

© CC BY Коллектив авторов, 2025
 УДК 616-089.86 : 612.13
<https://doi.org/10.24884/0042-4625-2025-184-3-25-32>

КОНКУРЕНТНЫЙ КРОВОТОК КАК ПРЕДИКТОР НЕСОСТОЯТЕЛЬНОСТИ МАММАРОКОРОНАРНОГО ШУНТИРОВАНИЯ: РОЛЬ МОМЕНТАЛЬНОГО РЕЗЕРВА КРОВОТОКА

Л. Д. Шенгелия*, А. В. Караев, А. Б. Гурдзибеев, М. О. Коншина, З. Ф. Фатулаев,
 С. А. Донаканян, К. В. Петросян

Национальный медицинский исследовательский центр сердечно-сосудистой хирургии им. А. Н. Бакулева
 121552, Россия, Москва, Рублевское ш., д. 135

Поступила в редакцию 24.12.2024 г.; принята к печати 09.04.2025 г.

ЦЕЛЬ. Оценить влияние конкурентного кровотока на развитие дисфункции маммарокоронарного шунта к передней межжелудочковой ветви левой коронарной артерии (МКШ-ПМЖВ), а также роль моментального резерва кровотока (МРК) в развитии дисфункции.

МЕТОДЫ И МАТЕРИАЛЫ. В исследование включено 57 пациентов, которые госпитализированы в период с января 2020 г. по декабрь 2022 г. Всем пациентам выполнена послеоперационная коронарошунтография, по результатам которой выявлена как дисфункция МКШ-ПМЖВ, так и функционирующая ПМЖВ. Затем проводилось измерение МРК ПМЖВ. Относительно полученных значений МРК пациенты разделены на две группы: I группа с отрицательным значением МРК – 40 (70,2 %) исследуемых, II группа – с положительным МРК – 17 (29,8 %) пациентов. Основной конечной точкой исследования являлось развитие дисфункций маммарного кондуита ввиду наличия конкурентного кровотока.

РЕЗУЛЬТАТЫ. Среди 57 пациентов у 46 (80,7 %) наблюдалась полная окклюзия кондуита с отсутствием антеградного кровотока, а «феномен струны» внутренней грудной артерии (ВГА) был выявлен у 11 (19,3 %) пациентов. Относительно значений моментального резерва кровотока дисфункция шунта значительно чаще имела место в сосудах с отрицательным МРК, чем в сосудах с положительным значением, 40 (70,2 %) против 17 (29,8 %) соответственно ($p < 0,001$).

ВЫВОДЫ. Согласно результатам исследования дисфункция маммарного кондуита в большинстве случаев обусловлена наличием конкурентного кровотока. Применение МРК перед операцией коронарного шунтирования представляется важным с целью оценки конкурентного кровотока и профилактики дисфункции кондуитов в отдаленном периоде.

Ключевые слова: конкурентный кровоток, коронарное шунтирование, дисфункция шунта, моментальный резерв кровотока, ревааскуляризация миокарда

Для цитирования: Шенгелия Л. Д., Караев А. В., Гурдзибеев А. Б., Коншина М. О., Фатулаев З. Ф., Донаканян С. А., Петросян К. В. Конкурентный кровоток как предиктор несостоятельности маммарокоронарного шунтирования: роль моментального резерва кровотока. *Вестник хирургии имени И. И. Грекова.* 2025;184(3):25–32. <https://doi.org/10.24884/0042-4625-2025-184-3-25-32>.

* **Автор для связи:** Лаша Давидович Шенгелия, Научный медицинский исследовательский центр сердечно-сосудистой хирургии им. А. Н. Бакулева, 121552, Россия, Москва, ул. Рублевское шоссе, д. 135. E-mail: l.d.shengelia@mail.ru.

