



Анализ факторов, влияющих на точность результатов позитронно-эмиссионной томографии, совмещенной с компьютерной томографией, с 18F-фтордезоксиглюкозой при подозрении на инфекционный эндокардит протезированного клапана

Асланиди И. П., Голухова Е. З., Пурсанова Д. М., Мухортова О. В., Шурупова И. В., Екаева И. В., Катунина Т. А., Трифонова Т. А.

Цель. Проанализировать факторы, влияющие на точность результатов совмещенной с компьютерной томографией позитронно-эмиссионной томографии (ПЭТ/КТ) с 18F-фтордезоксиглюкозой при подозрении на инфекционный эндокардит (ИЭ) протезированного клапана (ПК).

Материал и методы. Проанализированы результаты ПЭТ/КТ, выполненной 66 пациентам после протезирования клапанов сердца: 55 пациентам по поводу подозрения на ИЭ (≥ 3 мес. после операции) и 11 группы сравнения без наличия ИЭ (через 2 мес. после операции). В группе с подозрением на ИЭ ($n=55$) на момент исследования у 27% (15/55) была нормальная температура тела, у 85% (47/55) отсутствовал лейкоцитоз, у 16% (9/55) исследование выполнено в короткие сроки (от 3 до 6 мес.) после операции и у 67% (37/55) — на фоне длительной антибактериальной терапии (АБТ). Окончательный диагноз ИЭ поставлен на основании клинических (наблюдение в течение 6 ± 3 мес.), лабораторно-инструментальных, а также интраоперационных ($n=40$) данных: подтвержден у 37 и исключен у 29 больных. С целью определения влияния факторов на получение ложных результатов ПЭТ/КТ проводился расчет отношения шансов.

Результаты. В группе с подозрением на ИЭ ($n=55$) результаты ПЭТ/КТ позволили корректно диагностировать ИЭ у 92% (34/37) и исключить его наличие у 67% (12/18) больных. У 16% (9/55) получены ложные результаты — ложноположительные ($n=6$) и ложноотрицательные ($n=3$). Таким образом, чувствительность, специфичность и диагностическая точность ПЭТ/КТ в диагностике ИЭ ПК составили 92%, 67% и 84%, соответственно; положительная и отрицательная прогностическая ценность — 85% и 80%. Анализ отношения шансов не выявил взаимосвязи между проанализированными факторами — низкой активностью воспалительного процесса, интервалом между операцией и проведением ПЭТ/КТ от 3 до 6 мес., а также длительной АБТ перед ПЭТ/КТ — и получением ложных результатов ПЭТ/КТ ($p>0,05$). В группе сравнения без ИЭ ПК ($n=11$) у 91% (10/11) получены ложноположительные результаты ПЭТ/КТ, у 1 пациента — истинно отрицательный результат.

Заключение. Полученные данные свидетельствуют о высокой информативности ПЭТ/КТ в диагностике ИЭ ПК. Интервал >2 мес. между операцией ПК и выполнением ПЭТ/КТ существенно снижает точность результатов ПЭТ/КТ. Другие проанализированные факторы в представленной группе не повлияли на точность результатов ПЭТ/КТ.

Ключевые слова: эмиссионная томография, совмещенная с компьютерной томографией, 18F-фтордезоксиглюкоза, протезированный клапан, инфекция, эндокардит.

Отношения и деятельность: нет.

ФГБУ Национальный медицинский исследовательский центр сердечно-сосудистой хирургии им. А. Н. Бакулева Минздрава России, Москва, Россия.

Асланиди И. П. — д.м.н., профессор, зам. директора, зав. отделом ядерной диагностики, ORCID: 0000-0001-6386-2378, Голухова Е. З. — д.м.н., академик РАН, директор Центра, ORCID: 0000-0002-6252-0322, Пурсанова Д. М.* — к.м.н., с.н.с. отдела ядерной диагностики, ORCID: 0000-0002-1846-0115, Мухортова О. В. — д.м.н., в.н.с. отдела ядерной диагностики, ORCID: 0000-0002-7716-5896, Шурупова И. В. — д.м.н., в.н.с. отдела ядерной диагностики, ORCID: 0000-0002-2154-474X, Екаева И. В. — к.х.н., зав. лабораторией радиохимии отдела ядерной диагностики, ORCID: 0000-0002-5396-604X, Катунина Т. А. — н.с. лаборатории радиохимии отдела ядерной диагностики, ORCID: 0000-0002-9375-9715, Трифонова Т. А. — к.м.н., зав. отделением радионуклидных методов исследования отдела ядерной диагностики, ORCID: 0000-0002-9727-4213.

*Автор, ответственный за переписку (Corresponding author):
dmpursanova@bakulev.ru

АБТ — антибактериальная терапия, ИЭ — инфекционный эндокардит, ОШ — отношение шансов, ПК — протезированный клапан, ПЭТ/КТ — позитронно-эмиссионная томография, совмещенная с компьютерной томографией, 18F-ФДГ — 18F-фтордезоксиглюкоза.

Рукопись получена 12.11.2021

Рецензия получена 25.11.2021

Принята к публикации 29.11.2021



Для цитирования: Асланиди И. П., Голухова Е. З., Пурсанова Д. М., Мухортова О. В., Шурупова И. В., Екаева И. В., Катунина Т. А., Трифонова Т. А. Анализ факторов, влияющих на точность результатов позитронно-эмиссионной томографии, совмещенной с компьютерной томографией, с 18F-фтордезоксиглюкозой при подозрении на инфекционный эндокардит протезированного клапана. *Российский кардиологический журнал*. 2021;26(12):4764. doi:10.15829/1560-4071-2021-4764

Analysis of factors affecting the accuracy of 18F-fluorodeoxyglucose positron emission tomography combined with computed tomography in case of suspected prosthetic valve infective endocarditis

Aslanidi I. P., Golukhova E. Z., Pursanova D. M., Mukhortova O. V., Shurupova I. V., Ekaeva I. V., Katunina T. A., Trifonova T. A.

