПЭТ/КТ-исследования с ⁶⁸Ga-FAP-2286 в опухолевой ткани, правой доле печени и грудной аорте

Patient 1. Changes in SUV_{max} values across the three phases of the PET/CT study with ⁶⁸Ga-FAP-2286 in the tumor tissue, the right hepatic lobe, and the thoracic aorta

	Опухоль	Печень	Аорта
5 мин	5,18	2,46	1,78
60 мин	5,84	1,78	1,53
180 мин	4,39	1,56	1,41

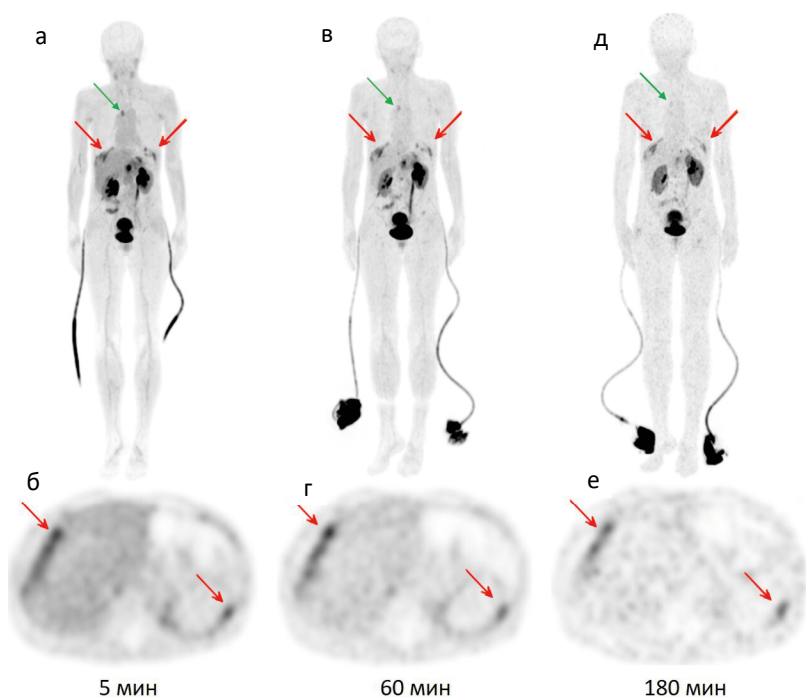


Рис. 2. Пациент 1. ПЭТ/КТ с ⁶⁸Ga-FAP-2286. Представлена ПЭТ-часть трёх этапов исследования: через 5 мин (а, б), через 60 мин (в, г), через 180 мин (д, е) после введения РФЛП. На всех этапах определяются очаги патологического накопления РФЛП, соответствующие опухолевой ткани — по капсулам печени и селезенки (красные стрелки), во внутригрудных лимфоузлах (зеленые стрелки)

Fig.2. Patient 2. PET/CT with ⁶⁸Ga-FAP-2286. The PET portion of the three-phase study is presented: at 5 minutes (а, б), 60 minutes (в, г), and 180 minutes (д, е) after radiopharmaceutical administration. At all phases, foci of pathological radiopharmaceutical uptake are identified, corresponding to tumor tissue along the liver and the spleen capsules (red arrows) and in the intrathoracic lymph nodes (green arrows)

Количество опухолевых очагов и степень их визуализации были идентичны при обоих ПЭТ/КТ-исследованиях с ⁶⁸Ga-FAPI-04 и ⁶⁸Ga-FAP-2286.

Клиническое наблюдение 2

Пациент Г., 58 лет (Пациент 2). Гепатоцеллюлярный рак. Хронический вирусный гепатит С. Цирроз печени Чайлд-Пью А. Состояние после трансартериальной химиоэмболизации (ТАХЭ) печени от 12.07.23. 2-й сеанс ТАХЭ от 31.08.2023. Состояние после 4 курса иммунотерапии и таргетной тера-

пии по 11.2023. Состояние после ТАХЭ от 21.05.2024. Ремиссия.

