

ПЭТ/КТ С ⁶⁸Ga-FAPI И ¹⁸F-FDG В ОЦЕНКЕ ОТДАЛЕННОГО МЕТАСТАТИЧЕСКОГО ПОРАЖЕНИЯ ПРИ РАКЕ ЖЕЛУДКА

Белкин Е.В.¹✉, Тулин П.Е.¹, Бадаян А.М.², Абу-Хайдар О.Б.¹, Соломяный В.В.¹, Филимонов А.В.¹

¹ Национальный медицинский исследовательский центр онкологии им. Н.Н. Блохина Минздрава России; Россия, 115478 Москва, Каширское шоссе, 24

² Центр производства радиоизотопов Минздрава Армении; Армения, Ереван, улица Алабяна, 38/7

✉ Белкин Егор Владимирович, ega.belkin@yandex.ru

РЕФЕРАТ

Цель: Определить диагностическую эффективность ПЭТ/КТ с ⁶⁸Ga-FAPI в M-стадировании рака желудка.

Материалы и методы: В исследование включены 57 пациентов с верифицированным раком желудка. Всем пациентам проведены ПЭТ/КТ с ⁶⁸Ga-FAPI и ПЭТ/КТ с ¹⁸F-FDG. Сравнивалась диагностическая точность ПЭТ/КТ с обоими РФЛП по параметрам чувствительности и специфичности в отношении выявления отдаленного метастатического поражения. Оценка данных проводилась на основании гистологически верифицированного заболевания и данных клинического наблюдения / дообследования.

Результаты: 57 пациентов прошли ПЭТ/КТ с ⁶⁸Ga-FAPI и ПЭТ/КТ с ¹⁸F-FDG. У 5 пациентов (8.7 %) схема лечения была изменена с радикального на паллиативное на основании результатов ПЭТ/КТ с ⁶⁸Ga-FAPI. ПЭТ/КТ с ⁶⁸Ga-FAPI выявила отдалённые метастазы у 29 пациентов (50.8 %), при использовании ¹⁸F-FDG отдаленные метастазы обнаружены у 18 пациентов (31.5 %). Чувствительность ПЭТ/КТ с ⁶⁸Ga-FAPI в выявлении отдалённых метастазов составила 100 %, а специфичность — 85,7 %, тогда как для ¹⁸F-FDG эти показатели составили 62 % и 90 % соответственно.

Заключение: ПЭТ/КТ с ⁶⁸Ga-FAPI является более эффективным методом диагностики в выявлении отдаленных метастазов рака желудка, чем ПЭТ/КТ с ¹⁸F-FDG. Полученные результаты свидетельствуют о необходимости использования ПЭТ/КТ с ⁶⁸Ga-FAPI в клинической практике для более точной диагностики и выбора тактики лечения при раке желудка.

Ключевые слова: ПЭТ, позитронная эмиссионная томография, ⁶⁸Ga-FAPI, ¹⁸F-FDG, рак желудка

Для цитирования: Белкин Е.В., Тулин П.Е., Бадаян А.М., Абу-Хайдар О.Б., Соломяный В.В., Филимонов А.В. ПЭТ/КТ с ⁶⁸Ga-FAPI и ¹⁸F-FDG в оценке отдаленного метастатического поражения при раке желудка. Онкологический журнал: лучевая диагностика, лучевая терапия. 2026;9(1):16-23.

<https://doi.org/10.37174/2587-7593-2026-9-1-16-23>

PET/CT WITH ⁶⁸Ga-FAPI AND ¹⁸F-FDG IN THE DETECTION OF DISTANT METASTASES OF GASTRIC CANCER

Egor V. Belkin¹✉, Pavel E. Tulin¹, Armine M. Badeyan²,
Omar B. Abu-Khaidar¹, Victor V. Solomyanyy¹, Alexander V. Filimonov¹

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

² Radioisotope Production Centre: 38/7, Alabyana str., Yerevan, Armenia

✉ Egor V. Belkin, e-mail: ega.belkin@yandex.ru

ABSTRACT

Purpose: To determine the diagnostic effectiveness of PET/CT with ⁶⁸Ga-FAPI in the detection and staging of metastases in patients with gastric cancer.

Material and methods: The study included 57 patients with histologically confirmed gastric cancer. All patients underwent PET/CT with ⁶⁸Ga-FAPI and PET/CT with ¹⁸F-FDG. The diagnostic accuracy of the methods was compared based on sensitivity and specificity parameters in detecting distant metastatic lesions. Data assessment was conducted based on histologically verified disease and clinical follow-up data.

Results: 57 patients underwent both ⁶⁸Ga-FAPI PET/CT and ¹⁸F-FDG PET/CT. In 5 patients (8.7 %), the treatment plan was changed from radical to palliative based on the ⁶⁸Ga-FAPI PET/CT results. ⁶⁸Ga-FAPI PET/CT detected distant metastases in 29 patients (50.8 %), while with ¹⁸F-FDG, distant metastases were detected in 18 patients (31.5 %). The sensitivity of ⁶⁸Ga-FAPI PET/CT in detecting distant metastases was 100 %, with a specificity of 85.7 %, whereas for ¹⁸F-FDG, these values were 62 % and 90 %, respectively.

Conclusion: PET/CT with ⁶⁸Ga-FAPI is a more effective diagnostic method for detecting distant metastases of gastric cancer than PET/CT with ¹⁸F-FDG. The obtained results indicate the need to use PET/CT with ⁶⁸Ga-FAPI in clinical practice for more accurate diagnosis and treatment strategy selection in gastric cancer.