Aim. To analyze the factors affecting the accuracy of 18F-fluorodeoxyglucose positron emission tomography combined with computed tomography (PET/CT) in case of suspected prosthetic valve endocarditis (PVE).

Material and methods. The results of PET/CT performed in 66 patients after heart valve replacement were analyzed: 55 patients with suspected PVE (≥ 3 months after surgery) and 11 comparison groups without PVE (2 months after surgery). In the group with suspected PVE ($n=55$) at the time of the study, 27% (15/55) had a normal body temperature, 85% (47/55) — no leukocytosis. In 16% (9/55), the examination was performed from 3 to 6 months after surgery and in 67% (37/55) — against the background of long-term antibiotic therapy (ABT).

The final diagnosis of PVE was made on the basis of clinical (including 6 ± 3 follow-up), laboratory, instrumental, and intraoperative ($n=40$) data: confirmed — in 37 patients; ruled out — in 29 patients. In order to determine the influence of factors on obtaining false PET/CT results, the odds ratio was calculated.

Results. In the group with suspected PVE ($n=55$), the PET/CT results made it possible to establish and rule out PVE in 92% (34/37) and 67% (12/18) of patients, respectively. In 16% (9/55) of patients, false positive ($n=6$) and false negative ($n=3$) results. Thus, the sensitivity, specificity and diagnostic accuracy of PET/CT in the diagnosis of PVE were 92%, 67% and 84%, respectively; positive and negative predictive values — 85% and 80%. The analysis of the odds ratio did not reveal the

relationship of low inflammatory activity, the interval between surgery and PET/CT from 3 to 6 months, and long-term ABT before PET/CT with false PET/CT results ($p > 0,05$). In the comparison group without PVE ($n=11$), 91% (10/11) received false positive PET/CT results, and one patient received a true negative result.

Conclusion. The data obtained indicate the high informative value of PET/CT in the diagnosis of PVE. Interval >2 months between surgery and PET/CT significantly reduces the accuracy of PET/CT results. Other factors analyzed in the presented group did not affect the accuracy of PET/CT results.

Keywords: emission tomography combined with computed tomography, 18F-fluorodeoxyglucose, prosthetic valve, infection, endocarditis.

Relationships and Activities: none.

A. N. Bakulev National Medical Research Center for Cardiovascular Surgery, Moscow, Russia.

Aslanidi I. P. ORCID: 0000-0001-6386-2378, Golukhova E. Z. ORCID: 0000-0002-6252-0322, Pursanova D. M.* ORCID: 0000-0002-1846-0115, Mukhortova O. V. ORCID: 0000-0002-7716-5896, Shurupova I. V. ORCID: 0000-0002-2154-474X, Ekaeva I. V. ORCID: 0000-0002-5396-604X, Katunina T. A. ORCID: 0000-0002-9375-9715, Trifonova T. A. ORCID: 0000-0002-9727-4213.

*Corresponding author: dmpursanova@bakulev.ru

Received: 12.11.2021 **Revision Received:** 25.11.2021 **Accepted:** 29.11.2021

For citation: Aslanidi I. P., Golukhova E. Z., Pursanova D. M., Mukhortova O. V., Shurupova I. V., Ekaeva I. V., Katunina T. A., Trifonova T. A. Analysis of factors affecting the accuracy of 18F-fluorodeoxyglucose positron emission tomography combined with computed tomography in case of suspected prosthetic valve infective endocarditis. *Russian Journal of Cardiology*. 2021;26(12):4764. doi:10.15829/1560-4071-2021-4764

Инфекционный эндокардит (ИЭ) протезированного клапана (ПК) относится к одним из наиболее опасных для жизни заболеваний. При этом показатели смертности за последние десятилетия не имеют тенденции к уменьшению; тяжесть состояния пациентов с ИЭ ПК в большинстве случаев связана с несвоевременной постановкой диагноза и поздним направлением на хирургическое лечение [1, 2]. Сложность выявления ИЭ ПК обусловлена тем, что заболевание зачастую протекает под “маской” других нозологий, а отрицательные результаты рутинно используемых лабораторно-инструментальных обследований не всегда исключают наличие инфекционного процесса. Более того, информативность традиционно используемых методов диагностики (эхокардиография, компьютерная томография (КТ) и магнитно-резонансная томография) у пациентов после протезирования клапанов сердца существенно снижена — преимущественно за счет наличия в зонах интереса артефактов от высокоплотных структур и их колебаний [1, 2]. Все вышеперечисленное диктует необходимость поиска новых методов диагностики.

Передовым и активно развивающимся методом диагностической визуализации является позитронно-эмиссионная томография (ПЭТ), совмещенная с КТ (ПЭТ/КТ). Это высокоинформативный гибридный диагностический метод, позволяющий одновременно оценить различные функциональные и структурные изменения в организме. Принцип диагностики воспаления по данным ПЭТ/КТ основан на активном накоплении радиофармпрепарата 18F-фтордезоксиглюкозы (18F-ФДГ) клетками воспаления. В последние годы появились данные о перспективности использования ПЭТ/КТ с 18F-ФДГ для диагностики ИЭ ПК [2-5]. Однако в мировом сообществе радиологов нет единого мнения относительно ряда вопросов, касающихся информативности метода, показаний и методики проведения исследования [3, 6-8].

Целью данной статьи явилось проанализировать факторы, влияющие на точность результатов ПЭТ/КТ при подозрении на ИЭ ПК.

Материал и методы

В проспективный анализ включены результаты обследования 66 больных после протезирования клапанов сердца: 55 по поводу подозрения на ИЭ ПК, обследованы через ≥ 3 мес. после операции, а также 11 пациентов группы сравнения без наличия ИЭ ПК, обследованных через 2 мес. после операции.