На момент проведения исследования ПЭТ/КТ-исследования — без признаков прогрессирования основного заболевания, ремиссия. По данным контрольной магнитно-резонансной томографии выявлены признаки холангита в левой доле печени в виде расширенных желчных протоков. В рамках настоящего исследования на первом этапе проведена ПЭТ/КТ с ⁶⁸Ga-FAPI-04 (рис. 3).

Вторым этапом через 5 дней проведена ПЭТ/КТ с ⁶⁸Ga-FAP-2286 (рис. 4).

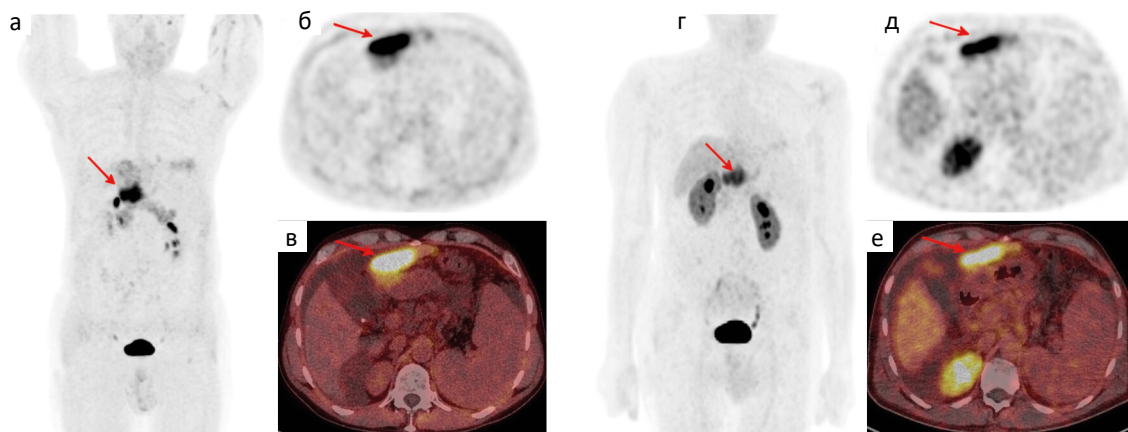


Рис. 3. Пациент 2. ПЭТ/КТ с ⁶⁸Ga-FAPI-04 (а,б,в) и ⁶⁸Ga-FAP-2286 (г,д,е), через 60 мин после введения РФЛП. На MIP ПЭТ (а,г), аксиальной проекции ПЭТ (б,д) и аксиальной проекции ПЭТ/КТ (в,е) определяется очаг патологического накопления РФЛП в левой доле печени (красные стрелки). Также отмечается более высокое накопление ⁶⁸Ga-FAP-2286 в паренхиме печени и почек

Fig. 3. PET/CT with ⁶⁸Ga-FAPI-04 (a, б, в) and ⁶⁸Ga-FAP-2286 (г, д, е), 60 minutes after radiopharmaceutical administration. On MIP PET (a, г), axial PET (б, д), and axial PET/CT (в, е) images, the focus of pathological radiopharmaceutical uptake is identified in the left lobe of the liver (red arrows). Higher uptake of ⁶⁸Ga-FAP-2286 in the liver and the kidney parenchyma is also noted