COMPETITIVE BLOOD FLOW AS A PREDICTOR OF MAMMAROCORONARY ARTERY BYPASS GRAFT FAILURE: THE ROLE OF INSTANTANEOUS WAVE-FREE RATIO

Lasha D. Shengelia*, Aslanbek V. Karaev, Alan B. Gurdzhibeev, Mariia O. Konshina,
 Zamik F. Fatulaev, Sergei A. Donakanyan, Karen V. Petrosyan

A. N. Bakulev National Medical Research Center for Cardiovascular Surgery, Moscow, Russia
 135, Rublevskoe shosse, Moscow, 121552, Russia

Received 24.12.2024; accepted 09.04.2025

The OBJECTIVE was to estimate the impact of competitive blood flow on the development of dysfunction of the mammarocoronary artery bypass graft to the anterior interventricular branch of the left coronary artery (MCABG-AIVB), as well as the role of the instantaneous wave-free ratio (iFR) in the development of dysfunction.

METHODS AND MATERIALS. The research included 57 patients who were hospitalized between January 2020 and December 2022. Postoperative coronary artery bypass graft was performed for all patients which revealed dysfunction of MCABG-AIVB and a functioning AIVB. Then the iFR of AIVB was measured. Regarding the obtained iFR values, the patients were divided in two groups: group I with a negative iFR value included 40 (70.2 %) patients, and group II with a positive iFR value included 17 (29.8 %) patients. The main endpoint of the study was the development of dysfunctions of mammary conduit due to the presence of competitive blood flow.

RESULTS. Among 57 patients, 46 (80.7 %) had complete occlusion of a conduit with the absence of antegrade blood flow; the «string phenomenon» of the internal thoracic artery (ITA) was detected in 11 (19.3 %) patients. Whilst the values of instantaneous wave-free ratio, graft dysfunction occurred significantly more often in vessels with negative iFR than in vessels with the positive value, 40 (70.2 %) versus 17 (29.8 %), respectively ($p < 0.001$).

CONCLUSIONS. According to the results of the research, the dysfunction of the mammary conduit in most cases was due to the presence of competitive blood flow. The use of iFR before coronary artery bypass graft is necessary in order to assess competitive blood flow and prevent dysfunction of conduits in the long-term period.

Keywords: *competitive blood flow; coronary artery bypass graft; shunt dysfunction; instantaneous wave-free ratio; myocardial revascularization*

For citation: Shengelia L. D., Karaev A. V., Gurdzhibeev A. B., Konshina M. O., Fatulaev Z. F., Donakanyan S. A., Petrosyan K. V. Competitive blood flow as a predictor of mammarocoronary artery bypass graft failure: the role of instantaneous wave-free ratio. *Grekov's Bulletin of Surgery*. 2025;184(3):25–32. (In Russ.). <https://doi.org/10.24884/0042-4625-2025-184-3-25-32>.

* **Corresponding author:** Lasha D. Shengelia, A. N. Bakulev National Medical Research Center for Cardiovascular Surgery, 135, Rublevskoe shosse, Moscow, 121552, Russia. E-mail: l.d.shengelia@mail.ru.

Введение. Коронарный кровоток обеспечивает кардиомиоциты кислородом, питательными и биологически активными веществами, а также способствует выведению углекислого газа и продуктов метаболизма. Этот процесс критически важен для поддержания жизнеспособности и функциональности клеток сердца. Однако сужение просвета коронарных артерий, зачастую вызванное атеросклеротическими бляшками, значительно нарушает этот процесс, создавая риск критических нарушений клеточных функций. Подобное состояние ведет к дисбалансу между потребностью миокарда в кислороде и его поступлением, а тяжесть нарушений напрямую зависит от степени сужения артерии. Клинические проявления при этом могут варьировать от их полного отсутствия до симптомов стенокардии напряжения или острого коронарного синдрома [1–3].

В случае острого инфаркта миокарда экстренное проведение коронарографии и стентирование пораженной, часто окклюзированной или частично закупоренной артерии, являются важными мерами, способствующими спасению жизни пациента и улучшению долгосрочного прогноза. Однако при плановой диагностической коронарографии и выявлении пограничного поражения коронарных артерий подходы к лечению могут варьировать [4].