Key words: PET, positron emission tomography, ⁶⁸Ga-FAPI, ¹⁸F-Fluorodeoxyglucose, gastric cancer

For citation: Belkin E.V., Tulin P.E., Badeyan A.M., Filimonov A.V., Abu-Khaidar O.B., Solomyanyy V.V. PET/CT with ⁶⁸Ga-FAPI and ¹⁸F-FDG in the Detection of Distant Metastases of Gastric Cancer. Journal of Oncology: Diagnostic Radiology and Radiotherapy. 2026;9(1):16-23. (In Russ.).

<https://doi.org/10.37174/2587-7593-2026-9-1-16-23>

Введение

Согласно данным GLOBOCAN (2022), рак желудка (РЖ) находится на пятом месте в структуре онкологической заболеваемости и смертности. Ежегодно диагностируется приблизительно один миллион новых случаев РЖ. Наибольшая распространенность РЖ характерна для регионов Восточной Азии, Восточной Европы и Южной Америки. При этом мужчины заболевают в два раза чаще, чем женщины. Агрессивный характер болезни и ее частое выявление на поздних стадиях обуславливают высокий уровень летальности, который в 2022 г. составил более 660 тыс. смертельных исходов [1].

За последние десятилетия отмечается снижение заболеваемости и смертности, что связано с улучшением условий жизни, уменьшением распространенности инфекции *Helicobacter pylori*, а также внедрением скрининговых программ в регионах с высокой частотой РЖ [2–5]. Вместе с тем, повышение уровня заболеваемости среди молодого поколения (до 50 лет) в экономически развитых странах свидетельствует об изменении спектра факторов риска, что определяет важность акцента на стратегиях досимптомного выявления и превентивных мероприятиях [6]. Современные научные представления всё больше свидетельствуют о критической важности досимптомного выявления заболеваний, поскольку установлено, что именно временной фактор в диагностике имеет первостепенное значение для оптимизации прогноза и уменьшения летальности.

Алгоритм диагностики рака желудка является комплексным. На первом этапе, в соответствии с рекомендациями RUSSCO (2024), выполняется эзофагогастродуоденоскопия (ЭГДС) с обязательной мультифокальной биопсией не менее чем с 6–8 участков. Целью этого вмешательства служит точное определение локализации опухолевого процесса и его морфологическая верификация. Благодаря своей высокой диагностической ценности, ЭГДС остается «золотым стандартом», позволяя визуализировать размеры и макроскопический тип опухоли, а также спрогнозировать риск развития осложнений [7].

Для выбора оптимального хирургического доступа и определения объема резекции рекомендуется проведение рентгенографии пищевода, желудка и двенадцатиперстной кишки. Это особенно важно при инвазии опухоли в указанные органы и/или при наличии симптомов опухолевого стеноза/перфорации [8]. Тем не менее, проведение рентгенографии на ранних стадиях рака желудка не рекомендуется в связи с низкой диагностической ценностью этого метода [9].

Компьютерная томография (КТ) служит стандартным методом лучевой диагностики при раке желудка. С целью комплексной оценки характеристик первичной опухоли и степени распространенности метастатического процесса выполняют сканирование органов грудной клетки, брюшной полости, забрюшинного пространства и малого таза, обязательным условием которого является использование перорального и внутривенного контрастного усиления.

Наиболее частыми локализациями гематогенных метастазов рака желудка являются печень, надпочечники, легкие, кости и яичники. При выявлении подозрительных очагов по данным КТ рекомендуется их пункционная биопсия под ультразвуковым наведением. Вместе с тем, данная процедура не выполняется при доказанном генерализованном процессе. Ее проведение показано в ситуациях обнаружения солитарного очага, когда подтверждение его метастатической природы изменяет стадию заболевания, переводя его из категории локального в диссеминированный [10]. По данным нескольких мета-анализов, диагностическая эффективность КТ в M-стадировании РЖ варьируется: чувствительность — 33 %, специфичность — 99 %. Такие широкие диапазоны показателей эффективности КТ связаны с затруднением дифференцировки пораженных и гиперплазированных регионарных лимфатических узлов, а также с ограничением в выявлении метастатического поражения лимфатических узлов без изменения их формы и размеров [11, 12].

Позитронная эмиссионная томография, совмещенная с компьютерной томографией (ПЭТ/КТ) с ¹⁸F-ФДГ, в диагностике рака желудка носит ограниченный характер. Метод не используется для первичного выявления и оценки основной опухоли и не рекомендуется при однозначно установленной стадии M₁, а также на стадии T₁, характеризующейся низким метастатическим потенциалом. Однако проведение ПЭТ/КТ возможно при подозрении на отдаленные метастазы в тех случаях, когда их подтверждение существенно меняет тактику лечения [8, 13, 14]. По данным нескольких исследований, значения чувствительности и специфичности ПЭТ/КТ с ¹⁸F-FDG в M-стадировании РЖ составляют 28–33 % и 95–97 % соответственно [11, 15]. Ограничения применения ПЭТ/КТ с ¹⁸F-FDG при РЖ связаны не только с недостаточно высокой доступностью метода, но и с повышенным накоплением ¹⁸F-FDG в стенках желудка, что чаще всего обусловлено наличием воспалительных изменений [16]. Однако наиболее важным фактором, ограничивающим ПЭТ-диагностику РЖ с ¹⁸F-FDG, является зависимость уровня накопления ¹⁸F-FDG

от гистологической характеристики РЖ. Так, перстневидноклеточный рак, обладающий низкой целлюлярностью и слабовыраженной экспрессией транспортера глюкозы GLUT1, накапливает ^{18}F -FDG с меньшей интенсивностью, чем опухоли кишечного типа (гистологическая классификация инвазивного рака желудка по Лаурену, 1965 г.) [17].

