

Оригинальные статьи

© Коллектив авторов, 2019

УДК 616.126-002-022.7-073.756.8

*Л.А. Бокерия, И.П. Асланиди, Д.М. Пурсанова, О.В. Мухортова,
И.В. Шурупова, И.В. Екаева, Е.З. Голухова, И.В. Тетвадзе, Р.М. Муратов,
В.А. Мироненко, И.И. Скопин*

Позитронно-эмиссионная томография с ^{18}F -фтордезоксиглюкозой, совмещенная с компьютерной томографией, в диагностике клапанного инфекционного эндокардита. Первоначальные результаты

ФГБУ «Национальный медицинский исследовательский центр сердечно-сосудистой хирургии им. А.Н. Бакулева» (директор – академик РАН и РАМН Л.А. Бокерия) Минздрава России, Рублевское шоссе, 135, Москва, 121552, Российская Федерация

Бокерия Лео Антонович, академик РАН и РАМН, директор, orcid.org/0000-0002-6180-2619;
Асланиди Иракий Павлович, доктор мед. наук, профессор, заведующий отделом,
orcid.org/0000-0001-6386-2378;

Пурсанова Диана Маноловна, канд. мед. наук, науч. сотр., orcid.org/0000-0002-1846-0115;
Мухортова Ольга Валентиновна, доктор мед. наук, ст. науч. сотр., orcid.org/0000-0002-7716-5896;
Шурупова Ирина Владимировна, доктор мед. наук, ст. науч. сотр., радиолог,
orcid.org/0000-0002-2154-474X;

Екаева Ирина Владимировна, канд. хим. наук, вед. науч. сотр., заведующий лабораторией,
orcid.org/0000-0002-5396-604X;

Голухова Елена Зеликовна, доктор мед. наук, академик РАН, заведующий отделением,
orcid.org/0000-0002-6252-0322;

Тетвадзе Инга Владимировна, канд. мед. наук, главврач Института кардиохирургии им. В.И. Бураковского, orcid.org/0000-0001-8730-2201;

Муратов Равиль Муратович, доктор мед. наук, профессор, заведующий отделением;

Мироненко Владимир Александрович, доктор мед. наук, заведующий отделением;

Скопин Иван Иванович, доктор мед. наук, профессор, заведующий отделением,
orcid.org/0000-0001-7411-202X

Цель. Изучение диагностических возможностей позитронно-эмиссионной томографии, совмещенной с компьютерной томографией (ПЭТ/КТ) с ^{18}F -фтордезоксиглюкозой (ФДГ) у больных с подозрением на клапанный инфекционный эндокардит (ИЭ); сравнение интенсивности накопления радиофармпрепарата в зоне протеза у больных с подтвержденным ИЭ и без него.

Материал и методы. В анализ включены результаты ПЭТ/КТ, выполненной 30 больным с протезированными клапанами: с подозрением на ИЭ ($n=15$) и без него, обследованных по поводу онкологических заболеваний ($n=15$). Полученные изображения оценивались визуально – по наличию зон патологического накопления ^{18}F -ФДГ и полуколичественно – с расчетом показателя интенсивности накопления ^{18}F -ФДГ в зоне клапана (SUV_{max}). Также проведен расчет индекса накопления – соотношение SUV_{max} в зоне клапана и SUV_{mean} в нисходящей аорте. Все полученные результаты верифицированы клиническими, лабораторно-инструментальными и интраоперационными данными: у 11 пациентов диагноз ИЭ подтвержден.

Результаты. Среди пациентов с подозрением на ИЭ ($n=15$) результаты визуальной оценки данных ПЭТ/КТ позволили корректно подтвердить диагноз в 67% случаев, а также исключить в 20% случаев. В двух случаях получены ложноположительный и ложноотрицательный результаты. В группе контроля у пациентов с онкологическими заболеваниями ($n=15$) получен один ложноположительный результат.

В анализируемой группе больных ($n = 30$) чувствительность, специфичность и диагностическая точность ПЭТ/КТ с ^{18}F -ФДГ в диагностике ИЭ составили 91, 89 и 90% соответственно; положительная и отрицательная прогностическая ценность – 83 и 94%. По данным полуколичественной оценки значения SUV_{max} и индекса накопления в зоне клапана были значимо выше у больных с подтвержденным ИЭ, по сравнению с группой контроля ($p < 0,002$): медианы составили 4,3 и 3,4 против 2,9 и 1,5 соответственно. По данным ROC-анализа определены пороговые значения SUV_{max} и индекса накопления, при которых выявлены оптимальные соотношения чувствительности и специфичности ПЭТ/КТ: 3,3 и 1,95 ($\text{AUC} = 0,904$) соответственно.

Заключение. Первоначальные результаты свидетельствуют о перспективности применения ПЭТ/КТ с ^{18}F -ФДГ для диагностики клапанного ИЭ. Для обоснования целесообразности использования методики в клинической практике требуются дальнейшие исследования на более крупных группах больных.

Ключевые слова: позитронно-эмиссионная томография, совмещенная с компьютерной томографией; ^{18}F -фтордезоксиглюкоза; инфекционный эндокардит; протезный эндокардит; клапанный эндокардит; индекс накопления.

Для цитирования: Бокерия Л.А., Асланиди И.П., Пурсанова Д.М., Мухортова О.В., Шурупова И.В., Екаева И.В., Голухова Е.З., Тетвадзе И.В., Муратов Р.М., Мироненко В.А., Скопин И.И. Позитронно-эмиссионная томография с ^{18}F -фтордезоксиглюкозой, совмещенная с компьютерной томографией, в диагностике клапанного инфекционного эндокардита. Первоначальные результаты. *Креативная кардиология*. 2019; 13 (2): 98–113. DOI: 10.24022/1997-3187-2019-13-2-98-113

Для корреспонденции: Пурсанова Диана Манолисовна, e-mail: dmpursanova@bakulev.ru

L.A. Bockeria, I.P. Aslanidis, D.M. Pursanova, O.V. Mukhortova, I.V. Shurupova, I.V. Ekaeva, E.Z. Golukhova, I.V. Tetvadze, R.M. Muratov, V.A. Mironenko, I.I. Skopin

^{18}F -fluorodeoxyglucose positron emission tomography combined with computed tomography in prosthetic valve endocarditis. Initial results

Bakoulev National Medical Research Center for Cardiovascular Surgery of Ministry of Health of the Russian Federation, Rublevskoe shosse, 135, Moscow, 121552, Russian Federation

Leo A. Bockeria, Academician of Russian Academy of Sciences and Russian Academy of Medical Sciences, Director, orcid.org/0000-0002-6180-2619;

Irakli P. Aslanidis, Dr Med. Sc., Professor, Head of Department, orcid.org/0000-0001-6386-2378;

Diana M. Pursanova, Cand. Med. Sc., Researcher, orcid.org/0000-0002-1846-0115;

Ol'ga V. Mukhortova, Dr Med. Sc., Senior Researcher, orcid.org/0000-0002-7716-5896;

Irina V. Shurupova, Dr Med. Sc., Senior Researcher, Radiologist, orcid.org/0000-0002-2154-474X;

Irina V. Ekaeva, Cand. Chem. Sc., Leading Researcher, Head of Laboratory, orcid.org/0000-0002-5396-604X;

Elena Z. Golukhova, Dr Med. Sc., Academician of Russian Academy of Sciences, Head of Department, orcid.org/0000-0002-6252-0322;

Inga V. Tetvadze, Cand. Med. Sc., Head Physician of V.I. Bourakovsky Institute of Cardiac Surgery, orcid.org/0000-0001-8730-2201;

Ravil' M. Muratov, Dr Med. Sc., Professor, Head of Department;

Vladimir A. Mironenko, Dr Med. Sc., Head of Department;

Ivan I. Skopin, Dr Med. Sc., Professor, Head of Department, orcid.org/0000-0001-7411-202X

Objective. To investigate the diagnostic value of ^{18}F -fluorodeoxyglucose (^{18}F -FDG) PET/CT in patients with suspected prosthetic valve endocarditis (PVE) and to compare ^{18}F -FDG-uptake around prosthetic valves in patients with and without PVE.

Material and methods. The analysis included results of ^{18}F -FDG PET/CT examinations performed in 30 patients with prosthetic valve – with suspected PVE ($n = 15$) and malignancy used as negative controls ($n = 15$). PET/CT results were assessed visually and semi-quantitatively with calculation of parameters of ^{18}F -FDG uptake intensity. All PET/CT results were confirmed according to clinical, laboratory and morphological data. 11 patients had final diagnosis of definite PVE.