Несмотря на то, что коронарография считается «золотым стандартом» для визуализации анатомических изменений в артериях, она не всегда позволяет точно оценить степень ишемии миокарда. Поэтому для определения значимости стеноза, показаний к реваскуляризации и детальной оценки состояния коронарного кровотока у пациента с пограничными сужениями рекомендуется применение дополнительных методов. В соответствии с американскими и европейскими клиническими рекомендациями [5, 6], при пограничных стенозах коронарных артерий целесообразно использо-

вать методы физиологической оценки кровотока, такие как фракционный резерв кровотока (ФРК) и моментальный резерв кровотока (МРК). Однако в клинической практике эти методы применяются недостаточно часто. Между тем, они могут оказать существенную помощь в оценке стенозов, обосновании показаний к операции и определении объема реваскуляризации, что улучшает прогноз пациентов с ишемической болезнью сердца. МРК, в отличие от ФРК, не требует введения дополнительных веществ для создания гиперемии и проведения измерения, что снижает риск осложнений, связанных с введением препаратов. Метод ФРК основан на измерении давления дистальнее места сужения коронарной артерии и давления в аорте. Измерение проводится в так называемый «безволновой» период диастолы, когда сопротивление минимально. При значениях МРК менее 0,89 проба считается положительной, а сужение в коронарной артерии гемодинамически значимым, при значениях более 0,89 – проба считается отрицательной.

Цель исследования – определить влияние конкурентного кровотока как предиктора развития дисфункции МКШ-ПМЖВ, а также значений МРК пограничных сужений передней межжелудочковой артерии на проходимость маммарокоронарного шунта.

Методы и материалы. Исследование, проведенное на базе ФГБУ «НМИЦ ССХ им. А. Н. Бакулева» Минздрава России, основывается на анализе данных 57 пациентов, госпитализированных в период с января 2020 г. по декабрь 2022 г. Всем пациентам выполнена коронарошунтография, выявлена дисфункция МКШ – ПМЖВ и функционирующая передняя межжелудочковая ветвь, затем выполнено измерение МРК ПМЖВ. Следует отметить, что для исключения интраоперационных проблем с функционированием кондуитов всем пациентам выполнялась интраоперационная коронарошунтография.

Таблица 1

Клинико-anamnestическая и анатомо-физиологическая характеристика пациентов (n=57)

Table 1

Clinical, anamnestic, anatomical and physiological characteristics of patients (n=57)

Параметр	Значение	
	Группа I	Группа II
Число пациентов, n (%)	40 (70,2)	17 (29,8)
Возраст, Me; IQR, лет	60,5 [53; 64]	60,5 [53; 64]
Мужской пол, n (%)	33 (57,9)	14 (24,5)
<i>Анамнез</i>		
Индекс массы тела, Me; IQR, кг/м ²	29,8 [25,7; 31,9]	27,1 [26; 29,7]
Курение, n (%)	17 (29,8)	10 (17,5)
Сахарный диабет, n (%)	4 (7)	1 (1,8)
ПИКС, n (%)	18 (31,5)	9 (15,7)
ЧКВ в анамнезе, n (%)	11 (19,3)	5 (8,8)
ИБС II функционального класса до АКШ, n (%)	26(45,6)	8 (14)
ИБС III функционального класса до АКШ, n (%)	13 (22,8)	8 (14)
ИБС IV функционального класса до АКШ, n (%)	1 (1,8)	1(1,8)
Мультифокальный атеросклероз, n (%)	8 (14)	3 (5,2)
<i>Результаты обследования</i>		
Уровень холестерина, Me; IQR, мм/л	4,1 [3,8; 4,7]	4,2 [3,2; 5,7]
ФВ (до АКШ), Me; IQR, %	56 [50; 62]	58 [54; 63]
ФВ (после АКШ), Me; IQR, %	58 [53; 61]	57 [53; 62]
<i>Характеристика поражений и вмешательств</i>		
Время от АКШ до повторного поступления ср, мес	34,5 [13; 60]	54 [15; 68]
Стеноз ПМЖВ (до АКШ), Me; IQR, %	64 [63; 67]	73 [70; 75]
Стеноз ПМЖВ (после АКШ), Me; IQR, %	65 [65; 70]	75 [74; 79]
Изолированное поражение ПМЖВ, n (%)	11 (19,3)	1 (1,8)
Двухсосудистое поражение, n (%)	10 (17,5)	8 (14)
Многососудистое поражение, n (%)	19 (33,3)	9 (15,7)
Показатель SYNTAX Score, Me; IQR, баллы	25 [15; 35]	28 [21; 35]
Сформировано шунтов, n	88	43
Прогрессирование атеросклероза ПМЖВ, n (%)	3 (5,2)	8 (14)