В настоящей работе для стратификации опухолей использована классификация рака желудка по Лаурену (кишечный, диффузный, смешанный и неопределенный типы), поскольку она широко применяется в клинико-радиологических исследованиях и имеет наибольшее значение при интерпретации данных ПЭТ/КТ. Известно, что метаболическая активность опухолей и уровень накопления ^{18}F -ФДГ в значительной степени коррелируют с морфологическими особенностями и степенью клеточной когезии, что отражается именно в классификации по Лаурену: диффузный тип, как правило представленный дискогезивной (в том числе перстневидноклеточной) карциномой, характеризуется низкой плотностью опухолевых клеток и повышенным содержанием муцина, что ассоциируется с более низким уровнем накопления РФЛП; напротив, кишечный тип чаще соответствует высоко- или умеренно дифференцированной аденокарциноме с формированием железистых структур и демонстрирует более выраженную ФДГ-avidность.

Другие гистологические варианты рака желудка, включая аденокарциномы различной степени дифференцировки, дискогезивную карциному, железисто-плоскоклеточные и нейроэндокринные опухоли, в рамках данной работы отдельно не анализировались, поскольку большинство из них может быть сопоставлено с типами по Лаурену с точки зрения морфологической организации опухоли и ожидаемых особенностей метаболизма глюкозы при ПЭТ/КТ. Таким образом, использование классификации по Лаурену позволило сосредоточиться на клинически значимых различиях в визуализации опухолей без избыточного дробления подгрупп при ограниченном объеме выборки.

Вышеуказанные ограничения сужают диагностические возможности ПЭТ/КТ с ^{18}F -FDG в диагностике РЖ. Развитие ПЭТ-диагностики в этой области связано с созданием новых туморотропных РФЛП. Перспективным считается ^{68}Ga -FAPi, который является генераторным (нециклотронным) радиофармпрепаратом. ^{68}Ga -FAPi обладает тропностью к трансмембранной молекуле FAP (fibroblast activation protein), расположенной в мембране опухоли-ассоциированных фибробластов. Данные фибробласты являются основным компонентом микроокружения 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 [18].

В настоящее время существуют единичные публикации, основанные на исследованиях с ограниченной выборкой пациентов с РЖ. Несмотря на относительно небольшой объем накопленных данных, в них демонстрируется, что ^{68}Ga -FAPi обладает существенными преимуществами в сравнении с ^{18}F -FDG, среди которых — менее интенсивное накопление в очагах воспаления и оптимальная эффективность визуализации как диффузного, так и кишечного типов рака желудка [19–22].

Настоящая работа представляет собой одно из наиболее крупных исследований в мире, посвященных оценке отдаленных метастазов у больных с диагнозом рак желудка, и первым исследованием в России, включающем сравнение ПЭТ/КТ с ^{68}Ga -FAPi и ^{18}F -FDG в контексте указанной проблемы.

Настоящая работа представляет собой одно из наиболее крупных исследований в мире, посвященных оценке отдаленных метастазов у больных с диагнозом рак желудка, и первым исследованием в России, включающем сравнение ПЭТ/КТ с ^{68}Ga -FAPi и ^{18}F -FDG в контексте указанной проблемы.

Материалы и методы

В исследование были включены 57 пациентов (33 мужчин, 24 женщин) с диагнозом рака желудка, в возрасте от 27 до 80 лет. Все пациенты проходили ПЭТ/КТ-исследование с двумя радиофармпрепаратами: ^{18}F -FDG и ^{68}Ga -FAPi в период с сентября 2022 г. по октябрь 2025 г. в НМИЦ онкологии им. Н.Н. Блохина МЗ РФ.

Распределение пациентов по гистологическому типу опухолей было следующим:

- диффузный тип — 14 пациентов;
- кишечный тип — 17 пациентов;
- смешанный тип — 14 пациентов;
- неопределенный тип — 12 пациентов.

Критерии включения в исследование:

- гистологически подтвержденный диагноз рак желудка;
- отсутствие предшествующего хирургического и/или химиотерапевтического лечения;
- отсутствие противопоказаний к проведению ПЭТ/КТ;
- выполнение двух ПЭТ/КТ-исследований (с ^{68}Ga -FAPi и ^{18}F -FDG) с интервалом менее 7 дней.

Сканирование осуществлялось на ПЭТ/КТ-сканере Biograph mCT (Siemens, Германия).

ПЭТ/КТ с ^{18}F -FDG выполнялась через 60 мин после внутривенного введения РФЛП, от темени до коленных суставов, верхние конечности подняты вверх, продолжительность сканирования 3 мин на одну «кровать». Средняя вводимая активность вычислялась из расчета 5 МБк на 1 кг массы тела. Подготовка к исследованию включала безуглевод-

ную диету за сутки до исследования, прием пищи не ранее чем за 6 ч до времени исследования, отсутствие физических нагрузок в день исследования. Всем пациентам перед исследованием измеряли уровень глюкозы.

ПЭТ/КТ с ⁶⁸Ga-FAPI выполнялась без специальной подготовки пациента, вводимая активность составила 2,5 МБк/кг массы тела пациента, исследование проводили через 60 мин после введения РФЛП, область и длительность сканирования были аналогичными применяемым параметрам сканирования для ¹⁸F-FDG.

Интервал между двумя ПЭТ/КТ-исследованиями для каждого пациента не превышал 7 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 ПЭТ/КТ-сканирования осуществлялась путем визуальной оценки формы и размеров, а также измерения показателя стандартизованного уровня накопления SUV_{max-bw} .

Статистический анализ выполнялся с использованием программного обеспечения SPSS (версия 27.0; IBM Inc.). Непрерывные переменные представлены в виде среднего значения \pm стандартное отклонение (SD). Категориальные переменные выражены в виде количества и процента. Количество положительных очагов сравнивалось с использованием критерия χ^2 , а для оценки различий значений SUV_{max} между двумя группами применялся t-критерий Стьюдента. Значение p менее 0,05 считалось статистически значимым.