Results. In patients with suspected PVE PET/CT correctly confirmed the diagnosis in 67% of cases and ruled it out – in 20%. In 2/15 cases false positive and false negative results were obtained. In negative control patients with malignancies – 1 false positive result. The sensitivity, specificity and accuracy of ^{18}F -FDG PET/CT were 91, 89 and 90%, respectively; positive and negative predictive values – of 83 and 94%. In semiquantitative analysis both

SUV_{max} and SUV_{ratio} in the region of PV were higher in confirmed PVE patients compared to non-PVE patients ($p < 0.002$): median 4.3 and 3.4 vs 2.9 and 1.5. SUV_{max} of 3.3 and SUV_{ratio} of 1.95 were the optimal thresholds for the PVE diagnosis by PET/CT using ROC-curve analysis (AUC = 0.904).

Conclusion. ¹⁸F-FDG PET/CT appears to be useful in the diagnosis of PVE – the level of ¹⁸F-FDG-uptake in the prosthetic valve area showed a good diagnostic performance. However, further studies on larger groups are needed to assess the role of ¹⁸F-FDG PET/CT in the detection of PVE.

Keywords: positron emission tomography combined with computed tomography; ¹⁸F-fluorodeoxyglucose; infectious endocarditis; prosthetic valve endocarditis; SUV_{ratio}.

For citation: Bockeria L.A., Aslanidis I.P., Pursanova D.M., Mukhortova O.V., Shurupova I.V., Ekaeva I.V., Golukhova E.Z., Tetvadze I.V., Muratov R.M., Mironenko V.A., Skopin I.I. ¹⁸F-fluorodeoxyglucose positron emission tomography combined with computed tomography in prosthetic valve endocarditis. Initial results. *Creative Cardiology*. 2019; 13 (2): 98–113 (in Russ.). DOI: 10.24022/1997-3187-2019-13-2-98-113

For correspondence: Diana M. Pursanova, e-mail: dmpursanova@bakulev.ru

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

Received December 12, 2018

Accepted December 30, 2018

Введение

Диагностика инфекционного эндокардита (ИЭ) у больных с протезированными клапанами (ПК) является актуальной проблемой современной клинической медицины. Несмотря на совершенствование высокотехнологичных хирургических методик и использование профилактической антибактериальной терапии, частота развития инфекционных осложнений у больных с ПК не имеет тенденции к снижению за последние 30 лет [1–4]. Абсолютная заболеваемость ИЭ в России ежегодно увеличивается на 15–20 тыс. новых случаев, при этом треть случаев составляет ИЭ ПК и/или внутрисердечных устройств [1, 2]. Эффективное лечение ИЭ ПК невозможно без своевременного хирургического вмешательства для устранения очага инфекции, восстановления внутрисердечной гемодинамики и профилактики осложнений [1–5].

В настоящее время диагностика ИЭ ПК в рутинной практике основывается на клинических и анамнестических данных, а также результатах лабораторных и инструментальных исследований [1–5]. Основными критериями постановки диагноза являются наличие лихорадки, положительные посевы крови и результаты трансторакальной и/или чреспищеводной эхокардиографии (ЭхоКГ) [1, 4, 6]. Кроме того, используются другие методы лучевой диагностики, та-

кие как компьютерная томография с внутривенным контрастированием и магнитно-резонансная томография, имеющие высокую информативность в оценке морфофункциональных изменений в органах и тканях. Тем не менее отрицательные посевы крови не исключают наличия инфекционного процесса, а указанные методы лучевой диагностики, несмотря на высокую разрешающую способность, информативны только на стадии выраженных анатомических изменений.

Все вышеуказанное вызывает необходимость поиска новых точных методов диагностики, один из которых – позитронно-эмиссионная томография, совмещенная с компьютерной томографией, с использованием ¹⁸F-фтордезоксиглюкозы (ПЭТ/КТ с ¹⁸F-ФДГ). ПЭТ/КТ является высокоинформативным неинвазивным методом гибридной молекулярной визуализации, позволяющим одновременно оценивать метаболические и структурные изменения в органах и тканях. Наиболее широко ПЭТ/КТ с ¹⁸F-ФДГ применяется в онкологии, однако в последние годы метод все чаще используется для диагностики и оценки эффективности лечения различных воспалительных процессов: активное накопление ¹⁸F-ФДГ в фагоцитирующих клетках позволяет с высокой точностью визуализировать очаги воспаления и инфекции [7].

Целью данного исследования явилось изучение диагностических возможностей ПЭТ/КТ с ^{18}F -ФДГ у больных с подозрением на ИЭ, а также сравнение интенсивности накопления радиофармпрепарата в зоне клапанного протеза у больных с подтвержденным диагнозом ИЭ и без него.

Материал и методы

В исследование включены 30 больных с протезированными клапанами, которым была выполнена ПЭТ/КТ с ^{18}F -ФДГ в ПЭТ-центре отдела ядерной диагностики НМИЦССХ им. А.Н. Бакулева.

В период с января 2017 г. по февраль 2018 г. проспективно обследовано 15 больных с подозрением на ИЭ аортального ($n=8$), митрального ($n=5$) и трикуспидального ($n=2$) клапанов. Данную подгруппу составили 6 мужчин и 9 женщин; средний

возраст 52 ± 19 (14–71) года. Медиана времени после протезирования клапана составила 17 (12–210) мес. Основной причиной обращения у больных данной группы являлись жалобы на эпизоды лихорадки с подъемами температуры до 38–40 °С, не связанные с четко верифицированными воспалительными или инфекционными заболеваниями, у большинства пациентов ($n=9$) данные эпизоды имели рецидивирующий характер и требовали проведения повторных курсов антибиотикотерапии. По результатам полного клинико-лабораторного обследования у всех пациентов на момент выполнения ПЭТ/КТ к ведущим синдромам можно отнести общие явления системной инфекционно-воспалительной реакции (клинические проявления, гипертермия, изменения формулы и показателей биохимии крови) и проявления сердечной

Таблица 1

Характеристика больных с подозрением на ИЭ ПК ($n = 15$)

Characteristics of patients with suspected prosthetic valve endocarditis ($n = 15$)

Пациент	Протезированный клапан	Время после операции, мес	Длительность лихорадки, мес	Уровень лейкоцитов, $\times 10^9/\text{л}$	Уровень СРБ, мг/л	Результаты посевов крови	Результаты трансторакальной и чреспищеводной ЭхоКГ
1.	АК	38	2,5	13,4	34,4	+	Вегетация
2.	МК	12	12	6,1	5,7	+	–
3.	АК	17	0,5	8,9	–	+	Фистула, дисфункция протеза
4.	АК	32	1	10,9	–	–	Фистула
5.	АК	210	4	5,2	0,6	+	Абсцесс корня аорты
6.	АК	102	6	7,9	–	–	–
7.	МК	32	5	11,1	28,0	+	Вегетация (?)
8.	ТК	14	2	6,0	–	–	Вегетация (?), дисфункция протеза
9.	АК	16	3	5,9	0,24	–	–
10.	АК	35	1	6,3	36,0	+	–
11.	АК	28	2	4,8	4,3	+	–
12.	МК	16	5	11,2	6,0	–	–
13.	МК	17	0,75	7,1	0,9	–	–
14.	МК	13	0,75	6,6	–	–	Фистула
15.	ТК	13	0,5	7,8	–	–	–

Примечание. АК – аортальный клапан; МК – митральный клапан; СРБ – С-реактивный белок; ТК – трикуспидальный клапан.

недостаточности, выраженные в различной степени. Полная характеристика группы представлена в таблице 1.

У всех пациентов на момент ПЭТ/КТ имелись результаты трансторакальной и/или чреспищеводной ЭхоКГ: у 5 (33%) пациентов выявлены изменения, типичные для ИЭ, — отмечались парапротезные фистулы ($n=3$), вегетация ($n=1$) и абсцесс корня аорты ($n=1$); в двух случаях получены сомнительные результаты (вегетации на протезе?); в 8 (53%) случаях изменений на клапанах не выявлено. Всем больным проводились неоднократные посевы крови: у 7 (47%) пациентов отмечен положительный результат посевов, в остальных 8 (53%) случаях результат был отрицательным. Большинство пациентов — 12 (80%) — находились в процессе антибактериальной терапии, ПЭТ/КТ выполнялось в среднем на 20-й (8–50) день от начала лечения.