Протокол исследования был одобрен на Ученом Совете ФГБУ НМИЦ ССХ им. А. Н. Бакулева Минздрава России. У всех пациентов было получено письменное информированное согласие.

В группу с подозрением на ИЭ ПК ($n=55$) вошло 33 мужчины и 22 женщины; средний возраст составил 51 ± 16 (14-84) года. Интервал между предшествующим хирургическим лечением и проведением ПЭТ/КТ составил от 3 до 404 мес., медиана 32 [10; 63] мес.

Основной причиной обращения всех больных являлись жалобы на подъемы температуры тела до $38-41^\circ \text{C}$ на протяжении от 2 нед. до 13 мес., медиана 2,5 [1,5; 4] мес., без убедительной связи с диагностированными воспалительными или инфекционными процессами. У большинства пациентов — 37/55 (67%) данные эпизоды имели рецидивирующий характер и вызвали необходимость проведения повторных курсов антибактериальной терапии (АБТ); ее продолжительность составила от 2 нед. до 25 мес., медиана 3 [2; 5]. У 15 из 55 (27%) больных на момент выполнения ПЭТ/КТ температура тела была нормальной.

Общая характеристика больных с подозрением на ИЭ ПК представлена на рисунке 1.

У 40/55 (73%) пациентов в связи с высокой вероятностью ИЭ ПК по данным полного клинико-лабораторно-инструментального обследования, в т.ч. с учетом результатов ПЭТ/КТ, впоследствии прове-

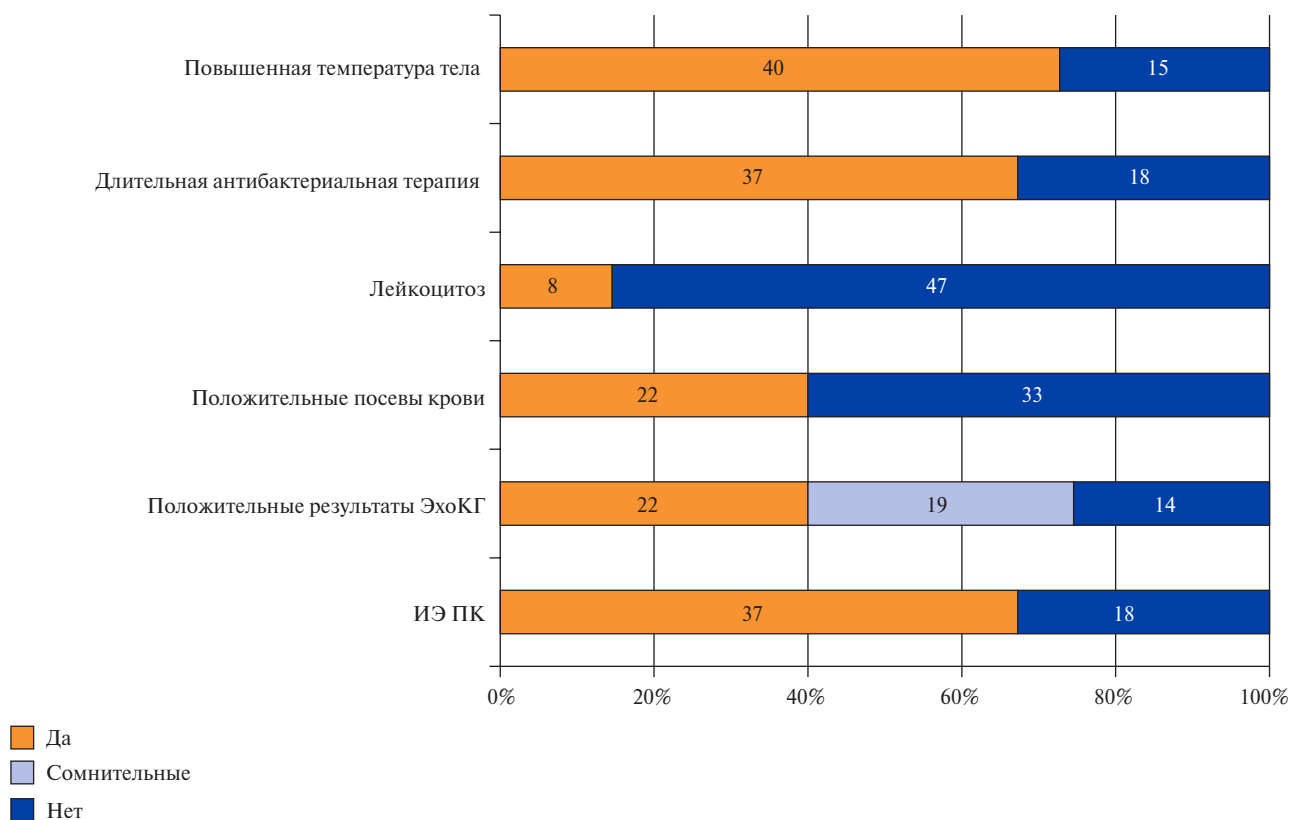


Рис. 1. Распределение пациентов с подозрением на ИЭ ПК (n=55) в зависимости от результатов клинико-лабораторно-инструментального обследования при ПЭТ/КТ.

Сокращения: ИЭ — инфекционный эндокардит, ПК — протезированный клапан, ЭхоКГ — эхокардиограмма.

дено хирургическое лечение. Временной интервал между выполнением ПЭТ/КТ и последующей операцией составил от 1 до 28 дней, медиана 9 [6; 12].

Согласно интраоперационным данным (визуальная оценка и/или результат посева интраоперационного материала) у 37 из 40 (92%) прооперированных больных диагноз ИЭ ПК был подтвержден, у 3 из 40 — исключен. Посевы интраоперационного материала были положительными у 28 из 37 (76%) прооперированных больных с подтвержденным ИЭ ПК, у 9 из 37 (24%) посевы были стерильными.