Признаком метастатического поражения по данным ПЭТ/КТ считалось наличие патологического накопления ⁶⁸Ga-FAPI и/или ¹⁸F-FDG. При отсутствии изменения формы и/или увеличения размеров наличие очага патологического накопления РФЛП рассматривалось как более точный критерий метастатического поражения. Изменение/увеличение размеров при отсутствии патологического накопления РФЛП рассматривалось как метастатическое поражение (КТ-критерий).

Методами, подтверждающими или опровергающими результаты ПЭТ/КТ, являлись:

- Гистологическая верификация (при локализации патологического очага, не доступного для морфологической верификации, за референсный стандарт принимали совпадение данных ПЭТ с результатами других методов лучевой диагностики (УЗИ, КТ, МРТ с контрастированием, ангиографии, остеосцинтиграфии) в совокупности с динамикой клинико-диагностических показателей. Для диагностической лапароскопии референсным стандартом положительного

результата были результаты биопсии макроскопически подозрительных образований, а ложноотрицательными результатами считались метастазы в брюшине, обнаруженные во время гастрэктомии или в течение 6 месяцев после первоначально отрицательного результата диагностической лапароскопии. Также ложноотрицательным результатом считали отсутствие гиперфиксации РФЛП в зоне структурных изменений, подтверждённых альтернативными лучевыми или морфологическими методами.

- Положительная или отрицательная динамика при соответствии с идентичными динамическими изменениями в первичной опухоли и в других опухолевых очагах.

Результаты

У всех 57 (100 %) пациентов первичная опухоль была выявлена с использованием ⁶⁸Ga-FAPI, тогда как при применении ¹⁸F-FDG опухоль визуализировалась только у 38 (66,6 %) пациентов.

Отдаленное метастатическое поражение по данным ПЭТ/КТ с ⁶⁸Ga-FAPI было выявлено у 29 (50,8 %) пациентов, среди которых у 7 (12,2 %) был установлен кишечный тип рака желудка, 9 (15,7 %) — диффузный, 8 (14 %) — неопределённый, 5 (8,7 %) — смешанный. При ПЭТ/КТ с ¹⁸F-FDG отдаленные метастазы обнаружены у 18 (31,5 %) пациентов: 7 (12,2 %) с кишечным типом, 6 (10,5 %) с диффузным, 3 (5,2 %) со смешанным и 2 (3,5 %) с неопределённым типом опухоли (табл. 1).

Метастатическое поражение отдаленных лимфатических узлов по данным ПЭТ/КТ с ⁶⁸Ga-FAPI было выявлено у 21 пациента, среди которых у 7 (12,2 %) было поражение забрюшинных парааортальных лимфатических узлов, 8 (14 %) — тазовых, 2 (3,5 %) — внутригрудных и 4 (7 %) — надключичных. В то же время при ПЭТ/КТ-исследовании с ¹⁸F-FDG метастазы в отдаленных лимфатических узлах были обнаружены у 12 пациентов: 4 (7 %) с поражением забрюшинных парааортальных лимфатических узлов, 3 (5,2 %) — тазовых, 2 (3,5 %) — внутригрудных и 3 (5,2 %) — надключичных (рис. 1).

По данным ПЭТ/КТ с ⁶⁸Ga-FAPI из 57 пациентов у 7 (12,2 %) были выявлены и подтверждены метастазы по брюшине, тогда как при ПЭТ/КТ с ¹⁸F-FDG они обнаружены только у 1 (1,7 %) пациента (рис. 2). Подобные находки позволили в 5 (8,7 %) из этих случаев скорректировать стадию, благодаря чему пациенты были переведены на химиотерапевтическое лечение.

При анализе выявления отдалённых метастазов в костях ПЭТ/КТ с ⁶⁸Ga-FAPI позволила выявить поражение у 6 (10,5 %) пациентов, тогда как ПЭТ/КТ с ¹⁸F-FDG только у 2 (3,5 %) пациентов (рис. 3).

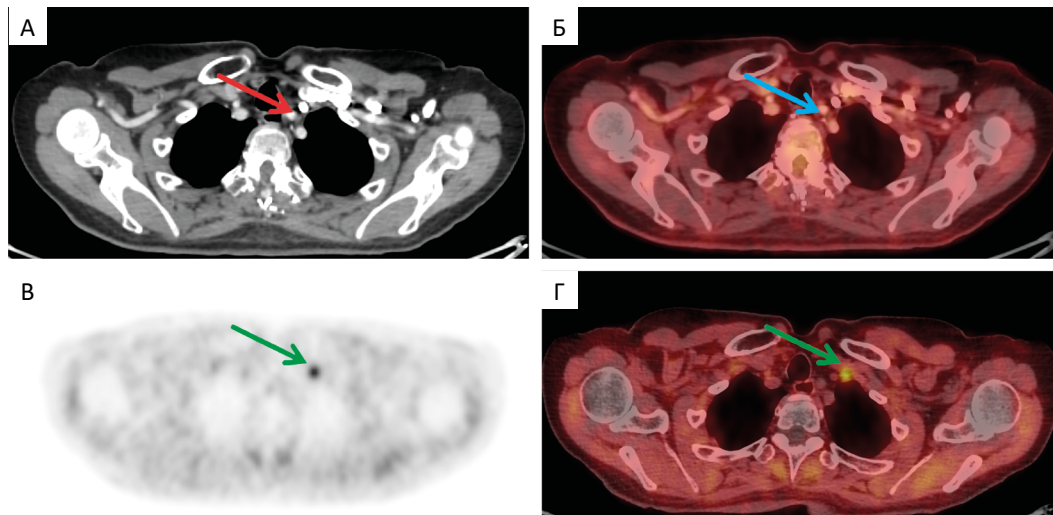


Рис. 1. По данным КТ (А — аксиальная проекция) в левой надключичной области определяется одиночный, неувеличенный, плоский лимфатический узел (красная стрелка). По данным ПЭТ/КТ с ^{18}F -FDG (Б — аксиальная проекция, синяя стрелка) патологическое накопление РФЛП не определяется. При ПЭТ/КТ-исследовании с ^{68}Ga -FAPi (В, Г — аксиальные проекции) патологическое накопление РФЛП отмечается в одиночном надключичном лимфатическом узле слева (зеленые стрелки). В других исследованных отделах очаги патологического накопления РФЛП не были выявлены