По результатам комплексного клинико-лабораторного и инструментального обследований 3 (20%) пациента были выписаны без операции, дальнейшее наблюдение в течение 6 ± 3 мес позволило в данных случаях исключить ИЭ ПК. Другие 12 боль-

ных анализируемой группы были оперированы. Хирургическое вмешательство у большинства больных — 10 (83%) выполняли через 5 ± 4 (1–14) дней после проведения ПЭТ/КТ, у 2 (17%) — через 2 и 4 мес. Согласно интраоперационным данным (визуальная оценка и результат посева интраоперационного материала) у 11 из 12 пациентов диагноз ИЭ был подтвержден, в 1 случае — исключен. Таким образом, 11 из 15 (73%) пациентов с подозрением на ИЭ ПК вошли в группу с подтвержденным диагнозом, 4 (27%) пациента — в группу без ИЭ ПК (рис. 1).

В базе данных ПЭТ-центра за период с 2014 по 2017 г. включительно проведен поиск больных с наличием ПК в анамнезе. Выявлено 23 пациента, которым ПЭТ/КТ выполнялась по поводу онкологических заболеваний: для определения стадии ($n=5$) или диагностики рецидива ($n=18$). Ни у одного из больных на момент исследования не определялось клинических проявлений ИЭ ПК. Однако у 8 из них отмечалось интенсивное физиологическое накопление ^{18}F -ФДГ в миокарде, исключающее возможность точной оценки зоны клапана. Соот-

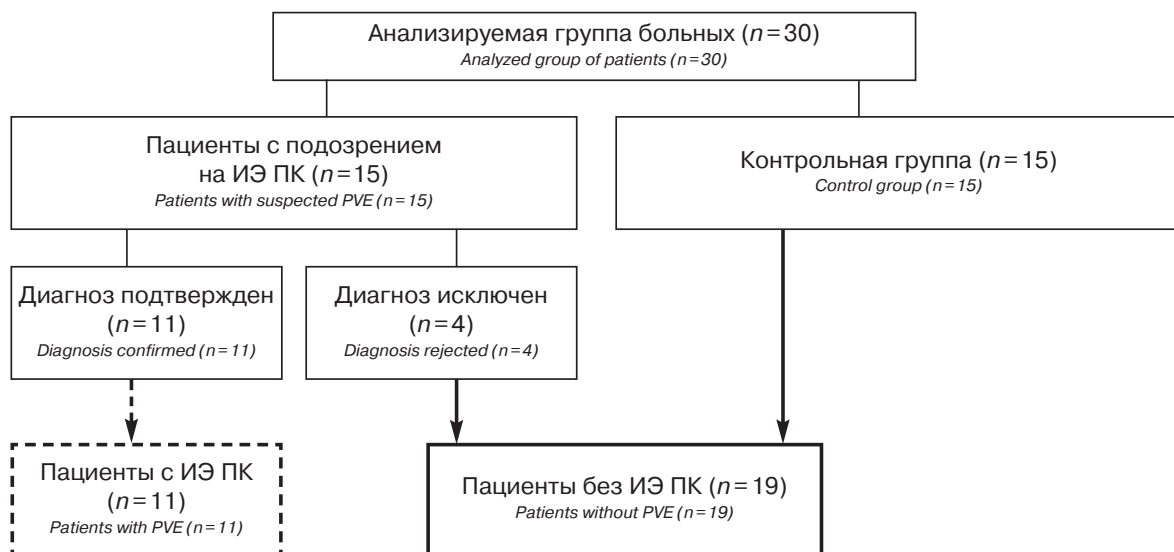


Рис. 1. Дизайн исследования

Fig. 1. Study design.

PVE — prosthetic valve endocarditis

ветственно, остальные 15 пациентов были включены в контрольную группу без ИЭ ПК (см. рис. 1), которую составили 12 мужчин и 3 женщины, средний возраст 65 ± 11 (36–73) лет, с протезированием аортального ($n=11$) и митрального ($n=4$) клапанов. Временной интервал между оперативным лечением и выполнением ПЭТ/КТ составил не менее 3 мес.

Исследования выполняли на гибридной системе ПЭТ/КТ «Biograph-64» TruePoint (Siemens). Все больные с подозрением на ИЭ ПК соблюдали строгую безуглеводную диету в течение 48 ч с периодом голодания 15 ч и более, онкологические пациенты – в течение 12 и 6 ч соответственно. Сканирование выполнялось через 90 мин после внутривенного введения ^{18}F -ФДГ (175–200 МБк). Всем больным перед введением ^{18}F -ФДГ проводилось измерение уровня глюкозы в крови, которое в анализируемой группе не превышало 7,0 ммоль/л. ПЭТ/КТ выполняли по стандартному протоколу в режиме обследования «всего тела» (от уровня глазниц до уровня верхней трети бедра) с последовательным КТ и ПЭТ сканированием.

Интерпретация изображений осуществлялась с использованием визуального (качественного) и полуколичественного методов оценки. Визуальный анализ проводился по виртуальному трехмерному ПЭТ-изображению, а также по всем трем типам изображений (КТ, ПЭТ и фузионированному) в трех проекциях. Очаги повышенного накопления препарата (гиперметаболизма), не связанные с его физиологическим распределением, расценивались как патологические. Для исключения артефактов, связанных с реконструкцией изображения, оценивались ПЭТ-изображения, полученные как с коррекцией аттенуации, так и без нее. Патологическими считались только очаги, определяемые на обоих типах изображения. Полуколичественный анализ проводился с расчетом показателя интенсивности накопления ^{18}F -ФДГ в зоне клапана – standardized uptake volume

(SUV_{max}), а также индекса накопления – соотношения SUV_{max} в зоне протеза клапана и SUV_{mean} в пуле крови в нисходящей аорте на уровне бифуркации трахеи.

Для выполнения статистических расчетов и построения графиков использовали программы EXCEL и SPSS Statistics. Значения средних по группам представлены как среднее арифметическое и стандартное отклонение ($M \pm SD$), 95% доверительный интервал, который учитывает объем малой выборки. Для выявления достоверности межгрупповых различий для числовых показателей (SUV_{max} , индекса накопления) использовали критерий Уилкоксона–Манна–Уитни, различия показателей признавали статистически значимыми при $p < 0,05$. Для определения пороговых значений SUV_{max} и индекса накопления для диагностики ИЭ ПК по данным ПЭТ/КТ с ^{18}F -ФДГ проведен ROC-анализ. Доверительный интервал для величин диагностической точности, чувствительности, специфичности, положительной и отрицательной прогностической ценности рассчитывали согласно методу Уилсона.

Результаты

Согласно результатам первичного отбора, клинико-лабораторных и инструментальных исследований, а также интраоперационных данных 30 пациентов, обследованных методом ПЭТ с ^{18}F -ФДГ, были распределены следующим образом: 11 составили группу с подтвержденным ИЭ ПК (все оперированы), 19 – без ИЭ ПК (в том числе 15 пациентов контрольной группы, 4 пациента с исключенным диагнозом) (см. рис. 1). Результаты всех 30 ПЭТ/КТ-исследований с ^{18}F -ФДГ представлены в таблице 2.

Результаты ПЭТ/КТ в группе больных с подозрением на ИЭ ПК ($n=15$)

При анализе данных пациентов с подтвержденным диагнозом ИЭ ПК у 91% (10 из 11) больных (все оперированы, см. табл. 2, пациенты 1–10) получены истинно

Таблица 2

Результаты ПЭТ/КТ с ^{18}F -ФДГ в анализируемой группе больных ($n=30$)
 ^{18}F -FDG results in the analyzed group of patients ($n=30$)

Пациент	Диагноз инфекционного эндокардита	Протезированный клапан	SUV _{max}	Индекс накопления	Визуальная оценка ПЭТ	Интерпретация результатов ПЭТ/КТ
1.	Подтвержден	АК	4,1	2,7	+	ИП
2.		МК	6,4	5,8	+	ИП
3.		АК	3,0	3,8	+	ИП
4.		АК	3,7	3,4	+	ИП
5.		АК	4,5	3,2	+	ИП
6.		АК	3,4	2,0	+	ИП
7.		МК	4,3	3,3	+	ИП
8.		ТК	3,0	2,3	+	ИП
9.		АК	4,1	3,4	+	ИП
10.		АК	8,6	5,4	+	ИП
11.		АК	2,0	1,3	-	ЛО
12.	Исключен	МК	3,8	2,4	+	ЛП
13.		МК	2,8	1,5	-	ИО
14.		МК	3,4	2,0	-	ИО
15.		ТК	3,1	1,8	-	ИО
16.	Контроль	МК	2,7	1,3	-	ИО
17.		МК	3,6	1,8	-	ИО
18.		МК	1,8	1,1	-	ИО
19.		АК	2,3	1,5	-	ИО
20.		АК	2,8	1,8	-	ИО
21.		МК	2,5	1,6	-	ИО
22.		АК	3,0	2,1	-	ИО
23.		АК	3,2	1,4	-	ИО
24.		АК	2,5	1,5	-	ИО
25.		АК	3,2	1,1	-	ИО
26.		АК	2,6	1,6	-	ИО
27.		АК	3,2	1,5	-	ИО
28.		АК	3,4	1,4	-	ИО
29.		АК	3,1	1,4	-	ИО
30.	АК	3,9	1,9	+	ЛП	

Примечание. АК – аортальный клапан; ИО – истинно отрицательный; ИП – истинно положительный; ЛО – ложноотрицательный; ЛП – ложноположительный; МК – митральный клапан; ТК – трикуспидальный клапан.