У остальных 15 из 55 (27%) больных анализируемой группы по результатам комплексного клинико-лабораторного и инструментального обследований, а также периода наблюдения в течение 6 ± 3 мес. диагноз ИЭ ПК был исключен.

Таким образом, в анализируемой группе с подозрением на ИЭ ПК (n=55) диагноз был подтвержден у 37 (67%) и исключен у 18 (33%) пациентов.

В группу сравнения включено 11 больных, обследованных через 2 мес. после протезирования клапанов сердца, без наличия ИЭ ПК: 6 мужчин и 5 женщин, средний возраст составил 54 ± 8 (40-68) лет.

Исследования выполнялись на гибридной системе ПЭТ/КТ (Siemens) через 90 мин. после внутри-

венного введения ^{18}F -ФДГ (175-200 МБк) по стандартному протоколу в режиме обследования “всего тела”: от уровня глазниц до уровня верхней трети бедра. Всем больным с целью уменьшения физиологического накопления ^{18}F -ФДГ в миокарде проводилась специальная подготовка: строгая безуглеводная диета в течение 48 ч с периодом голодания не менее 15 ч перед исследованием.

Для выполнения статистических расчетов использовали программу SPSS. С целью определения влияния факторов на получение ложных результатов ПЭТ/КТ проводился расчет отношения шансов (ОШ) и его 95% доверительный интервал. Предполагаемый фактор риска считался значимым при $\text{ОШ} > 1$ и $p < 0,05$.

Результаты

Группа с подозрением на ИЭ ПК (n=55)

В группе с подозрением на ИЭ ПК положительные результаты ПЭТ/КТ, свидетельствовавшие о наличии инфекционного процесса, получены у 34 из 37 (92%) больных с подтвержденным диагнозом ИЭ ПК (рис. 2). Отрицательные результаты ПЭТ/КТ, свидетельствовавшие об отсутствии инфекционного процесса, получены у 12 из 18 (67%) пациентов с ис-

ключенным диагнозом ИЭ ПК. У 3/37 (8%) полученные ложноотрицательные результаты ПЭТ/КТ, у 6/18 (33%) — ложноположительные.

Таким образом, чувствительность, специфичность и точность ПЭТ/КТ в диагностике ИЭ ПК составили 92%, 67%, 84%, соответственно; положительная и отрицательная прогностическая ценность — 85% и 80%.

Проанализированы факторы, предположительно влияющие на точность результатов ПЭТ/КТ: низкая активность воспалительного процесса на момент выполнения ПЭТ/КТ — нормальная температура тела и отсутствие лейкоцитоза, короткий интервал между предшествующим хирургическим лечением и проведением ПЭТ/КТ — от 3 до 6 мес., а также выполнение ПЭТ/КТ на фоне АБТ (табл. 1).

Среди пациентов с нормальной температурой тела при выполнении ПЭТ/КТ (n=15) ложноотрицательных результатов ПЭТ/КТ не получено; у 13/15 (87%) получены истинные результаты ПЭТ/КТ: истинно положительные у 7 и истинно отрицательные у 6 из 13 больных; у остальных 2/15 (13%) пациентов получены ложноположительные результаты ПЭТ/КТ.

У большинства пациентов анализируемой группы — 47 из 55 (85%) лейкоцитоз отсутствовал. Из них ложноотрицательные результаты ПЭТ/КТ получены только у 3/47 (6%) больных, тогда как у большинства — 38/47 (81%) получены истинные результаты — из них истинно положительные у 29 и истинно отрицательные у 9 пациентов; у 6/47 (13%) пациентов получены ложноположительные результаты ПЭТ/КТ.

Интервал между предшествующим хирургическим лечением и выполнением ПЭТ/КТ составлял от 3 до 6 мес. только у 9 из 55 (16%) пациентов. У 6 из 9 (67%) больных получены истинные результаты ПЭТ/КТ, из них истинно положительные у 4 и истинно отрицательные у 2 пациентов. Среди указанных больных интервал после операции составил 3 мес. только у 1 пациента — получен истинно по-

ложительный результат, у других 5 больных интервал составил от 5 до 6 мес. У остальных 3 из 9 (33%) больных с интервалом после операции от 3 до 6 мес. получены ложноположительные результаты ПЭТ/КТ: у 1 через 3 мес. и у 2 через 4 мес. (рис. 3).

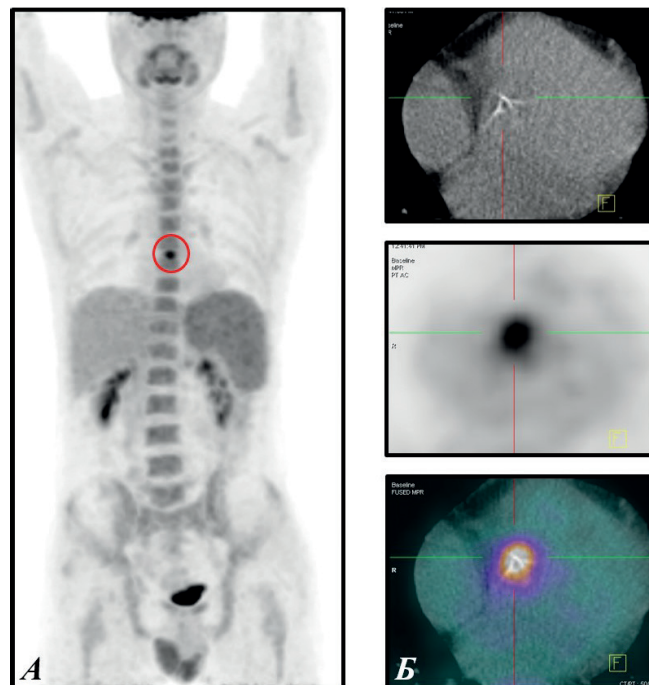


Рис. 2. Пример истинно положительного результата ПЭТ/КТ.