Fig. 1. According to CT (A — axial view), a solitary, non-enlarged, flat lymph node is visualized in the left supraclavicular region (red arrow). According to ^{18}F -FDG PET/CT (Б — axial view, blue arrow), no pathological radiopharmaceutical uptake is detected. On ^{68}Ga -FAPi PET/CT examination (В, Г — axial views), pathological uptake is observed in the solitary supraclavicular lymph node (green arrows). In the other examined areas, no foci of pathological radiopharmaceutical uptake were detected

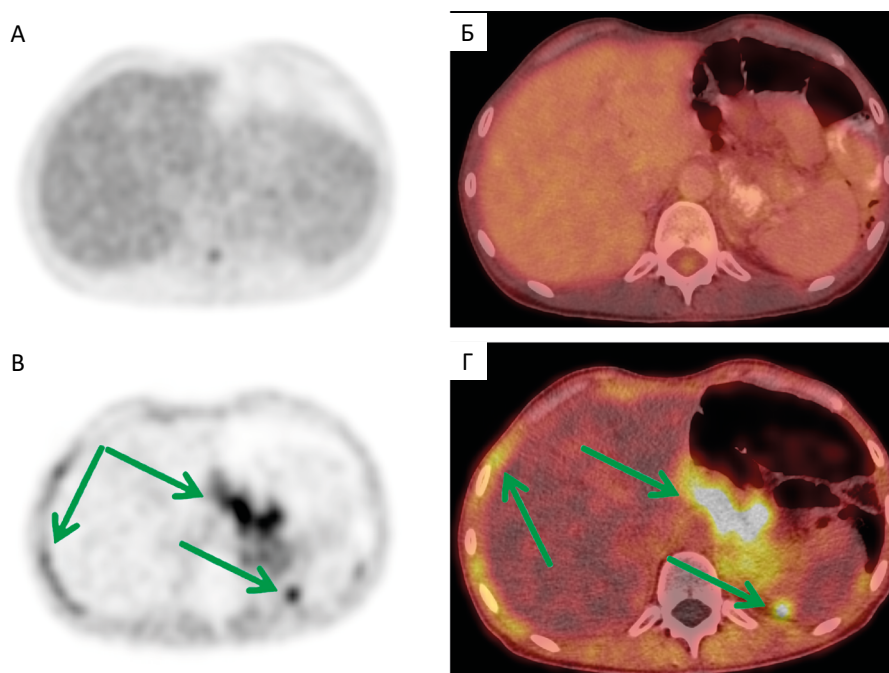


Рис. 2. По данным ПЭТ/КТ с ^{18}F -FDG (А, Б — аксиальные проекции) патологическое накопление РФЛП не определяется. При ПЭТ/КТ-исследовании с ^{68}Ga -FAPi (В, Г — аксиальные проекции) определяются очаги патологического накопления по капсуле печени, капсуле селезенки, брюшине, в клетчатке брюшной полости (зеленые стрелки), что позволило пациенту перевести на химиотерапию вместо обычного наблюдения

Fig. 2. According to ^{18}F -FDG PET/CT (A, Б — axial views), no pathological radiopharmaceutical uptake is detected. On ^{68}Ga -FAPi PET/CT examination (В, Г — axial views), foci of pathological uptake are identified along the liver capsule, splenic capsule, peritoneum, and in the abdominal adipose tissue (green arrows). This finding led to the patient being switched to chemotherapy instead of routine observation

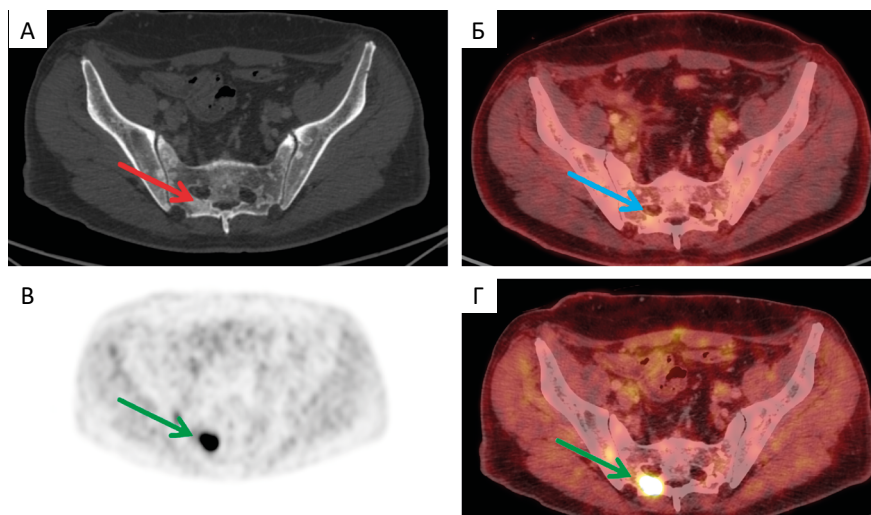


Рис. 3. По данным КТ (А — аксиальная проекция) в костях таза определяются множественные бластические метастазы (красная стрелка). По данным ПЭТ/КТ с ¹⁸F-FDG (Б — аксиальная проекция, синяя стрелка) патологическое накопление РФЛП не определяется. При ПЭТ/КТ-исследовании с ⁶⁸Ga-FAPI (В, Г — аксиальные проекции) определяется патологическое накопления РФЛП в указанных костных очагах (зеленые стрелки)