Примечание: Me; IQR (медиана; интерквартильный размах); ПИКС – постинфарктный кардиосклероз; ЧКВ – чрескожное коронарное вмешательство; АКШ – аортокоронарное шунтирование; МКШ – маммарокоронарное шунтирование; ИБС – ишемическая болезнь сердца; ФВ – фракция выброса; ВШ – венозный шунт; ПМЖВ – передняя межжелудочковая ветвь.

Особенности больных представлены в *табл. 1*. Относительно полученных значений МРК пациенты разделены на две группы: I группа с отрицательным значением МРК – 40 (70,2 %) исследуемых, II группа – с положительным МРК – 17 (29,8 %) пациентов. Среди основных причин повторной госпитализации исследуемых лидирующие позиции занимали нарушения ритма сердца – 25 (43,9 %) пациентов, далее ишемическая болезнь сердца – 21 (36,8 %) пациент и мультифокальные атеросклеротические поражения с различной локализацией – 11 (19,3 %) пациентов ($p < 0,001$) (*рис. 1*). Пациенты с клапанной патологией, развившейся после операции коронарного шунтирования, также исключались из исследования ввиду возможного искажения данных моментального резерва кровотока.

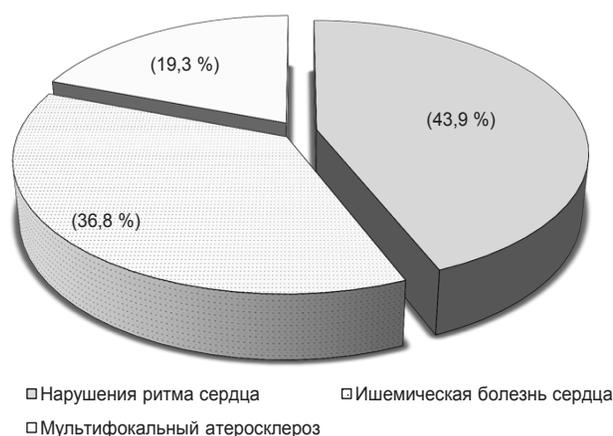


Рис. 1. Причины госпитализации
Fig. 1. Reasons for hospitalization

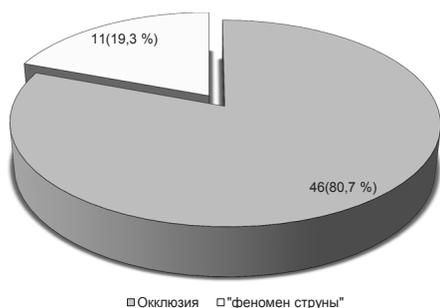


Рис. 2. Несостоятельность маммарокоронарных шунтов к передней межжелудочковой артерии

Fig. 2. Failure of mammarocoronary artery bypass grafts to the anterior interventricular artery