Примечание: пациент 30 лет, 108 мес. после многокомпонентной реконструкции аортального клапана с протезированием створки аутоперикардом; подъемы температуры тела до 39,0° С в течение 2 мес.; трансторакальная и чреспищеводная эхокардиография: вегетация на правой коронарной створке; посевы крови стерильные, в процессе АБТ. При ПЭТ/КТ патологическое накопление 18F-ФДГ (красный круг) определяется в области протезированной створки. Интраоперационно: вегетация и абсцесс фиброзного кольца аортального клапана (посевы материала стерильные). Цветное изображение доступно в электронной версии журнала.

Сокращения: АБТ — антибактериальная терапия, ПЭТ/КТ — позитронно-эмиссионная томография, совмещенная с компьютерной томографией, 18F-ФДГ — 18F-фтордезоксиглюкоза.

Таблица 1

Распределение результатов ПЭТ/КТ в зависимости от факторов, предположительно влияющих на их точность (n=55)

Фактор	ИЭПК подтвержден (n=37)			ИЭПК исключен (n=18)			Всего (n=55)
	ИП (n=34)	ОШ, 95% ДИ, р	ЛО (n=3)	ИО (n=12)	ОШ, 95% ДИ, р	ЛП (n=6)	
Нормальная температура тела при ПЭТ/КТ, n	21% (7/34)	–	0	50% (6/12)	2,0 (0,1-15,4) >0,05	33% (2/6)	27% (15/55)
Отсутствие лейкоцитоза (<11*10 ⁹ /л), n	85% (29/34)	–	100% (3/3)	75% (9/12)	–	100% (6/6)	85% (47/55)
Интервал от 3 до 6 мес. после операции, n	12% (4/34)	–	0	17% (2/12)	0,2 (0,1-1,8) >0,05	50% (3/6)	16% (9/55)
АБТ при выполнении ПЭТ/КТ, n	62% (21/34)	–	100% (3/3)	67% (8/12)	0,4 (0,1-4,7) >0,05	83% (5/6)	67% (37/55)

Сокращения: АБТ — антибактериальная терапия, ДИ — доверительный интервал, ИП — истинно положительный, ИО — истинно отрицательный, ИЭПК — инфекционный эндокардит протезированного клапана, ЛО — ложноотрицательный, ЛП — ложноположительный, ОШ — отношение шансов, ПЭТ/КТ — позитронно-эмиссионная томография, совмещенная с компьютерной томографией.

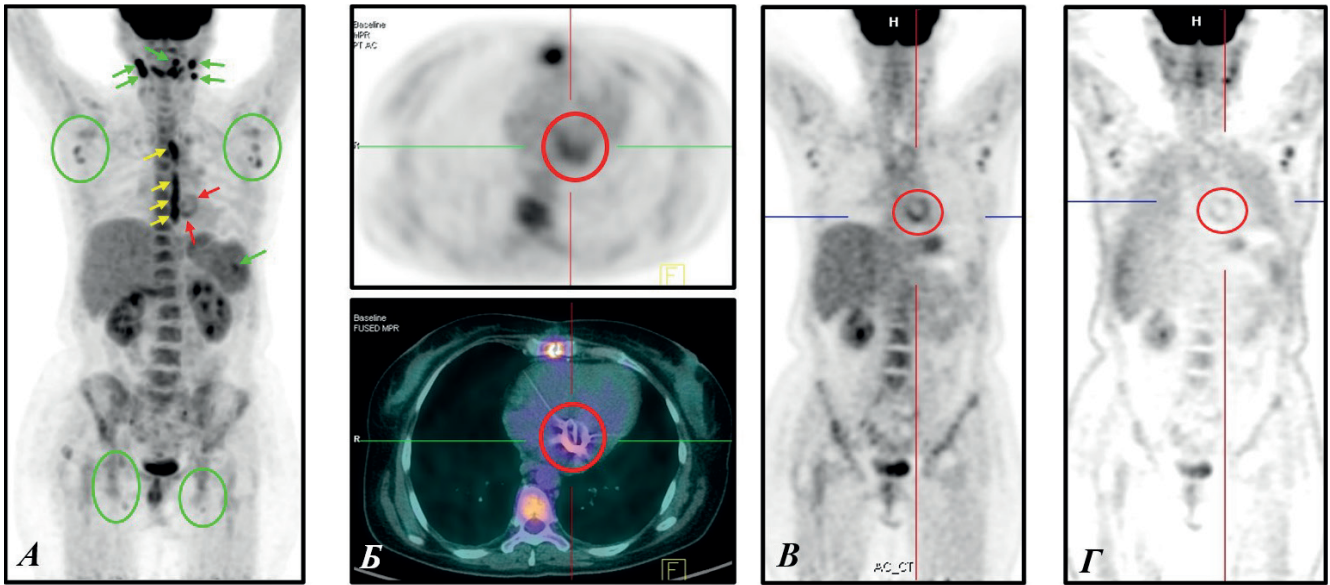


Рис. 3. Пример ложноположительного результата ПЭТ/КТ.

Примечание: пациентка 51 года, 4 мес. после протезирования митрального клапана (Sorin27); в анамнезе двусторонняя пневмония за 6 мес. до ПЭТ/КТ, АБТ в течение 6 нед.; повторные подъемы температуры тела до 38,5° С в течение мес.; чреспищеводная эхокардиография: вегетация (?); посевы крови стерильные; в процессе АБТ. При ПЭТ/КТ определяется патологическое накопление 18F-ФДГ (А-Г) циркулярное в области протеза митрального клапана, (А) диффузное интенсивное в постоперационно измененной грудине (желтые стрелки). Также выявлена лимфаденопатия с различным уровнем метаболизма, изменения в селезенке и левой небной миндалине (зеленые стрелки и круги) — заподозрено лимфопролиферативное заболевание, которое впоследствии было исключено. Через месяц температура тела нормализовалась, на основании динамического наблюдения в течение года ИЭ ПК исключен. Цветное изображение доступно в электронной версии журнала.