Fig. 3. According to CT (A — axial view), multiple blastic metastases are identified in the pelvic bones (red arrow). Based on ¹⁸F-FDG PET/CT (Б — axial view, blue arrow), no pathological radiopharmaceutical uptake is detected. On the ⁶⁸Ga-FAPI PET/CT examination (В, Г — axial views), pathological radiopharmaceutical uptake is observed in the aforementioned bone lesions (green arrows)

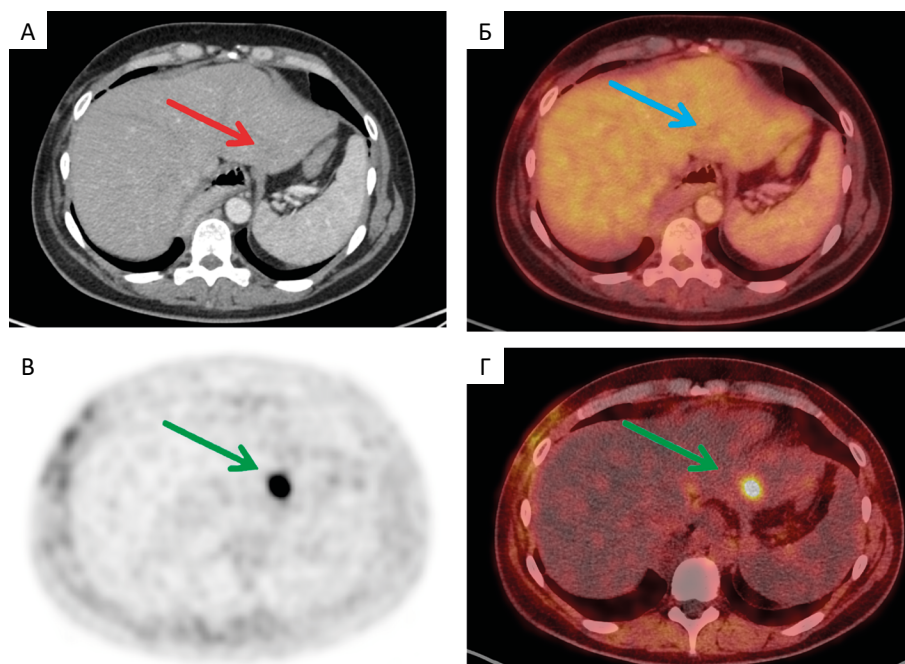


Рис. 4. По данным КТ (А — аксиальная проекция) в левой доле печени отмечается одиночное гиподенсное образование с неровным, нечетким контуром (А — красная стрелка). По данным ПЭТ/КТ с ¹⁸F-FDG (Б — аксиальная проекция, синяя стрелка) патологическое накопление РФЛП не определяется. При ПЭТ/КТ-исследовании с ⁶⁸Ga-FAPI (В, Г — аксиальные проекции) патологическое накопление визуализируется в узловом образовании в S2 печени (зеленые стрелки)

Fig. 4. According to CT (A — axial view), a solitary hypodense lesion with irregular, indistinct borders is noted in the left lobe of the liver (red arrow). On ¹⁸F-FDG PET/CT (Б — axial view, blue arrow), no pathological radiopharmaceutical uptake is detected. During the ⁶⁸Ga-FAPI PET/CT examination (В, Г — axial views), pathological uptake is visualized in the nodular lesion in segment S2 of the liver (green arrows)

При выявлении метастазов в паренхиматозных органах ПЭТ/КТ с ⁶⁸Ga-FAPI также показала бóльшую эффективность: обнаружено 9 (15,7 %) ме-

тастатических очагов (4 в печени и 5 в лёгких) против 5 (8,7 %), выявленных при ПЭТ/КТ с ¹⁸F-FDG (3 в печени и 2 в лёгких) (рис. 4).

Таблица 1. Количество FAPI- и FDG-позитивных пациентов с отдаленными метастазами рака желудка
Table 1. Number of FAPI- and FDG-positive patients with distant metastases from gastric cancer

Область поражения	Количество пациентов	⁶⁸ Ga-FAPI	¹⁸ F-FDG
Лимфатические узлы (М)	21 (36,8 %)	21 (36,8 %)	12 (21 %)
Брюшина	7 (12,2 %)	7 (12,2 %)	1 (1,7 %)
Кости	6 (10,5 %)	6 (10,5 %)	2 (3,5 %)
Лёгкие	5 (8,7 %)	5 (8,7 %)	2 (3,5 %)
Печень	4 (7 %)	4 (7 %)	3 (5,2 %)

Чувствительность и специфичность в определении М-стадирования для ⁶⁸Ga-FAPI составили 100 % и 85,7 % соответственно, для ¹⁸F-FDG эти показатели составили 62 % и 90 % соответственно.

Обсуждение

ПЭТ/КТ с ¹⁸F-FDG, диагностические возможности которой во многом определяются уровнем гликолитической активности опухолевой ткани, занимает важное место в оценке распространённости рака желудка, включая стадирование, рестадирование и контроль проводимого лечения. Вместе с тем, чувствительность метода остаётся ограниченной при выявлении очагов небольших размеров, а также при диффузном и смешанном гистологических типах рака желудка по классификации Лаурена (1965 г.). Это связано со сниженной экспрессией транспортёров глюкозы GLUT1 и выраженным физиологическим накоплением РФЛП в стенке желудка, которое нередко обусловлено воспалительными изменениями [16, 17]. Вследствие этого диагностическая ценность ПЭТ/КТ с ¹⁸F-FDG при оценке отдалённого метастатического поражения не всегда оказывается достаточной.