положительные (ИП) результаты ПЭТ/КТ, отмечено патологическое накопление ^{18}F -ФДГ в зоне ПК. У 1 (9%) получен отрицательный результат ПЭТ/КТ, при этом на момент

обследования у пациента отмечалось снижение температуры тела, уровня С-реактивного белка и лейкоцитов на фоне проводимой антибактериальной терапии. Впос-

ледствии полученный результат ПЭТ/КТ (см. табл. 2, пациент 11) был расценен как ложноотрицательный (ЛО), в связи с тем что через 3 мес интраоперационно был выявлен выраженный инфекционный процесс.

При анализе данных пациентов с исключенным диагнозом ИЭ ПК и вошедших в группу без ИЭ в 3 из 4 случаев получены истинно отрицательные (ИО) результаты ПЭТ/КТ (см. табл. 2, пациенты 13–15). В 1 случае у пациентки с патологическим накоплением ^{18}F -ФДГ в зоне ПК (SUV_{max} 3,8; индекс накопления 2,4) через 2 мес интраоперационно признаки воспа-

ления отсутствовали, посеvy материала также были отрицательными (см. табл. 2, пациент 12). Данный результат ПЭТ/КТ был расценен как ложноположительный (ЛП).

В целом в данной группе больных с подозрением на ИЭ ПК полученные единственные ЛП- и ЛО-результаты ПЭТ/КТ определялись в случаях длительного временного интервала (3 и 2 мес соответственно), прошедшего между проведением ПЭТ/КТ и последующей операцией. В течение всего предоперационного периода этим больным проводилась массивная антибиотикотерапия, что также могло повлиять на получение ЛП-результата.

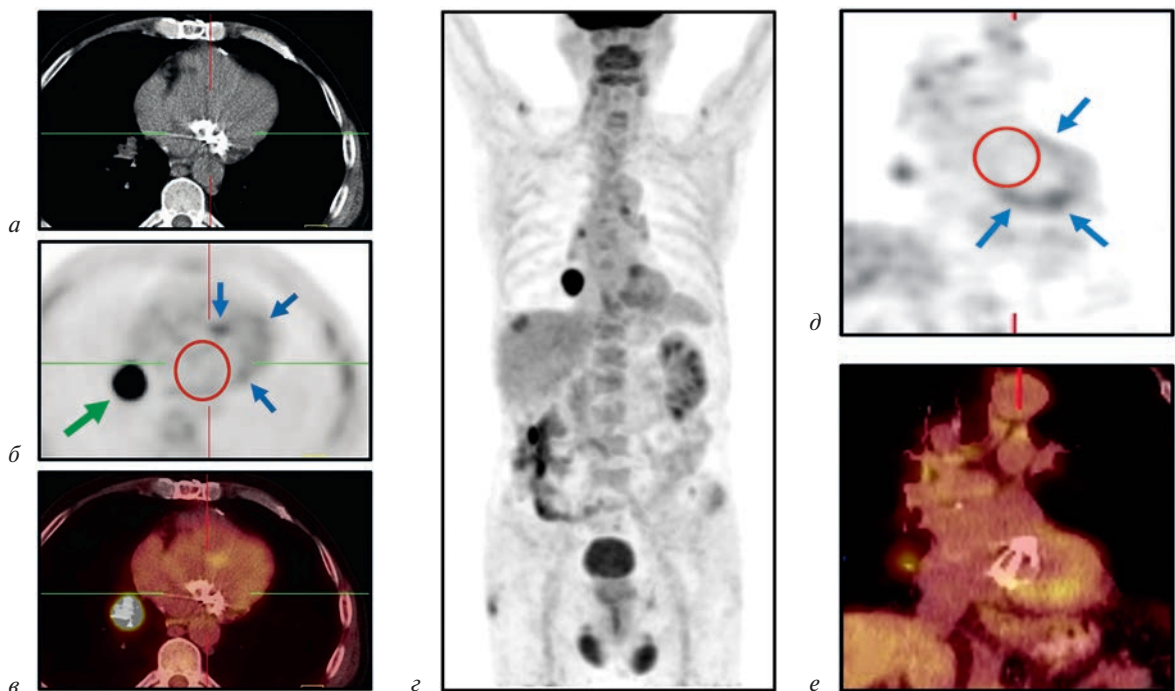


Рис. 2. Пациент С., 49 лет, ПЭТ/КТ с ^{18}F -ФДГ выполнена с целью стадирования рака правого легкого (б – зеленая стрелка); в анамнезе состояние после протезирования митрального клапана. На фоне фрагментарного физиологического накопления ^{18}F -ФДГ в миокарде левого желудочка (б и д – синие стрелки) в зоне протеза МК признаки патологического гиперметаболизма отсутствуют (б и д – красный круг):

a–e – аксиальные проекции: *a* – КТ; *b* – ПЭТ; *c* – фузионированное ПЭТ/КТ-изображение; *e* – коронарная проекция виртуального трехмерного ПЭТ-изображения; *d, e* – коронарные проекции: *d* – ПЭТ; *e* – фузионированное ПЭТ/КТ-изображение

Fig. 2. Patient S., 49 y. o., ^{18}F -fluorodeoxyglucose positron emission tomography combined with computed tomography (^{18}F -FDG PET/CT) performed for lung cancer staging (b – green arrow) in a patient with a history of mitral valve replacement. PET/CT showed fragmented physiological ^{18}F -FDG uptake in the left ventricle (b, e – blue arrows) while there was no abnormal uptake in the prosthetic mitral valve region (b, e – red circle):

a–c – axial projections: *a* – CT; *b* – PET; *c* – fused PET/CT; *d* – coronary projection of virtual three-dimensional PET image; *e, f* – coronary projections: *e* – PET; *f* – fused PET/CT

Следует отметить, что у 5 из 15 (33%) больных при выполнении ПЭТ/КТ определялось фрагментарное физиологическое накопление ^{18}F -ФДГ в миокарде левого желудочка: в трех случаях – как следствие погрешности в диете, в двух – расцененное как вариант нормы. Выявленное накопление определялось вне зоны протезированных клапанов, поэтому не вызвало сложностей в интерпретации результатов ПЭТ/КТ и не повлияло на точность оценки изображения (рис. 2).

Результаты ПЭТ/КТ в контрольной группе

В контрольной группе без ИЭ ПК у 14 (93%) больных в зоне протеза отсутствовало накопление ^{18}F -ФДГ – ИО-результаты ПЭТ/КТ. У 1 (7%) получен ЛП-результат – определялось патологическое накопление препарата в зоне ПК.

Оценка диагностических показателей ПЭТ/КТ в анализируемой группе

Анализ диагностических показателей ПЭТ/КТ проведен на группе больных ($n=30$), в которую вошли 11 пациентов с подтвержденным диагнозом ИЭ ПК и 19 больных без ИЭ ПК, включая 4 пациентов с исключенным диагнозом из группы с подозрением на ИЭ и 15 пациентов из группы контроля (табл. 3). По данным визуальной оценки чувствительность, специфичность и диагностическая точность ПЭТ/КТ с ^{18}F -ФДГ в диагностике ИЭ составили 91, 89 и 90% соответственно; положительная и отрицательная прогностическая ценность – 83 и 94%; отношения правдоподобия для положительного и от-

рицательного результатов исследования – 8,6 и 0,1.

Полуколичественная оценка результатов ПЭТ/КТ в анализируемой группе

В группе больных с подозрением на ИЭ ПК ($n=15$) у больных с подтвержденным диагнозом ($n=11$) среднее значение SUV_{max} в зоне протеза клапана составило $4,3 \pm 1,8$ (2,0–8,6), у пациентов с исключенным ИЭ ПК ($n=4$) – $3,2 \pm 0,4$ (2,8–3,8). Средние значения индекса накопления составили $3,4 \pm 1,2$ (2–5,8) и $1,9 \pm 0,4$ (1,5–2,4) соответственно (табл. 4).