Сокращения: АБТ — антибактериальная терапия, ИЭ — инфекционный эндокардит, ПК — протезированный клапан, ПЭТ/КТ — позитронно-эмиссионная томография, совмещенная с компьютерной томографией, 18F-ФДГ — 18F-фтордезоксиглюкоза.

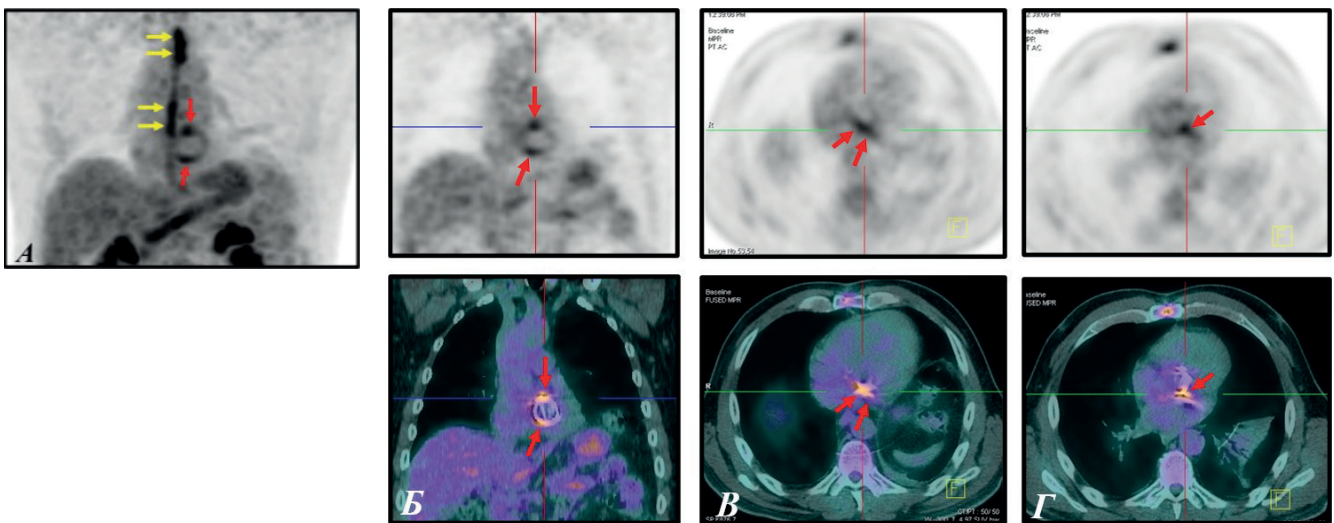


Рис. 4. Пример ложноположительного результата ПЭТ/КТ в группе сравнения.

Примечание: пациент 56 лет, обследован через 2 мес. после протезирования аортального и митрального клапанов механическими протезами. Патологическое накопление 18F-ФДГ (красные стрелки) определяется (А-В) в зоне митрального клапана, а также (Г) в области аортально-митрального контакта. Кроме того, повышенное накопление 18F-ФДГ определяется (А) в послеоперационно измененной грудине (желтые стрелки). Цветное изображение доступно в электронной версии журнала.

Сокращение: 18F-ФДГ — 18F-фтордезоксиглюкоза.

Ложноотрицательных результатов в указанные сроки после операции получено не было.

Значительная часть пациентов анализируемой группы — 37/55 (67%) находились в процессе дли-

тельной АБТ на момент выполнения ПЭТ/КТ. Среди больных с подтвержденным ИЭ ПК (n=37) АБТ проводилась также более чем у половины — 24/37 (65%). Тем не менее, это не помешало корректно диагно-

стировать инфекционный процесс в зоне ПК у 21 из 24 (88%) пациентов.

Таким образом, проанализированные факторы — низкая активность воспалительного процесса, интервал от 3 до 6 мес. между предшествующим хирургическим лечением и проведением ПЭТ/КТ, а также выполнение ПЭТ/КТ на фоне АБТ — в анализируемой группе не повлияли на точность результатов ПЭТ/КТ (табл. 1).

Группа сравнения — больные с ПК без наличия ИЭ, обследованные через 2 мес. после операции (n=11)

У 10 из 11 (91%) пациентов группы сравнения получены ложноположительные результаты ПЭТ/КТ: определялось патологическое накопление 18F-ФДГ в зоне ПК (рис. 4). У 1 (9%) пациента получен истинно отрицательный результат ПЭТ/КТ. В связи с высокой частотой получения ложноположительных результатов дальнейший набор в указанную группу был прекращен.

Обсуждение

ПЭТ/КТ с 18F-ФДГ находит все большее применение в мировой клинической практике при подозрении на ИЭ ПК [2-5]. Рекомендуется использование положительных результатов ПЭТ/КТ — патологического накопления 18F-ФДГ в зоне ПК — в качестве “большого” диагностического критерия при постановке диагноза ИЭ [2, 9]. Однако главной проблемой на сегодняшний день остается отсутствие стандартизированного подхода к использованию методики, включающего показания к выполнению исследования, методику его проведения и интерпретации результатов, от которых зависит информативность ПЭТ/КТ в диагностике ИЭ ПК [3-8].

В опубликованных исследованиях активно изучаются факторы, влияющие на точность результатов ПЭТ/КТ, такие как физиологическое накопление 18F-ФДГ в миокарде левого желудочка, сроки выполнения ПЭТ/КТ после протезирования клапанов сердца, проведение АБТ на момент исследования и др. [8-12].