Стромальный компонент большинства злокачественных опухолей представлен клетками соединительной ткани, преимущественно опухоль-ассоциированными фибробластами. Эти клетки участвуют в формировании опухолевого микроокружения, влияя на рост, инвазию и метастазирование, а в ряде случаев — на сдерживание опухолевой активности. Белок активации фибробластов (FAP), относящийся к трансмембранным гликопротеинам II типа семейства дипептидилпептидазы IV, характеризуется выраженной экспрессией в опухоль-ассоциированных фибробластах большинства эпителиальных карцином. Это позволяет использовать меченый ⁶⁸Ga ингибитор FAP (FAPI) для визуализации опухолевой стромы за счёт его накопления в фибробластах, формирующих основную массу микроокружения опухоли [18].

Наше исследование показало, что ПЭТ/КТ с ⁶⁸Ga-FAPI обеспечивает лучшее выявление опухолевого процесса при раке желудка, включая не только первичный очаг, но и отдалённые метастазы. Отмечено, что у значительной части пациентов первичная опухоль не демонстрировала накопления ¹⁸F-FDG (n = 19), тогда как при применении ⁶⁸Ga-FAPI регистрировалась выраженная фиксация РФЛП как в основной опухоли, так в отдаленных метастазах. Дополнительно выявленные отдалённые метастазы при ПЭТ/КТ с ⁶⁸Ga-FAPI позволили сменить стадию заболевания у 5 пациентов (8,7 %). Также обращает на себя внимание высокое соотношение опухоль/фон, обусловленное низким физиологическим накоплением препарата в интактных тканях, что повышает контрастность изображений и, как следствие, точность диагностики.

Заключение

ПЭТ/КТ с ⁶⁸Ga-FAPI показала более высокую эффективность в оценке отдалённого метастатического поражения при раке желудка по сравнению с ПЭТ/КТ с ¹⁸F-FDG. Полученные результаты свидетельствуют о необходимости использования ПЭТ/КТ с ⁶⁸Ga-FAPI в клинической практике для более точной диагностики и выбора тактики лечения пациентов при раке желудка.

Список литературы / References

1. Bray F, Laversanne M, Sung H, et al. Global cancer statistics 2022: GLOBOCAN estimates of incidence and mortality worldwide for 36 cancers in 185 countries. *CA Cancer J Clin* 2024;74(3):229-63. <https://doi.org/10.3322/caac.21834>.
2. Hooi JKY, Lai WY, Ng WK, et al. Global prevalence of Helicobacter pylori infection: systematic review and meta-analysis. *Gastroenterology* 2017;153(2):420-9. <https://doi.org/10.1053/j.gastro.2017.04.022>.
3. Kim H, Hwang Y, Sung H, et al. Effectiveness of gastric cancer screening on gastric cancer incidence and mortality in a community-based prospective cohort. *Cancer Res Treat*. 2018;50(2):582-89. <https://doi.org/10.4143/crt.2017.048>.
4. Hamashima C, Ogoshi K, Okamoto M, et al. A community-based, case-control study evaluating mortality reduction from gastric cancer by endoscopic screening in Japan. *PLoS One* 2013;8(11):e79088. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0079088>.
5. Jun JK, Choi KS, Lee H-Y, et al. Effectiveness of the Korean national cancer screening program in reducing gastric cancer mortality. *Gas-*