В контрольной группе больных без ИЭ ПК ($n=15$) среднее значение SUV_{max} в зоне протеза клапана составило $2,9 \pm 0,5$ (1,8–3,9); среднее значение индекса накопления – $1,5 \pm 0,3$ (1,1–2,1). У больных с подтвержденным ИЭ ПК значения SUV_{max} и индекса накопления были значимо выше ($p < 0,002$) по сравнению с контрольной группой (рис. 3, см. табл. 4).

Проведен ROC-анализ и определены пороговые значения SUV_{max} и индекса накопления для диагностики ИЭ ПК по данным ПЭТ/КТ с ^{18}F -ФДГ (рис. 4), которые составили 3,3 (AUC=0,785, при чувствительности 73% и специфичности 74%) и 1,95 (AUC=0,904, при чувствительности 91% и специфичности 84%).

Сопоставление результатов ПЭТ/КТ с данными клинико-лабораторных обследований

Важно отметить, что среди больных с подтвержденным диагнозом ИЭ ПК и положительными результатами ПЭТ/КТ

Таблица 3

Данные для расчета диагностических показателей ПЭТ/КТ с ^{18}F -ФДГ

Data for calculation of ^{18}F -FDG PET/CT diagnostic parameters

Диагноз ИЭ ПК, результат ПЭТ/КТ	Подтвержден	Исключен	Итого, n (%)
ПЭТ-позитивный, n	10 (ИП)	2 (ЛП)	12 (40)
ПЭТ-негативный, n	1 (ЛО)	17 (ИО)	18 (60)
Всего, n (%)...	11 (37)	19 (63)	30 (100)

Таблица 4

Результаты полуколичественной оценки ПЭТ/КТ с ¹⁸F-ФДГ в анализируемых группах больных

Results of semiquantitative assessment of ¹⁸F-FDG PET/CT results in the analyzed groups of patients

Накопление ¹⁸ F-ФДГ	Подтвержден ИЭ ПК (n=11)		Исключен ИЭ ПК (n=4)		Контрольная группа (n=15)	
	M±SD (диапазон)	Me	M±SD (диапазон)	Me	M±SD (диапазон)	Me
SUV _{max}	4,3±1,8 (2,0–8,6)	4,1	3,2±0,4 (2,8–3,8)	3,0	2,9±0,5 (1,8–3,9)	3,0
Индекс накопления	3,4±1,2 (2–5,8)	3,3	1,9±0,4 (1,5–2,4)	1,9	1,5±0,3 (1,1–2,1)	1,5

Примечание. M±SD – среднее арифметическое и стандартное отклонение; Me – медиана.

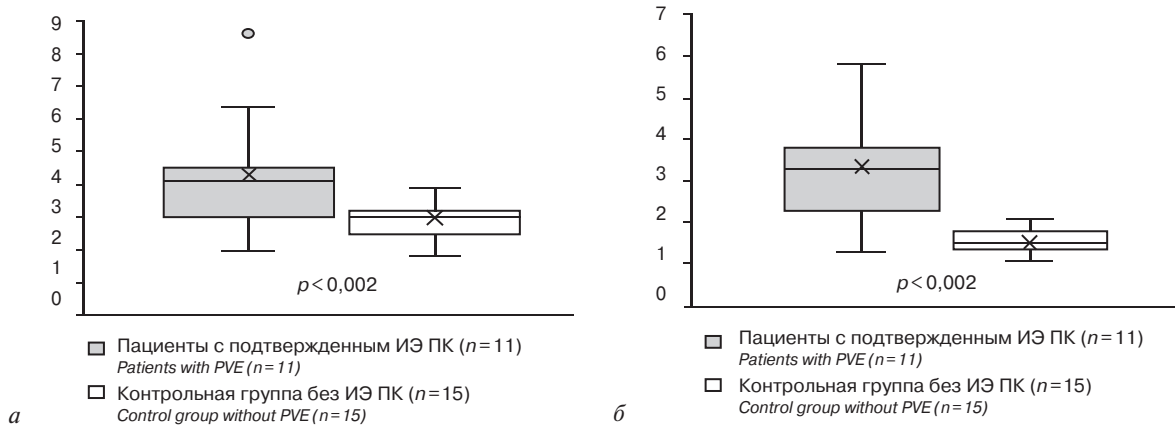


Рис. 3. Результаты полуколичественной оценки:

а – SUV_{max}; б – индекс накопления

Fig. 3. Results of semiquantitative assessment:

а – SUV_{max}; б – SUV_{ratio}

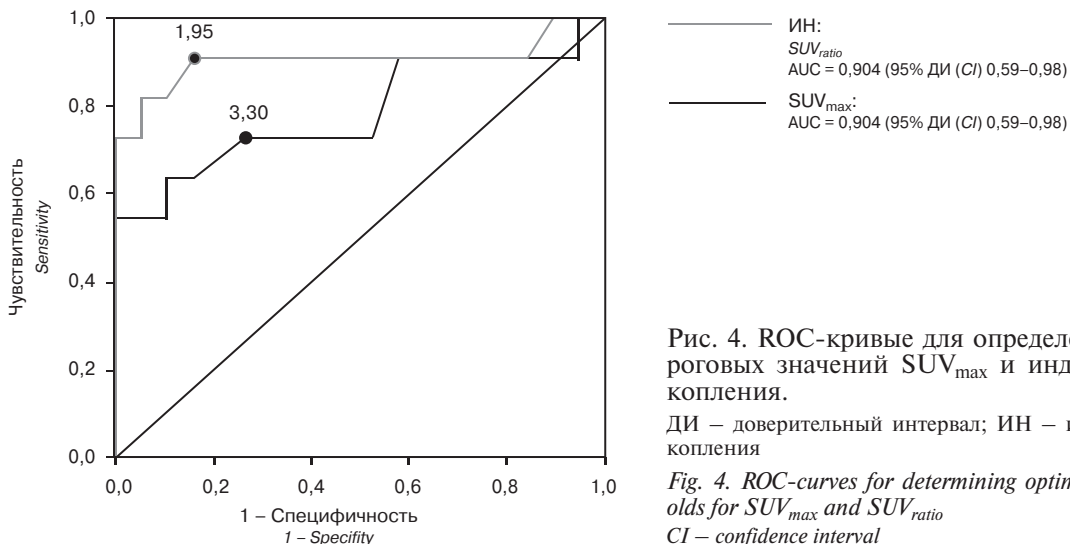


Рис. 4. ROC-кривые для определения пороговых значений SUV_{max} и индекса накопления.

ДИ – доверительный интервал; ИН – индекс накопления

Fig. 4. ROC-curves for determining optimal thresholds for SUV_{max} and SUV_{ratio}
CI – confidence interval

($n=10$) более чем у половины пациентов были отрицательные ($n=4$) или сомнительные ($n=2$) результаты трансторакальной и чреспищеводной ЭхоКГ. У трети больных ($n=4$) определялись отрицательные посевы крови, у остальных 6 пациентов выявлен рост *Staphylococcus epidermidis* ($n=3$) и *Enterococcus faecalis* ($n=3$). При этом у 2 из 10 больных диагноз ИЭ ПК постав-

лен с учетом данных ПЭТ/КТ, тогда как результаты ЭхоКГ и посевов крови были отрицательными.

Результаты ПЭТ/КТ в 6 (60%) случаев позволили выявить дополнительные очаги воспаления. В двух случаях (см. табл. 2, пациенты 5 и 9) воспалительный процесс был диагностирован как в зоне клапана, так и по ходу протеза восходящей аорты.