Ранее нашей группой авторов установлено, что основными факторами, снижающими точность результатов ПЭТ/КТ при подозрении на ИЭ, являются интенсивное физиологическое накопление 18F-ФДГ в миокарде, а также некорректная интерпретация результатов ПЭТ/КТ [4, 6, 7]. Нами разработана специальная подготовка пациента к ПЭТ/КТ, направленная на снижение физиологического накопления 18F-ФДГ в миокарде, которая позволила достичь полной (90%) и частичной (10%) блокировки миокарда и, соответственно, оценить состояние интракардиально расположенных зон интереса у всех больных [6]. Также доказано, что использование разработанной методики интерпретации результатов ПЭТ/КТ, включающей визуальный и полуколиче-

ственный анализ, позволяет существенно повысить диагностические показатели метода при подозрении на ИЭ ПК [4, 7]. Установлено, что при визуальной оценке для инфекционного процесса в зоне ПК характерен фрагментарный тип накопления 18F-ФДГ высокой интенсивности, определяемый на изображениях с коррекцией и без коррекции аттенуации, а также доказано, что полуколичественный анализ с расчетом индекса накопления позволяет снизить число ложноположительных результатов [4].

Настоящее исследование посвящено анализу других факторов, которые могут повлиять на точность результатов ПЭТ/КТ: короткий интервал между предшествующим хирургическим лечением и выполнением ПЭТ/КТ (от 3 до 6 мес.), низкая активность воспалительного процесса (отсутствие лейкоцитоза и нормальная температура тела), а также проведение АБТ на момент исследования. Большинство из них активно обсуждается в мировой литературе [8-11].

Согласно последним рекомендациям Европейского общества кардиологов (2015г), минимальный срок между протезированием клапана сердца и выполнением ПЭТ/КТ с 18F-ФДГ должен составлять не менее 3 мес. [2]. В онкологической практике также рекомендовано соблюдать указанный интервал между хирургическим лечением и выполнением ПЭТ/КТ. Указанные рекомендации обоснованы возможным повышенным накоплением 18F-ФДГ в зоне так называемого “стерильного” послеоперационного воспалительного процесса и, соответственно, вероятностью получения ложноположительных результатов.

В наиболее крупном исследовании по данной тематике, опубликованном в 2013г до выхода вышеуказанных рекомендаций, минимальный срок между операцией и ПЭТ/КТ обследованием составил 1 мес., и при этом авторы не выявили ложноположительных результатов ПЭТ/КТ при выполнении исследования в сроки от 2 до 3 мес. после операции протезирования клапана [9].

В настоящем исследовании отдельно проанализирована перспективно набранная группа пациентов без подозрения на ИЭ ПК, которым ПЭТ/КТ выполнена через 2 мес. после протезирования клапана (n=11) — у 91% получены ложноположительные результаты ПЭТ/КТ. Другие авторы также опубликовали исследования, в которых ПЭТ/КТ выполнена в сроки до 3 мес., а в некоторых случаях — до 2 нед. после хирургического лечения [11-14]. При этом, у большинства также получены ложноположительные результаты, однако исследователи также сообщают о единичных случаях получения истинно отрицательных результатов ПЭТ/КТ [14, 15].

Проанализировано влияние фактора — выполнения ПЭТ/КТ в интервале от 3 до 6 мес. после операции — на получение ложноположительных результатов ПЭТ/КТ. В группе с подозрением на ИЭ ПК

($n=55$) интервал между предшествующим хирургическим лечением и выполнением ПЭТ/КТ составил от 3 до 6 мес. только у 9/55 (16%) пациентов. Из них у большинства (6/9) получены истинные результаты ПЭТ/КТ, причем интервал составлял 3 мес. только у 1 пациента — получен истинно положительный результат, тогда как у остальных интервал составил от 5 до 6 мес. У 3/9 (33%) больных с интервалом после операции от 3 до 6 мес. получены ложноположительные результаты ПЭТ/КТ: у 1 через 3 мес. и у 2 через 4 мес. Это дало основание предположить, что ложное патологическое накопление 18F-ФДГ за счет стерильного воспаления в области протезированного клапана может наблюдаться в сроки до 4 мес. после операции. Однако для обоснования данной гипотезы необходим анализ влияния указанного фактора на более крупной группе больных.

Таким образом, проведенный анализ показал, что интервал между протезированием клапана сердца и выполнением ПЭТ/КТ должен составлять не <2 мес.

В настоящем исследовании большинство пациентов — 69% (40/55) находились в процессе длительной АБТ. Среди пациентов с подтвержденным на конец периода наблюдения ИЭ ПК ($n=38$) данная категория составила 25/38 (66%), из них ложноотрицательные результаты получены у 4/25 (16%) больных. Мы полагаем, что это может быть связано со снижением активности воспалительного процесса в результате длительной АБТ. Другие исследователи также не исключают указанную взаимосвязь [9, 10, 12, 15].

Тем не менее у значительной части больных, которым обследование выполнено на фоне длительной АБТ, получены истинно положительные результаты ПЭТ/КТ — у 84% (21/25) пациентов. В других исследованиях преобладающему числу больных с подозрением на ИЭ ПК ПЭТ/КТ также выполнялась в процессе АБТ в различные сроки после ее начала, что не препятствовало получению высокого процента истинно положительных результатов [9-12].

Таким образом, мы считаем, что прерывание АБТ для выполнения ПЭТ/КТ при подозрении на ИЭ ПК не требуется.

В ряде исследований проанализированы лабораторные показатели активности воспалительного процесса — лейкоцитоз и уровень С-реактивного белка [9, 10]. По данным Swart L, et al., значение

С-реактивного белка <40 мг/л явилось значимым предиктором получения ложноотрицательных результатов ПЭТ/КТ [10]. Saby L, et al. сообщают, что уровень С-реактивного белка был выше в группе с положительными результатами ПЭТ/КТ и составил 64 мг/л vs 56 мг/л, однако статистически достоверно не различался ($p=0,43$) [9].

В настоящем исследовании преобладали больные с клиническими проявлениями воспалительного процесса: повышенная температура тела была у 73% (40/55), тогда как лейкоцитоз — только у 15% (8/55). Анализ ОШ не выявил взаимосвязи между низкой активностью воспалительного процесса на момент выполнения ПЭТ/КТ — нормальной температурой тела и отсутствием лейкоцитоза — и получением ложноотрицательных результатов ПЭТ/КТ ($p>0,05$).