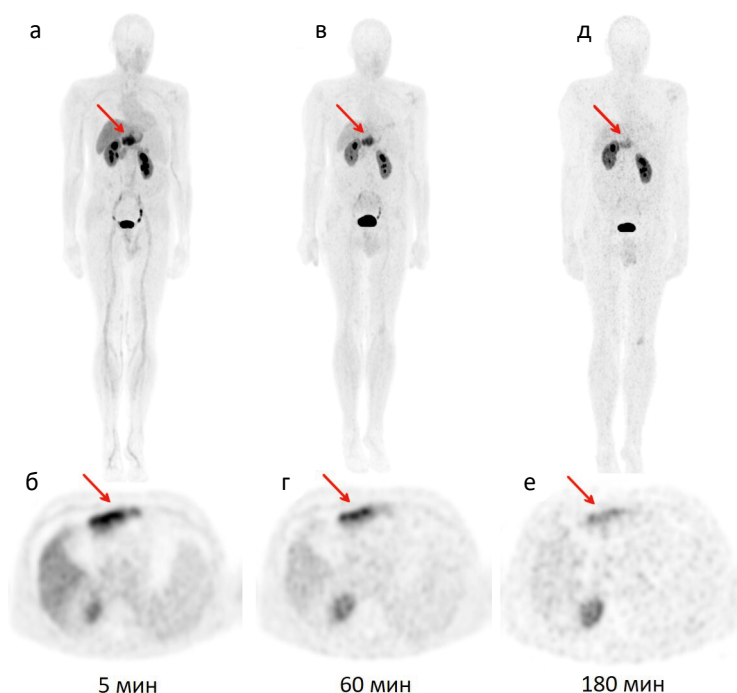


Рис. 4. Пациент 2. ПЭТ/КТ с ⁶⁸Ga-FAP-2286. Представлена ПЭТ-часть трёх этапов исследования: через 5 мин (а,б), через 60 мин (в,г), через 180 мин (д,е) после введения РФЛП. На всех этапах определяется очаг патологического накопления РФЛП в левой доле печени (красные стрелки), соответствующий воспалительным изменениям

Fig. 4. Patient 2. PET/CT with ⁶⁸Ga-FAP-2286. The PET portion of the three-phase study is presented: at 5 minutes (а, б), 60 minutes (в, г), and 180 minutes (д, е) after radiopharmaceutical administration. At all phases, foci of pathological radiopharmaceutical uptake are identified in the left hepatic lobe (red arrows), corresponding to inflammatory changes

Таблица 2. Пациент 2. Изменение показателей SUV_{max} на трёх этапах ПЭТ/КТ-исследования с ⁶⁸Ga-FAP-2286 в области холангита в левой доле печени, в правой доле печени и грудной аорте

Patient 2. Changes in SUV_{max} values across the three phases of the PET/CT study with ⁶⁸Ga-FAP-2286 in the area of cholangitis, the left hepatic lobe, the right hepatic lobe and the thoracic aorta

	Холангит (в левой доле печени)	Печень (правая доля)	Аорта
5 мин	11,75	5,1	2,26
60 мин	9,58	2,86	1,5
180 мин	7,72	2,23	1,39

При ПЭТ/КТ с ⁶⁸Ga-FAPI-04 значения SUV_{max} на 60-й минуте после введения РФЛП составили: в области холангита в левой доле печени — 15,66, в паренхиме правой доли печени — 1,76, в грудной аорте — 1,43. При ПЭТ/КТ с ⁶⁸Ga-FAP-2286 значения SUV_{max} в области холангита в левой доле печени, в паренхиме правой доли печени и в грудной аорте составили: на 1 этапе (до 5 мин после введения РФЛП) — 11,75, 5,1 и 2,26 соответственно; на 2 этапе (60 мин после введения РФЛП) — 9,58, 2,86 и 1,5 соответственно; на 3 этапе (180 мин) — 7,72, 2,23 и 1,39 соответственно (табл. 2).

Степень визуализации очага патологического накопления обоих РФЛП в левой доле печени была одинакова при обоих ПЭТ/КТ-исследованиях — с ⁶⁸Ga-FAPI-04 и ⁶⁸Ga-FAP-2286.

Результаты и обсуждение

В данную работу были включены два пациента: Пациент 1 — с онкологическим заболеванием (рак желудка) на этапе прогрессирования; Пациент 2 — с активным воспалительным процессом (холангит внутрипеченочных желчных протоков) и онкологическим заболеванием в анамнезе (гепатоцеллюлярный рак) в стадии ремиссии. Включение в

исследование пациента с активным воспалительным процессом было обусловлено потребностью проведения оценки динамического изменения показателей SUV_{max} ⁶⁸Ga-FAP-2286 в зоне воспаления — выявленные особенности могли повлиять на дифференциальную диагностику между опухолевым и воспалительным процессом.