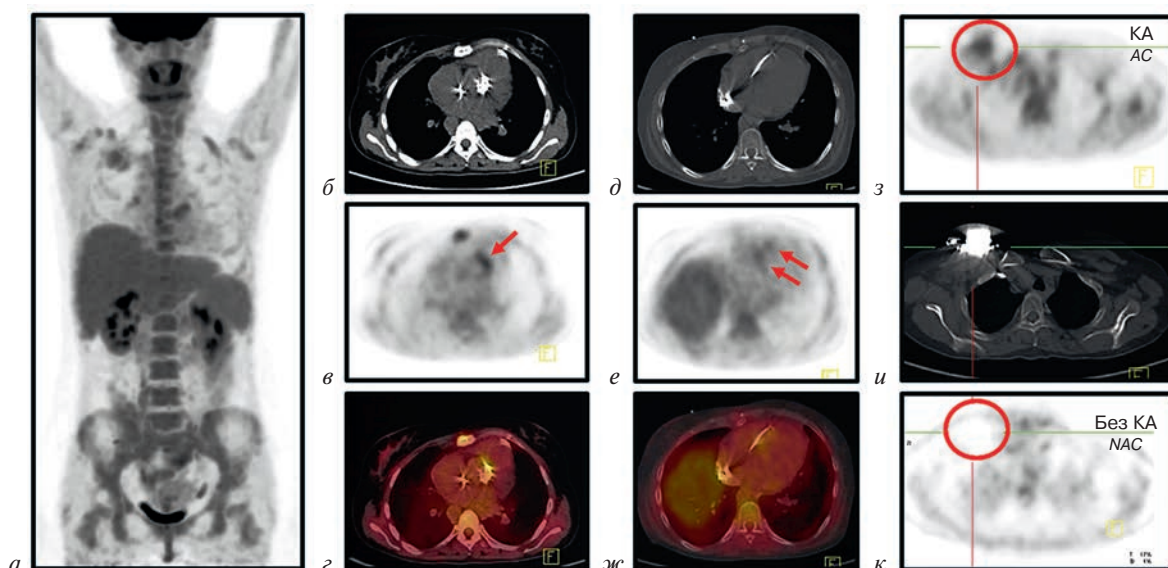


Рис. 5. Пациентка Л., 35 лет, ПЭТ/КТ с ^{18}F -ФДГ выполнена на фоне антибактериальной терапии по поводу подозрения на ИЭ ПК: лихорадка неясного генеза в течение 6 мес, отрицательные результаты посевов крови, а также трансторакальной и чреспищеводной ЭхоКГ. В анамнезе состояние после протезирования аортального клапана 9 лет назад, имплантация ЭКС 8 лет назад и его смена 8 мес назад. Патологическое накопление ^{18}F -ФДГ определяется: в зоне протеза аортального клапана (SUV_{max} 3,4; индекс накопления 2,0) (а–г) и по ходу электрода в полости правого желудочка (д–ж). Кроме того, результаты ПЭТ/КТ позволили исключить наличие воспалительного процесса в ложе ЭКС: на изображениях с коррекцией аттенуации (КА) в ложе ЭКС определяется повышенное накопление ^{18}F -ФДГ (з–к), тогда как на изображениях без АК патологического накопления препарата в данной зоне не выявлено – аттенуационный артефакт.

а – коронарная проекция виртуального трехмерного ПЭТ-изображения; б–ж – аксиальные проекции: б, д – КТ; в, е – ПЭТ; г, ж – фузионированные ПЭТ/КТ-изображения; з–к – аксиальные проекции: з – ПЭТ с коррекцией аттенуации; и – фузионированное ПЭТ/КТ-изображение; к – ПЭТ-изображение без коррекции аттенуации.

КА – коррекция аттенуации

Fig. 5. Patient L., 35 y. o., ^{18}F -FDG PET/CT performed during antibiotic therapy for the suspected PVE: fever of unknown origin during 6 months, negative blood cultures and echocardiography (transthoracic and transesophageal). 9 years after aortic valve replacement, 8 years after pacemaker implantation and 8 months after its replacement. PET/CT showed abnormal ^{18}F -FDG uptake: in the region of the aortic valve prosthesis (SUV_{max} 3.4; $\text{SUV}_{\text{ratio}}$ 2.0) (a–d) and along the lead in the right ventricle (e–g). Moreover, PET/CT results allowed to exclude inflammatory process in the pocket of the device: ^{18}F -FDG uptake on images with attenuation correction (h–j) is not detected on the images without attenuation correction – attenuation artifact.

a – coronary projection of virtual three-dimensional PET image; b–g – axial projections: b, e – CT; c, f – PET; d, g – fused PET/CT; h–j – axial projections: h – PET attenuation correction; i – fused PET/CT; j – PET without attenuation correction.

AC – attenuation correction; NAC – non-attenuation correction

В двух случаях (табл. 2, пациенты 4 и 5) определялись абсцессы корня аорты. У двух больных (см. табл. 2, 6 и 10) имелись электрокардиостимуляторы (ЭКС), и у одного из них (см. табл. 2, пациент 6) результаты ПЭТ/КТ позволили диагностировать воспалительный процесс по ходу электрода в полости правого желудочка (рис. 5).

Обсуждение

У больных с ПК подтвержденный диагноз ИЭ является абсолютным показанием к хирургическому лечению. При этом диагноз ИЭ ставится многопрофильной командой специалистов в области кардиологии, кардиоторакальной хирургии и инфекционных заболеваний.

Сложность диагностики указанной патологии связана с неспецифической картиной заболевания, а также высокой частотой получения отрицательных результатов лабораторно-инструментальных методов обследования, которые, однако, не исключают наличия инфекционного процесса. По данным ЭхоКГ диагностика ИЭ ПК сложна и зачастую малоинформативна – во многих случаях диагноз остается неподтвержденным. Это привело к поиску новых методов диагностической визуализации, одним из которых стала ПЭТ/КТ с ^{18}F -ФДГ. В отечественной литературе публикации по данной тематике отсутствуют. В зарубежных исследованиях последних лет появились данные о многообещающих результатах ПЭТ/КТ с ^{18}F -ФДГ для диагностики инфекционных процессов у пациентов с ПК.

Чувствительность ПЭТ/КТ с ^{18}F -ФДГ в диагностике ИЭ ПК в исследовании A. Ricciardi et al., проанализировавших аналогичную по количеству группу больных с подозрением на ИЭ ПК ($n=15$), составила 85% [8]. В исследованиях на более крупных группах больных получены следующие показатели чувствительности и специфичности метода – 93 и 71% соответственно, по данным F. Rouzet et al. ($n=39$) [9]; 73 и 80% по данным L. Saby et al. ($n=72$) [10]; 87 и 92%

по данным M.N. Pizzi et al. ($n=92$) [11]. По результатам метаанализа 2017 г. M. Mahmood et al., проанализировавших 13 наиболее актуальных статей, суммарные показатели чувствительности и специфичности составили 77 и 78% соответственно [12]. Указанные диагностические показатели в вышеперечисленных исследованиях сопоставимы с полученными в настоящем исследовании – 91 и 89% соответственно.

Следует отметить, что в вышеуказанных исследованиях проанализированы только данные больных с подозрением на ИЭ ПК. В настоящем исследовании включение в анализ контрольной группы онкологических больных без наличия ИЭ позволило повысить точность оценки показателя специфичности ПЭТ/КТ. В сходном по дизайну исследовании E. Fagman et al. также включили в анализ не только больных с подозрением на ИЭ ПК ($n=8$), но и группу отрицательного контроля ($n=19$), получив показатели чувствительности и специфичности 75 и 84% соответственно [13].

В крупном исследовании 2018 г., включившем 160 больных с подозрением на ИЭ ПК и 77 больных без ИЭ (группа отрицательного контроля), L.E. Swart et al. провели множественный регрессионный анализ и выявили значимые предикторы получения ложных результатов ПЭТ/КТ – низкую активность воспалительного процесса (ЛО-результаты) и использование хирургического клея при протезировании клапана (ЛП-результаты) [14]. По результатам визуальной оценки всех результатов ПЭТ/КТ показатели чувствительности, специфичности, положительной и отрицательной прогностической ценности составили 74, 91, 89 и 88% соответственно. После исключения из анализа больных с наличием вышеуказанных предикторов (низкой активности воспалительного процесса и/или использования хирургического клея) авторы получили более высокие диагностические показатели, которые составили 91, 95, 95 и 91% соответственно. В настоящем исследовании единственный ЛО-результат

ПЭТ/КТ был получен у пациента с низкой активностью воспалительного процесса; согласно протоколам операции больных с подозрением на ИЭ ПК ни у одного из больных при протезировании не использовался клей.

Результаты настоящего исследования показали, что одной из возможных причин ЛП- и ЛО-результатов ПЭТ/КТ может быть длительный временной интервал между проведением ПЭТ/КТ и последующей операцией, в течение которого продолжает проводиться массивная антибиотикотерапия. Один ЛП- и один ЛО-результаты, полученные в данном исследовании, вероятно, обусловлены именно этой причиной. Исключение этих больных из анализа позволило бы получить более высокие диагностические показатели метода. Для более точной оценки в последующем таким больным целесообразно выполнять повторную ПЭТ/КТ непосредственно перед операцией.

Важно отметить, что в анализируемой группе более чем у половины больных с подтвержденным диагнозом ИЭ ПК положительные результаты ПЭТ/КТ получены при отрицательных или сомнительных результатах ЭхоКГ. Полученные данные подтверждают возможность диагностировать инфекционный процесс по результатам ПЭТ/КТ на раннем этапе. Литературные данные также свидетельствуют о наиболее высокой активности воспалительного процесса на начальных стадиях заболевания, что приводит к патологическому накоплению ^{18}F -ФДГ в зонах ПК до появления структурных изменений [14].