- troenterology 2017;152(6):1319-28.e7. <https://doi.org/10.1053/j.gastro.2017.01.029>.
- Arnold M, Park JY, Camargo MC, et al. Is gastric cancer becoming a rare disease? A global assessment of predicted incidence trends to 2035. *Gut* 2020;69(5):823-9. <https://doi.org/10.1136/gutjnl-2019-320234>.
 - Бесова НС, Болотина ЛВ, Гамаюнов СВ и соавт. Рак желудка. Практические рекомендации RUSSCO, часть 1.1. Злокачественные опухоли. 2024;14(3s2):241-62.
Besova NS, Bolotina LV, Gamayunov SV, et al. Gastric Cancer. Practical Guidelines RUSSCO, Part 1.1. Malignant Tumours 2024;14(3s2):241-262 (In Russ.). <https://doi.org/10.18027/2224-5057-2024-14-3s2-1.1-13>.
 - Клинические рекомендации. Рак желудка. Клинические рекомендации Ассоциации онкологов России и Российского общества клинической онкологии. 2020. AOP (Internet). <https://oncology-association.ru>
Clinical Guidelines. Gastric Cancer. Clinical Guidelines of the Association of Oncologists of Russia and the Russian Society of Clinical Oncology. 2020. AOR (Internet). <https://oncology-association.ru>.
 - Muto M, Saito S, Muto M, et al. Effect of adding X-ray examination to endoscopy in the assessment of the invasion depth of early gastric cancer. *Nihon Shokakibyō Gakkai Zasshi* 2019;116(6):506-14. <https://doi.org/10.11405/nisshoshi.116.506>.
 - Muro K, Van Cutsem E, Narita Y, et al. Pan-Asian adapted ESMO Clinical Practice Guidelines for the management of patients with metastatic gastric cancer: a JSMO-ESMO initiative endorsed by CSCO, KSMO, MOS, SSO and TOS. *Ann Oncol*. 2019;30(1):19-33. <https://doi.org/10.1093/annonc/mdy502>.
 - Seo N, Lim JS, Cho A Radiologic Diagnosis (CT, MRI, & PET-CT). In: Noh, S, Hyung, W. (eds). *Surgery for Gastric Cancer*. Berlin: Springer. 2019: 67-86. https://doi.org/10.1007/978-3-662-45583-8_4.
 - Wang Y, Liu W, Yu Y, et al. CT radiomics nomogram for the preoperative prediction of lymph node metastasis in gastric cancer. *Eur Radiol*. 2020;30(2):976-86. <https://doi.org/10.1007/s00330-019-06398-z>.
 - National Comprehensive Cancer Network, et al. NCCN Clinical Practice Guidelines in Oncology (NCCN Guide-lines®): Gastric. Cancer. Version 5.2024. www.nccn.org.
 - Райс АБ, Федянин МЮ, Попов ДВ и др. Факторы, ассоциированные с эффективностью иммунотерапии в монорежиме, у пациентов с метастатическим раком желудка. *Хирургия и онкология* 2024;14(4):73-85.
Rays AB, Fedyanin MYu, Popov DV, et al. Prognostic and predictive factors in patients with metastatic gastric cancer treated with immune checkpoint inhibitors. *Surgery and Oncology*. 2024;14(4):73-85. (In Russ.). <https://doi.org/10.17650/2949-5857-2024-14-4-73-85>
 - Emma G, Hylke B, Richard van Hillegersberg, et al. ¹⁸F-Fludeoxyglucose-Positron Emission Tomography/Computed Tomography and Laparoscopy for Staging of Locally Advanced Gastric Cancer: A Multi-center Prospective Dutch Cohort Study (PLASTIC). *JAMA Surg*. 2021 Oct 27;156(12):e215340. <https://doi.org/10.1001/jamasurg.2021.5340>.
 - Kobayashi S, Ogura M, Suzawa N, et al. ¹⁸F-FDG uptake in the stomach on screening PET/CT: value for predicting Helicobacter pylori infection and chronic atrophic gastritis. *BMC Med Imaging*. 2016;16(1):58. <https://doi.org/10.1186/s12880-016-0161-9>.
 - Yin C, Gao B, Yang J, et al. Glucose Transporter-1 (GLUT-1) Expression is Associated with Tumor Size and Poor Prognosis in Locally Advanced Gastric Cancer. *Med Sci Monit Basic Res* 2020;26:e920778. <https://doi.org/10.12659/MSMBR.920778>.
 - Hamson E J, Keane F M, Tholen S, et al. Understanding fibroblast activation protein (FAP): substrates, activities, expression and targeting for cancer therapy. *Proteomics Clin Appl*. 2014;8(5-6):454-63. <https://doi.org/10.1002/prca.201300095>.
 - Veldhuijzen van Zanten SEM, Pieterman KJ, Wijnhoven BPL, et al. FAPI PET versus FDG PET, CT or MRI for Staging Pancreatic-, Gastric- and Cholangiocarcinoma: Systematic Review and Head-to-Head Comparisons of Diagnostic Performances. *Diagnostics (Basel)*. 2022;12(8):1958. <https://doi.org/10.3390/diagnostics12081958>.
 - Qin C, Shao F, Gai Y, et al. ⁶⁸Ga-DOTA-FAPI-04 PET/MR in the Evaluation of Gastric Carcinomas: Comparison with ¹⁸F-FDG PET/CT. *J Nucl Med*. 2022;63(1):81-8. <https://doi.org/10.2967/jnumed.120.258467>.
 - Ruan D, Zhao L, Cai J, et al. Evaluation of FAPI PET imaging in gastric cancer: a systematic review and meta-analysis. *Theranostics*. 2023;13(13):4694-710. <https://doi.org/10.7150/thno.88335>.
 - Белкин ЕВ, Тулин ПЕ, Абу-Хайдар ОБ и др. ЭТ/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, et al. 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>.

Information about the authors

Egor V. Belkin <https://orcid.org/0009-0009-0819-3891>

Pavel E. Tulin <https://orcid.org/0000-0001-7226-5129>

Armine M. Badeyan <https://orcid.org/0009-0000-4807-5608>

Alexander V. Filimonov <https://orcid.org/0009-0001-6694-9564>

Omar B. Abu-Khaydar <https://orcid.org/0000-0002-7045-0977>

Victor V. Solomyanny <https://orcid.org/0009-0007-6294-5826>

Вклад авторов

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

П.Е. Тулин: разработка дизайна статьи, консультация клинической составляющей исследования, редактирование.

А.М. Бадеян: консультация клинической составляющей исследования, редактирование.

О.Б. Абу-Хайдар: консультация клинической составляющей исследования, редактирование.

В.В. Соломяный: разработка дизайна статьи, редактирование.

А.В. Филимонов: разработка дизайна статьи, редактирование.

Финансирование. Исследование проведено без спонсорской поддержки.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Соответствие принципам этики. Одобрение этического комитета не требовалось.

Информированное согласие. Все пациенты подписали информированное согласие на публикацию своих данных.

Поступила: 15.01.2026.

Принята к публикации: 14.02.2026.

Опубликована online: 26.03.2026.

Authors' contributions

Egor V. Belkin: Writing the article text, reviewing publications on the article's topic, developing the article design.

Pavel E. Tulin: Developing the article design, consulting on the clinical aspect of the study, editing.

Armine M. Badeyan: Consulting on the clinical aspect of the study, editing.

Omar B. Abu-Khaydar: Consulting on the clinical aspect of the study, editing.

Victor V. Solomyanny: Developing the article design, editing.

Alexander V. Filimonov: Developing the article design, editing.

Funding. The study had no sponsorship.

Conflict of interests. Not declared.

Ethical compliance. Ethical committee approval was not necessary.

Informed consent. All patients signed informed consent to participate in the study.

Received: 15.01.2026.

Accepted for publication: 14.02.2026.

Published online: 26.03.2026.