При сравнении диагностической эффективности не было выявлено различий между ПЭТ/КТ с ⁶⁸Ga-FAPI-04 и ⁶⁸Ga-FAP-2286 — количество выявленных патологических очагов и степень их визуализации были идентичными.

Были выявлены отличия в фармакокинетике ⁶⁸Ga-FAP-2286 в опухолевых очагах (Пациент 1) и воспалительных изменениях (Пациент 2), выраженные в динамике SUV_{max} во времени. У Пациента 1 отмечено повышение уровня накопления ⁶⁸Ga-FAP-2286 в опухолевой ткани с пиком на 60-й минуте, с последующим снижением накопления к 180-й минуте. При этом значения SUV_{max} на 180-й минуте (4,39) не были существенно ниже значений SUV_{max} на 5-й минуте (5,18). SUV_{max} в печени и аорте характеризовались плавным снижением от 5-й минуты к 180-й минуте (рис. 5).

Отмечено, что SUV_{max} ⁶⁸Ga-FAP-2286 и SUV_{max} ⁶⁸Ga-FAPI-04 в опухолевой ткани на 60-й минуте существенно не отличались — 5,84 и 6,17 соответственно. Несколько более интенсивным было накопление на 60-й минуте ⁶⁸Ga-FAP-2286 в печени, чем ⁶⁸Ga-FAPI-04 (1,78 и 0,89 соответственно).

У Пациента 2 отмечалось снижение уровня SUV_{max} в области воспалительных изменений от 5-й минуты к 180-й минуте (от 11,75 до 7,72 соответственно), без образования промежуточного пика накопления. SUV_{max} в печени и аорте характеризовались плавным снижением от 5-й минуты к 180-й минуте, однако значения SUV_{max} в печени были выше, чем у Пациента 1 (5,1-2,86-2,23 у Пациента 2 и 2,46-1,78-1,56 у Пациента 1) (рис. 6).

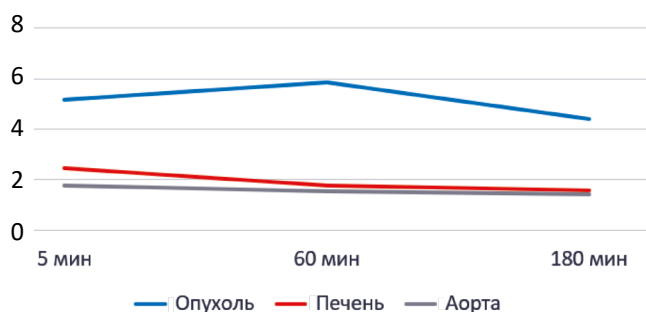


Рис. 5. Пациент 1. Динамика показателей SUV_{max} ⁶⁸Ga-FAP-2286 в опухолевой ткани, правой доле печени, аорте

Fig. 5. Patient 1. Dynamics of SUV_{max} values for ⁶⁸Ga-FAP-2286 in the tumor tissue, the right hepatic lobe, and the aorta

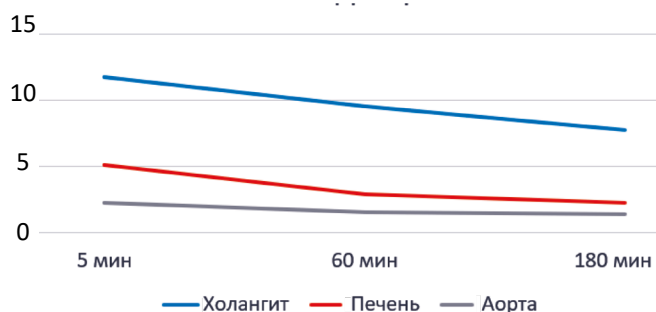


Рис. 6. Пациент 2. Динамика показателей SUV_{max} ⁶⁸Ga-FAP-2286 в области холангита, в левой доле печени, в правой доле печени и грудной аорте