В литературе также активно обсуждаются другие факторы, которые могут повлиять на точность результатов ПЭТ/КТ, такие как получение антибактериальной терапии на момент исследования, короткие сроки после протезирования клапана и физиологическое накопление ^{18}F -ФДГ в миокарде левого желудочка [8, 10, 13, 14].

В настоящем исследовании большинство пациентов — 15 (80%) с подозрением на ИЭ ПК находились в процессе антибакте-

риальной терапии на момент выполнения ПЭТ/КТ, тем не менее результаты обследования позволили корректно подтвердить диагноз у 10 (67%) больных. Как и другие исследователи, мы полагаем, что получение ложноотрицательных результатов ПЭТ/КТ может быть связано со снижением активности воспалительного процесса в результате длительного антибактериального лечения [8, 10, 13, 14]. Однако и в других исследованиях преобладающему числу больных с подозрением на ИЭ ПК также выполняли ПЭТ/КТ в процессе антибактериальной терапии в различные сроки после ее начала, что не препятствовало получению высокого процента ИП результатов [8–14].

Согласно действующим рекомендациям Европейского общества кардиологов (2015 г.), ПЭТ/КТ с ^{18}F -ФДГ следует выполнять не ранее, чем через 3 мес после операции протезирования клапана [4]. Это связано с возможным повышенным накоплением ^{18}F -ФДГ в зоне так называемого стерильного постоперационного воспалительного процесса и, соответственно, вероятностью получения ложноположительных результатов. Тем не менее в наиболее крупном исследовании по данной тематике, опубликованном в 2013 г. до выхода вышеуказанных рекомендаций, минимальный срок между операцией и ПЭТ/КТ составил 1 мес. Авторы не выявили ЛП-результатов ПЭТ/КТ при выполнении исследования в сроки от 2 до 3 мес после операции [10]. В недавно опубликованном исследовании проанализированы результаты обследования 51 больного с ПК без наличия ИЭ: достоверных различий в накоплении ^{18}F -ФДГ у больных в первые 3 мес после операции и в более поздние сроки не определялось. Авторы сообщают, что в отдельных случаях повышенное накопление ^{18}F -ФДГ в зоне ПК может встречаться без наличия ИЭ — описан единичный случай у пациента, обследованного через 8 лет после операции [15]. В настоящем исследовании также был получен ЛП-результат ПЭТ/КТ у пациента без ИЭ ПК из контрольной группы.

По данным полуколичественной оценки значения SUV_{max} и индекса накопления в зоне ПК были значимо выше у больных с подтвержденным ИЭ по сравнению с пациентами контрольной группы ($p < 0,002$). Аналогичные результаты получены и в других исследованиях [10, 11, 13, 14, 16].

По данным ROC-анализа определены пороговые значения для SUV_{max} 3,3 и индекса накопления 1,95. В других исследованиях пороговые значения SUV_{max} и индекса накопления составили 3,7 и 1,95 [11]; 4,0 и 1,8 [16]; 4,2 и 2,1 [14] соответственно. Полученные данные подтверждают целесообразность не только визуальной, но и полуколичественной оценки изображений. Следует учитывать, что данные полуколичественной оценки, полученные в настоящем исследовании, в полной мере не могут быть экстраполированы на исследования, выполненные на других сканерах. Это связано с тем, что показатель SUV_{max} зависит от целого ряда факторов — настроек сканера, параметров реконструкции изображений, введенной активности препарата, а также массы тела пациента [17].

Для исключения погрешностей, связанных с SUV_{max} , определялся относительный показатель индекса накопления, значение которого в меньшей степени зависит от вышеперечисленных факторов, а следовательно, является более универсальным. Индекс накопления рассчитывается как соотношение значений SUV_{max} в зоне интереса к SUV_{mean} в пуле крови, паренхиме печени или легких. Большинство исследователей, изучающих возможности ПЭТ/КТ с ^{18}F -ФДГ в диагностике ИЭ ПК, используют для расчета SUV_{mean} в пуле крови в нисходящей аорте. В настоящем исследовании использовалась аналогичная методика с унифицированным измерением SUV_{mean} в нисходящей аорте на уровне бифуркации трахеи. При этом особое внимание было сосредоточено на выделении зоны интереса — без захвата сосудистой стенки — для исключения повышенного накопления, связанного с атеросклеротическими изменениями [14].

Заключение

Первоначальные результаты свидетельствуют о перспективности применения ПЭТ/КТ с ^{18}F -ФДГ для ранней диагностики инфекционного эндокардита протезированного клапана — получены высокие диагностические показатели метода у данной категории больных.

Визуальную оценку результатов ПЭТ/КТ целесообразно дополнять полуколичественной с расчетом индекса накопления ^{18}F -ФДГ. Первоначальные результаты показали, что у больных без наличия инфекционного процесса накопление ^{18}F -ФДГ в зоне протезированного клапана низкое. Определено пороговое значение индекса накопления для диагностики инфекционного эндокардита протезированного клапана по данным ПЭТ/КТ с ^{18}F -ФДГ, которое составило 1,95.

Для обоснования целесообразности использования методики в рутинной клинической практике требуются дальнейшие исследования на более крупных группах больных.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Литература

1. Инфекционный эндокардит. Клинические рекомендации Министерства здравоохранения Российской Федерации. 2016. <https://racs.ru/clinic/files/2016/infective-endocarditis.pdf> (дата обращения 10.11.2018).
2. Бокерия Л.А., Милюевская Е.Б., Кудзоева З.Ф., Прянишников В.В. Сердечно-сосудистая хирургия — 2017. Болезни и врожденные аномалии системы кровообращения. М.: НЦССХ им. А.Н. Бакулева РАМН; 2018.
3. Желтовский Ю.В., Григорьев Е.Г. Инфекционный эндокардит клапанов сердца. *Сибирский медицинский журнал (Иркутск)*. 2014; 129 (6): 138–44.
4. Habib G., Lancellotti P., Antunes M.J., Bongioni M.G., Casalta J.P., Del Zotti F. et al. ESC Scientific Document Group. 2015. ESC Guidelines for the management of infective endocarditis: The Task Force for the Management of Infective Endocarditis of the European Society of Cardiology (ESC). Endorsed by: European Association for Cardio-Thoracic Surgery (EACTS), the European Association of Nuclear Medicine (EANM).