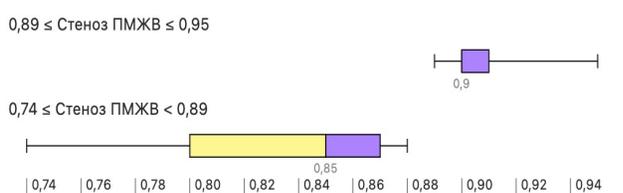


Рис. 4. Группы пациентов с различными значениями МРК ПМЖВ

Fig. 4. Groups of patients with different values of iFR of AIVB

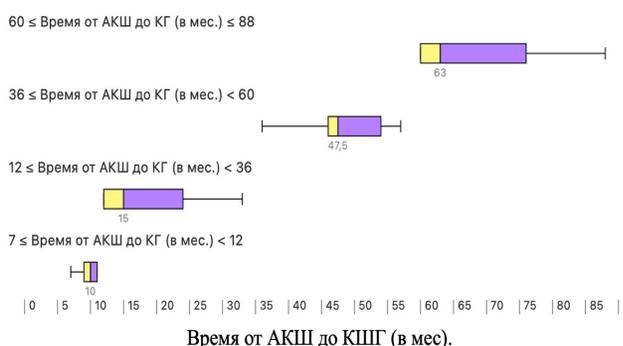


Рис. 5. Группы пациентов относительно времени с момента проведения операции коронарного шунтирования до коронарошунтографии

Fig. 5. Groups of patients relative to the time from the moment of coronary artery bypass grafting to coronaroshuntography

Результаты. В нашем исследовании несостоятельность маммарокоронарных шунтов определялась как полная окклюзия с отсутствием антеградного кровотока или ангиографическим признаком, описанным как «феномен струны», встречающимся исключительно в артериальных кондуитах и определяемым как диффузное сужение ВГА до 1 мм в диаметре.

Анализ несостоятельных МКШ показал, что среди 57 пациентов у 46 (80,7 %) ранее сформированные шунты были окклюзированы, а «феномен струны» ВГА был выявлен у 11 (19,3 %) пациентов (рис. 2).

Относительно значений моментального резерва кровотока полученные данные были распределены следующим образом (рис. 3).

Как видно из гистограммы, дисфункция трансплантата значительно чаще имела место в сосудах

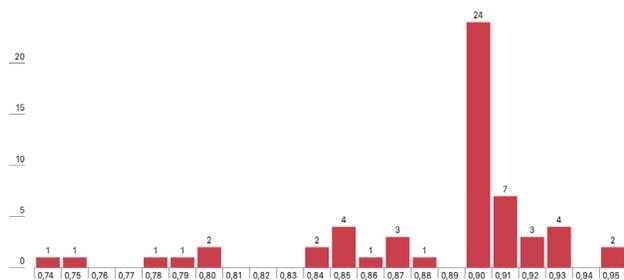


Рис. 3. Значения моментального резерва кровотока передней межжелудочковой артерии

Fig. 3. Values of the instantaneous wave-free ratio of the anterior interventricular artery

с отрицательным МРК, чем в сосудах с положительным значением, 40 (70,2 %) против 17 (29,8 %) соответственно ($p < 0,001$). В группе с отрицательным МРК ($n=40$) поражения передней межжелудочковой ветви оказались гемодинамически незначимыми и, соответственно, дисфункция МКШ развивалась по причине наличия конкурентного кровотока из ПМЖВ.

Во вторую группу включены 17 пациентов, среди которых: 11 (19,3 %) исследуемых со значением МРК, находящимся в диапазоне от 0,84 до 0,89, описанная в зарубежной литературе как «серая зона», когда гемодинамическая значимость стеноза не вызывает сомнений, однако остаточной функции нативного коронарного русла достаточно для развития конкурентного кровотока, ведущего к последующей дисфункции МКШ. Остальные 6 (10,5 %) пациентов со значением МРК менее 0,84, у которых гемодинамическая значимость поражения ПМЖВ доказана, однако полученное значение МРК, вероятно, сопряжено с прогрессированием атеросклероза в нативной артерии уже после дисфункции МКШ и/или после операции шунтирования (рис. 4). Примечательно, что при сопоставлении стенозов ПМЖВ до и после АКШ у данных пациентов ($n=6$) выявлены статистически значимые различия ($p < 0,05$). Всем исследуемым второй группы было выполнено стентирование ПМЖВ ввиду доказанной гемодинамической значимости стенозов по данным МРК.