Fig. 6. Patient 2. Dynamics of SUV_{max} values for ⁶⁸Ga-FAP-2286 in the area of cholangitis, the left hepatic lobe, the right hepatic lobe and the thoracic aorta

Высокие фоновые значения накопления ⁶⁸Ga-FAP-2286 в паренхиме печени (исключая область холангита) были связаны с хроническим воспалительным процессом (хронический вирусный гепатит С, цирроз печени Чайлд-Пью А). Отсутствие пика накопления от 5-й минуты к 180-й минуте свидетельствует об отсутствии активной опухолевой ткани.

Заключение

Установлено, что ⁶⁸Ga-FAPI-04 и ⁶⁸Ga-FAP-2286 обладают схожими диагностическими характеристиками, следовательно, в рутинной практике без планирования РНТ целесообразно применять ⁶⁸Ga-FAPI-04 — синтез данного РФЛП наименее затратен в финансовом аспекте и наиболее прост технически при сравнении с другими FAPI (FAP)-содержащими РФЛП. Для использования в РНТ ⁶⁸Ga-FAP-2286 представляется оптимальным РФЛП вследствие эффективной фармакокинетики, однако необходимо значительно более масштабное исследование, посвященное уточнению роли ⁶⁸Ga-FAP-2286 как компонента тераностической пары. Также были выявлены различия в фармакокинетики ⁶⁸Ga-FAP-2286 в опухолевых и воспалительных изменениях.

Список литературы / References

1. Белкин ЕВ, Тулин ПЕ, Абу-Хайдар ОБ. ПЭТ/КТ с ⁶⁸Ga-FAPI и ¹⁸F-FDG в оценке метастатического поражения регионарных лимфоузлов при раке желудка. Онкологический журнал: лучевая диагностика, лучевая терапия. 2025;8(1):29-35.
Belkin EV, Tulin PE, Abu-Khaydar OB. PET/CT with ⁶⁸Ga-FAPI and ¹⁸F-FDG in the Detection of Metastases in Regional Lymph Nodes in Gastric Cancer. Journal of Oncology: Diagnostic Radiology and Radiotherapy. 2025;8(1):29-35. (In Russ.). <https://doi.org/10.37174/2587-7593-2025-8-1-29-35>
2. Тулин ПЕ, Поляков АН, Пронин АИ. ПЭТ/КТ с ⁶⁸Ga-FAPI в диагностике рака неизвестной первичной локализации. Клиническое наблюдение. Онкологический журнал: лучевая диагностика, лучевая терапия. 2023;6(4):99-104.

Вклад авторов

Тулин П.Е.: разработка дизайна статьи, обзор публикаций по теме статьи, анализ полученных данных, написание текста рукописи.
Деньгина Т.А.: обзор публикаций по теме статьи, написание текста рукописи.
Невзоров Д.И., Соломяный В.В., Филимонов А.В., Долгушин Б.И.: редактирование статьи.

Финансирование. Исследование проведено без спонсорской поддержки.

Конфликт интересов. Долгушин Б.И. является главным редактором журнала «Онкологический журнал: лучевая диагностика, лучевая терапия», но не имеет никакого отношения к решению опубликовать эту статью. Статья прошла принятую в журнале процедуру рецензирования. Об иных конфликтах интересов авторы не заявляли.
Соответствие принципам этики. Одобрение этического комитета не требовалось.

Информированное согласие. Пациенты подписали информированное согласие на публикацию данных.

Поступила: 15.12.2025.

Принята к публикации: 04.02.2026.

Опубликована online: 26.03.2026.