- Eur. Heart J.* 2015; 36: 3075–128. DOI: 10.1093/eurheartj/ehv319
5. Николаевский Е.Н., Сухова Е.В. Инфекционный эндокардит как актуальная проблема Российской медицины. *Инновационная наука.* 2016; 12 (4): 178–80.
 6. Li J.S., Sexton D.J., Mick N., Nettles R., Fowler V.G., Jr., Ryan T. et al. Proposed modifications to the Duke criteria for the diagnosis of infective endocarditis. *Clin. Infect. Dis.* 2000; 30: 633–8. DOI: 10.1086/313753
 7. Асланиди И.П., Манукова В.А., Мухортובה О.В., Катунина Т.А., Рудас М.С., Пожаров И.В. и др. Позитронно-эмиссионная томография с ¹⁸F-ФДГ в оценке эффективности лечения гигантоклеточного артериита и артериита Такаясу. *Сердечно-сосудистые заболевания. Бюллетень НЦССХ им. А.Н. Бакулева РАМН.* 2017; 18 (4): 380–90.
 8. Ricciardi A., Sordillo P., Ceccarelli L., Maffongelli G., Calisti G., Di Pietro B. et al. 18-Fluoro-2-deoxyglucose positron emission tomography-computed tomography: an additional tool in the diagnosis of prosthetic valve endocarditis. *Int. J. Infect. Dis.* 2014; 28: 219–24. DOI: 10.1016/j.ijid.2014.04.028
 9. Rouzet F., Chequer R., Benali K., Lepage L., Ghodbane W., Duval X. et al. Respective performance of ¹⁸F-FDG PET and radiolabeled leukocyte scintigraphy for the diagnosis of prosthetic valve endocarditis. *J. Nucl. Med.* 2014; 55 (12): 1980–5. DOI: 10.2967/jnumed.114.141895
 10. Saby L., Laas O., Habib G., Cammilleri S., Mancini J., Tessonnier L. et al. Positron emission tomography/computed tomography for diagnosis of prosthetic valve endocarditis: increased valvular ¹⁸F-fluorodeoxyglucose uptake as a novel major criterion. *J. Am. Coll. Cardiol.* 2013; 61 (23): 2374–82. DOI: 10.1016/j.jacc.2013.01.092
 11. Pizzi M.N., Roque A., Fernandez-Hidalgo N., Cuellar-Calabria H., Ferreira-Gonzalez L., Gonzalez-Alujas M.T. et al. Improving the diagnosis of infective endocarditis in prosthetic valves and intracardiac devices with ¹⁸F-FDG-PET/CT-angiography: initial results at an infective endocarditis referral center. *Circulation.* 2015; 132 (12): 1113–26. DOI: 10.1161/circulationaha.115.015316
 12. Mahmood M., Kendi A.T., Ajmal S., Farid S., O'Horo J.C., Chareonthaitawee P. et al. Meta-analysis of ¹⁸F-FDG PET/CT in the diagnosis of infective endocarditis. *J. Nucl. Cardiol.* 2019; 26 (3): 922–35. DOI: 10.1007/s12350-017-1092-8
 13. Fagman E., van Essen M., Freden Lindqvist J., Snygg-Martin U., Bech-Hanssen O., Svensson G. ¹⁸F-FDG PET/CT in the diagnosis of prosthetic valve endocarditis. *Int. J. Cardiovasc. Imaging.* 2015; 32: 679–86. DOI: 10.1007/s10554-015-0814-8
 14. Swart L.E., Gomes A., Scholtens A.M., Sinha B., Tanis W., Lam M.G. et al. Improving the diagnostic performance of ¹⁸F-fluorodeoxyglucose positron-emission tomography/computed tomography in prosthetic heart valve endocarditis. *Circulation.* 2018; 138 (14): 1412–27. DOI: 10.1161/CIRCULATIONAHA.118.035032
 15. Mathieu C., Mikail N., Benali K., Iung B., Duval X., Nataf P. et al. Characterization of ¹⁸F-fluorodeoxyglucose uptake pattern in noninfected prosthetic heart valves. *Circ. Cardiovasc. Imaging.* 2017; 10: e005585. DOI: 10.1161/CIRCIMAGING.116.005585
 16. Salomäki S.P., Saraste A., Kemppainen J., Bax J.J., Knuuti J., Nuutila P. et al. ¹⁸F-FDG positron emission tomography/computed tomography in infective endocarditis. *J. Nucl. Cardiol.* 2017; 24 (1): 195–206. DOI: 10.1007/s12350-015-0325-y
 17. Adams M.C., Turkington T.G., Wilson J.M., Wong T.Z. A systematic review of the factors affecting accuracy of SUV measurements. *Am. J. Roentgenol.* 2010; 195 (2): 310–20. DOI: 10.2214/AJR.10.4923

References

1. Clinical recommendations of the Ministry of Health of the Russian Federation. Infective endocarditis. 2016. Available at: <https://racvs.ru/clinic/files/2016/infective-endocarditis.pdf> (accessed November 10, 2018) (in Russ.).
2. Bockeria L.A., Milievskaia E.B., Kudzoeva Z.F., Pryanishnikov V.V. Cardiovascular Surgery – 2017. Diseases and congenital anomalies of circulatory system. Moscow; 2016 (in Russ.).
3. Zheltovskiy Yu.V., Grigor'ev E.G. Prosthetic valve infective endocarditis. *Siberian Medical Journal (Irkutsk).* 2014; 129 (6): 138–44 (in Russ.).
4. Habib G., Lancellotti P., Antunes M.J., Bongioni M.G., Casalta J.P., Del Zotti F. et al. ESC Scientific Document Group. 2015. ESC Guidelines for the management of infective endocarditis: The Task Force for the Management of Infective Endocarditis of the European Society of Cardiology (ESC). Endorsed by: European Association for Cardio-Thoracic Surgery (EACTS), the European Association of Nuclear Medicine (EANM). *Eur. Heart J.* 2015; 36: 3075–128. DOI: 10.1093/eurheartj/ehv319
5. Nikolaevskiy E.N., Sukhova E.V. Infectious endocarditis as an actual problem of modern Russian cardiology. *Innovatsionnaya Nauka (Innovation Science).* 2016; 12 (4): 178–80 (in Russ.).
6. Li J.S., Sexton D.J., Mick N., Nettles R., Fowler V.G., Jr., Ryan T. et al. Proposed modifications to the Duke criteria for the diagnosis of infective endocarditis. *Clin. Infect. Dis.* 2000; 30: 633–8. DOI: 10.1086/313753
7. Aslanidi I.P., Manukova V.A., Mukhortova O.V., Katunina T.A., Rudas M.S., Pozharov I.V., Novikov P.I., Meshkov A.D. ¹⁸F-fluorodeoxyglucose positron emission tomography in monitoring of therapy effectiveness in large vessel vasculitides. *Bulletin of Bakoulev Center for Cardiovascular Diseases.* 2017; 18 (4): 380–90 (in Russ.). DOI: 10.24022/1810-0694-2017-18-4-380-390

8. Ricciardi A., Sordillo P., Ceccarelli L., Maffongelli G., Calisti G., Di Pietro B. et al. 18-Fluoro-2-deoxyglucose positron emission tomography-computed tomography: an additional tool in the diagnosis of prosthetic valve endocarditis. *Int. J. Infect. Dis.* 2014; 28: 219–24. DOI: 10.1016/j.ijid.2014.04.028
9. Rouzet F., Chequer R., Benali K., Lepage L., Ghodbane W., Duval X. et al. Respective performance of ¹⁸F-FDG PET and radiolabeled leukocyte scintigraphy for the diagnosis of prosthetic valve endocarditis. *J. Nucl. Med.* 2014; 55 (12): 1980–5. DOI: 10.2967/jnumed.114.141895
10. Saby L., Laas O., Habib G., Cammilleri S., Mancini J., Tessonnier L. et al. Positron emission tomography/computed tomography for diagnosis of prosthetic valve endocarditis: increased valvular ¹⁸F-fluorodeoxyglucose uptake as a novel major criterion. *J. Am. Coll. Cardiol.* 2013; 61 (23): 2374–82. DOI: 10.1016/j.jacc.2013.01.092
11. Pizzi M.N., Roque A., Fernandez-Hidalgo N., Cuellar-Calabria H., Ferreira-Gonzalez I., Gonzalez-Alujas M.T. et al. Improving the diagnosis of infective endocarditis in prosthetic valves and intracardiac devices with ¹⁸F-FDG-PET/CT-angiography: initial results at an infective endocarditis referral center. *Circulation.* 2015; 132 (12): 1113–26. DOI: 10.1161/circulationaha.115.015316
12. Mahmood M., Kendi A.T., Ajmal S., Farid S., O'Horo J.C., Chareonthaitawee P. et al. Meta-analysis of ¹⁸F-FDG PET/CT in the diagnosis of infective endocarditis. *J. Nucl. Cardiol.* 2019; 26 (3): 922–35. DOI: 10.1007/s12350-017-1092-8
13. Fagman E., van Essen M., Freden Lindqvist J., Snygg-Martin U., Bech-Hanssen O., Svensson G. ¹⁸F-FDG PET/CT in the diagnosis of prosthetic valve endocarditis. *Int. J. Cardiovasc. Imaging.* 2015; 32: 679–86. DOI: 10.1007/s10554-015-0814-8
14. Swart L.E., Gomes A., Scholtens A.M., Sinha B., Tanis W., Lam M.G. et al. Improving the diagnostic performance of ¹⁸F-fluorodeoxyglucose positron-emission tomography/computed tomography in prosthetic heart valve endocarditis. *Circulation.* 2018; 138 (14): 1412–27. DOI: 10.1161/CIRCULATIONAHA.118.035032
15. Mathieu C., Mikail N., Benali K., Lung B., Duval X., Nataf P. et al. Characterization of ¹⁸F-fluorodeoxyglucose uptake pattern in noninfected prosthetic heart valves. *Circ. Cardiovasc. Imaging.* 2017; 10: e005585. DOI: 10.1161/CIRCIMAGING.116.005585
16. Salomäki S.P., Saraste A., Kemppainen J., Bax J.J., Knuuti J., Nuutila P. et al. ¹⁸F-FDG positron emission tomography/computed tomography in infective endocarditis. *J. Nucl. Cardiol.* 2017; 24 (1): 195–206. DOI: 10.1007/s12350-015-0325-y
17. Adams M.C., Turkington T.G., Wilson J.M., Wong T.Z. A systematic review of the factors affecting accuracy of SUV measurements. *Am. J. Roentgenol.* 2010; 195 (2): 310–20. DOI: 10.2214/AJR.10.4923

Поступила 12.12.2018

Принята к печати 30.12.2018