Все исследуемые повторно госпитализировались в НИИЦ ССХ им. А. Н. Бакулева в разные временные промежутки и, соответственно, дисфункция МКШ – ПМЖВ также выявлялась в различные сроки от выполненной операции аортокоронарного шунтирования. В среднем это время составило 40 месяцев. Все пациенты были разделены на четыре группы: I – до года после АКШ – 7 (12,3 %) пациентов, II – до 3 лет – 20 (35,1 %) пациентов, III – до 5 лет – 8 (14 %) пациентов и IV группа – свыше 5 лет после АКШ – 22 (38,6 %) пациента ($p < 0,001$). При этом у 17 (77,2 %) исследуемых из IV группы значение МРК составило более 0,84, в среднем равнялось 0,88 (рис. 5).

Таблица 2

Результаты корреляционного анализа взаимосвязи показателя МРК ПМЖВ и времени от АКШ до КШГ

Table 2

The results of the correlation analysis of the relationship between the values of IFR of AIVB and the time from CABG to CSG

Показатель	Характеристика корреляционной связи		
	ρ	Теснота связи по шкале Чеддока	ρ
МРК ПМЖВ – время до КШГ	-0,220	Слабая	0,243

Для определения взаимосвязи значения МРК и времени, прошедшего с момента операции аортокоронарного шунтирования, был проведен корреляционный анализ данных показателей (табл. 2).

При оценке связи значения МРК ПМЖВ и времени была установлена слабой тесноты обратная связь. Наблюдаемая зависимость описывается уравнением парной линейной регрессии:

$$Y_{\text{МРК ПМЖВ}} = -0,001 \times X_{\text{месяц}} + 0,907.$$

При увеличении времени на 1 месяц следует ожидать уменьшения значения МРК ПМЖВ на 0,001. Полученная модель объясняет 11,2 % наблюдаемой дисперсии ($\rho=0,243$) (рис. 6).

При сопоставлении степени стеноза ПМЖВ у исследуемых до операции коронарного шунтирования и на этапе коронарошунтографии при повторной госпитализации статистически значимых различий выявлено не было ($p>0,05$). Учитывая это, высокую степень корреляции между значениями моментального резерва кровотока и ангиографической выраженностью стенозов, а также небольшое количество пациентов ($n=11$) с прогрессированием атеросклероза ПМЖВ на фоне оптимальной медикаментозной терапии, полученные значения МРК во время коронарошунтографии можно соотнести с результатами, которые могли бы быть получены при его измерении до операции коронарного шунтирования.

Обсуждение. Важной проблемой современной коронарной и эндоваскулярной хирургии является определение показаний и сроков вмешательства при пограничном поражении коронарных артерий. Исследование ФРК являлось первым методом, введенным для решения данной проблемы. ФРК представляет собой соотношение давлений дистальнее и проксимальнее стеноза во время гиперемии, вызванной введением фармакологических препаратов, в большинстве случаев аденозина [7].

Показанием для реваскуляризации являются значения МРК 0,89 и меньше, а также значения 0,80 и меньше для ФРК. При значениях, превосходящих указанные выше, стеноз считается гемодинамически незначимым и показаний к реваскуляризации нет [7].