3. Wang H, Zhu W, Ren S, et al. ⁶⁸Ga-FAPI-04 versus ¹⁸F-FDG PET/CT in the detection of hepatocellular carcinoma. Frontiers in Oncology, 11, 2021;693640. <https://doi.org/10.3389/fonc.2021.693640>
4. Elboga U, Sahin E, Kus T, et al. Superiority of ⁶⁸Ga-FAPI PET/CT scan in detecting additional lesions compared to ¹⁸F-FDG PET/CT scan in breast cancer. Annals of Nuclear Medicine 35, 2021;1321-31. <https://doi.org/10.1007/s12149-021-01672-x>
5. Kessler L, Hirmas N, Pabst KM, et al. ⁶⁸Ga-Labeled fibroblast activation protein inhibitor (⁶⁸Ga-FAPI) PET for pancreatic adenocarcinoma: data from the ⁶⁸Ga-FAPI PET observational trial. Journal of Nuclear Medicine, 2023;64(12):1910-17. <https://doi.org/10.2967/jnumed.122.264827>
6. Loktev A, Lindner T, Burger EM, et al. Development of fibroblast activation protein-targeted radiotracers with improved tumor retention. Journal of Nuclear Medicine, 2019;60(10):1421-9. <https://doi.org/10.2967/jnumed.118.224469>
7. Fu K, Pang Y, Zhao L, et al. FAP-targeted radionuclide therapy with [¹⁷⁷Lu]Lu-FAPI-46 in metastatic nasopharyngeal carcinoma. European Journal of Nuclear Medicine & Molecular Imaging 49, 2022;1767-9 <https://doi.org/10.1007/s00259-021-05634-3>
8. Zboralski D, Hoehne A, Bredenbeck A, et al. Preclinical evaluation of FAP-2286 for fibroblast activation protein targeted radionuclide imaging and therapy. European Journal of Nuclear Medicine & Molecular Imaging 49, 2022;3651-67. <https://doi.org/10.1007/s00259-022-05842-5>
9. Yizhen P, Liang Zh, Tinghua M, et al. Journal of Nuclear Medicine, 2023;64 (3):386-94. <https://doi.org/10.2967/jnumed.122.264544>
10. Kline B, Yadav S, Seo Y, et al. ⁶⁸Ga-FAP-2286 PET of Solid Tumors: Biodistribution, Dosimetry, and Comparison with ¹⁸F-FDG. Journal of Nuclear Medicine, 2024;65(6):938-943. <https://doi.org/10.2967/jnumed.123.267281>; PMID: 38697672; PMCID: PMC11149593
11. Pang Y, Zhao L, Meng T, et al. PET imaging of fibroblast activation protein in various types of cancer using ⁶⁸Ga-FAP-2286: comparison with ¹⁸F-FDG and ⁶⁸Ga-FAPI-46 in a single-center, prospective study. Journal of Nuclear Medicine, 2023;64(3):386-94. <https://doi.org/10.2967/jnumed.122.264544>

Information about the authors

Pavel E. Tulin, <https://orcid.org/0000-0001-7226-5129>
Tamara A. Dengina, <https://orcid.org/0009-0002-0651-9711>
Viktor V. Solomyany, <https://orcid.org/0009-0007-6294-5826>
Aleksandr V. Filimonov, <https://orcid.org/0009-0001-6694-9564>
Denis I. Nevzorov, <http://orcid.org/0000-0003-2969-0191>
Boris I. Dolgushin, <https://orcid.org/0000-0001-7185-7165>

Authors' contributions

Pavel E. Tulin: developing the design of the article, reviewing publications on the topic of the article, analyzing the obtained data, writing the manuscript.

Tamara A. Dengina: reviewing publications on the topic of the article, writing the manuscript.

Viktor V. Solomyany, Aleksandr V. Filimonov, Denis I. Nevzorov, Boris I. Dolgushin: editing of the article.

Funding. The study had no sponsorship.

Conflict of interests. B.I. Dolgushin is the editor-in-chief of the journal "Journal of oncology: diagnostic radiology and radiotherapy" but had no role in the decision to publish this article. The article has undergone the journal's established peer-review process. The authors have declared no other conflicts of interest.

Ethical compliance. Ethical committee approval was not necessary.

Informed consent. The patients signed informed consent for the publication of the data.

Received: 15.12.2025.

Accepted for publication: 04.02.2026.

Published online: 26.03.2026.