Опубликованы единичные сообщения о получении ложноположительных результатов ПЭТ/КТ при использовании хирургического клея в процессе операции. В состав клея входят водный раствор бычьего сывороточного альбумина и глутаральдегид [8]. Некоторые авторы сообщают об интенсивном накоплении 18F-ФДГ в областях использования клея, которое может сохраняться без динамики в течение нескольких лет после операции [8, 9]. В настоящем исследовании согласно протоколам операции ни у одного из больных с подозрением на ИЭ ПК клей при протезировании не использовался.

Заключение

Полученные данные свидетельствуют о высокой информативности ПЭТ/КТ с 18F-ФДГ в диагностике ИЭ ПК. Интервал <2 мес. между операцией протезированного клапана и выполнением ПЭТ/КТ существенно снижает точность результатов ПЭТ/КТ. Другие факторы — низкая активность воспалительного процесса (нормальная температура тела и отсутствие лейкоцитоза), интервал между операцией и проведением ПЭТ/КТ от 3 до 6 мес., а также длительная АБТ перед проведением исследования — в анализируемой группе не повлияли на точность результатов ПЭТ/КТ.

Отношения и деятельность: все авторы заявляют об отсутствии потенциального конфликта интересов, требующего раскрытия в данной статье.

Литература/References

- Muratov R, Babenko S. Recommendations for the prevention and treatment of infectious endocarditis. A.N. Bakulev NCSH. Moscow. 2018. 32 p. (In Russ.) Муратов Р., Бабенко С. Рекомендации по профилактике и лечению инфекционного эндокардита. ННПССХ им. А. Н. Бакулева. Москва. 2018. 32 с.
- Habib G, Lancellotti P, Antunes M, et al. ESC Guidelines for the management of infective endocarditis. Eur Heart J. 2015;36:3075-128. doi:10.1093/eurheartj/ehv319.
- Jimenez-Ballve A, Perez-Castejon M, Delgado-Bolton R, et al. Assessment of the diagnostic accuracy of 18F-FDG PET/CT in prosthetic infective endocarditis and cardiac implantable electronic device infection: comparison of different interpretation criteria. Eur J Nucl Med Mol Imaging. 2016;43:2401-12. doi:10.1007/s00259-016-3463-9.
- Aslanidis I, Pursanova D, Mukhortova O, et al. Semiquantitative analysis of PET/CT results in patients with prosthetic valve infective endocarditis. REJR. 2021;11(1):125-36. (In Russ.) Асланиди И., Пурсанова Д., Мухортова О. и др. Использование полуколичественной оценки при интерпретации результатов ПЭТ/КТ с 18F-фтордезоксиглюкозой у пациентов с инфекционным эндокардитом протезированного клапана. Российский электронный журнал лучевой диагностики. 2021;11(1):125-36. doi:10.21569/2222-7415-2021-11-1-125-136.
- Mahmood M, Kendi A, Ajmal S, et al. Meta-analysis of 18F-FDG PET/CT in the diagnosis of infective endocarditis. J Nucl Cardiol. 2017;26(3):922-35. doi:10.1007/s12350-017-1092-8.

6. Aslanidis I, Pursanova D, Mukhortova O, et al. Special patient preparation for PET/CT in suspected cardiac and vascular infection. *Kardiologiya i Serdechno-Sosudistaya Khirurgiya*. 2021;14(3):179-84. (In Russ.) Асланиди И., Пурсанова Д., Мухортова О. и др. Особенности подготовки к ПЭТ/КТ исследованию при подозрении на инфекционные процессы в сердце и сосудах. *Кардиология и сердечно-сосудистая хирургия*. 2021;14(3):179-84. doi:10.17116/kardio202114031179.
7. Aslanidis I, Pursanova D, Mukhortova O, et al. Visual assessment of 18F-fluorodeoxyglucose PET/CT results in the diagnosis of infectious process in heart and vessels after cardiovascular interventions. *REJR*. 2020;10(4):120-30. (In Russ.) Асланиди И., Пурсанова Д., Мухортова О. и др. Особенности визуальной оценки результатов ПЭТ/КТ с 18F-фтордезоксиглюкозой при подозрении на инфекционные процессы в сердце и сосудах. *Российский электронный журнал лучевой диагностики*. 2020;10(4):120-30. doi:10.21569/2222-7415-2020-10-4-120-130.
8. Scholtens A, Swart L, Verberne H, et al. Confounders in FDG-PET/CT imaging of suspected prosthetic valve endocarditis. *JACC Cardiovasc Imaging*. 2016;9:1462-5. doi:10.1016/j.jcmg.2016.01.024.
9. Saby L, Laas O, Habib G, 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.
10. Swart L, Gomes A, Scholtens A, 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.
11. Ricciardi A, Sordillo P, Ceccarelli L, 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.
12. Fagman E, vanEssen M, Freden-Lindqvist J, et al. 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.
13. Pizzi M, L Dos-Subira, Roque A, et al. 18F-FDG-PET/CT-angiography in the diagnosis of infective endocarditis in and cardiac device infection in adult patients with congenital heart disease and prosthetic material. *Int J Cardiol*. 2017;248:396-402. doi:10.1016/j.ijcard.2017.08.008.
14. Scholtens A, Swart L, Verberne H, et al. Dual-time-point FDG PET/CT imaging in prosthetic heart valve endocarditis. *J Nucl Cardiol*. 2017;25(6):1960-7. doi:10.1007/s12350-017-0902-3.
15. de Camargo R, Bitencourt M, Meneghetti J, et al. The role of 18F-FDG-PET/CT in the diagnosis of left-sided endocarditis: native vs. prosthetic valves endocarditis. *Clin Infect Dis*. 2019;70(4):583-94. doi:10.1093/cid/ciz267.