В случае обнаружения при ангиографически незначимом стенозе функционально значимого сужения коронарных артерий рекомендовано выполнение реваскуляризации миокарда. При об-

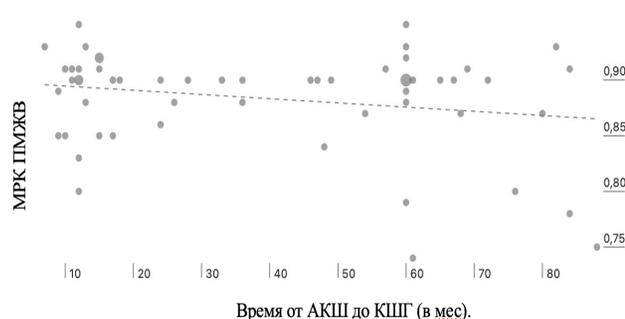


Рис. 6. График регрессионной функции, характеризующий зависимость значения моментального резерва кровотока от времени с момента АКШ

Fig. 6. The graph of the regression function characterizing the dependence of the value of the instantaneous wave-free ratio on the time since CABG

ратной ситуации – ангиографически значимом, но функционально незначимом сужении – выполнение вмешательства не имеет преимуществ над консервативной терапией, что показали отдаленные результаты многоцентрового, рандомизированного исследования DEFER, основанного на применении метода ФРК [9].

Несмотря на то, что ФРК считается «золотым стандартом» ангиографической диагностики пограничных поражений коронарных артерий, в настоящее время все большую распространенность получают индексы, измеряемые без дополнительного введения индуцирующих гиперемии препаратов. Данный подход считается более безопасным, так как позволяет избежать риска осложнений, связанных с введением фармакологических препаратов. Одним из таких индексов является моментальный резерв кровотока (МРК). МРК представляет собой более поздний метод, введенный в клиническую практику около десятилетия назад. Данный индекс не требует дополнительного введения фармакологических препаратов и измеряет соотношение давлений до и после стеноза в определенный момент диастолы, когда коронарное сопротивление максимально низкое [10]. Кроме того, МРК более достоверно отражает состояние коронарного кровотока при сложных стенозах коронарных артерий, к которым относятся: тандемные сужения и диффузное поражение артерий. В подобных ситуациях с помощью ФРК в условиях гиперемии сложно установить вклад определенного стеноза в коронарный кровоток.

Показанием к стентированию при пограничном поражении коронарной артерии является функциональная значимость стеноза по данным ФРК или МРК [11]. Однако при определении объема коронарного шунтирования четкого и однозначного мнения нет. Это связано с различными факторами. В первую очередь с тем, что при выполнении коронарного шунтирования необходимо достижение максимального уровня реваскуляризации в связи с нецелесообразностью выполнения коронарного шунтирования поэтапно. Кроме того, при пограничном поражении коронарных артерий нужно принимать в расчет риск развития конкурентного кровотока в случае использования артериальных кондуитов. При использовании внутренней грудной артерии конкурентный кровоток может привести к дисфункции кондуита – такой «симптом струны» – или к полной его окклюзии [12].

Исследование DEFINE-FLAIR (Functional Lesion Assessment of Intermediate Stenosis to Guide Revascularisation) представляет собой многоцентровое международное рандомизированное исследование, которое посвящено сравнению методов МРК и ФРК при проведении реваскуляризации коронарных артерий [13]. В исследование включались пациенты с пограничным поражением коронарных артерий. Конечной точкой исследования через 1 год явилось наличие больших сердечно-сосудистых событий. Исследование показало отсутствие статистически значимых отличий в первичной конечной точке при анализе групп МРК и ФРК. Смертность от всех причин, а также сердечно-сосудистых причин, как и число unplanned реваскуляризаций, были одинаковыми в обеих группах. Также число осложнений, связанных с самой процедурой, было существенно ниже в группе МРК, что связано с меньшим временем, необходимым для проведения МРК и с побочными эффектами самого препарата, вводимого при процедуре МРК.

Несмотря на то, что аденозин является в большинстве случаев безопасным веществом, в отдельных случаях его применение может быть противопоказано или сопряжено с определенными рисками индивидуальной непереносимости пациентом, что делает применение метода МРК более предпочтительным. Кроме того, в отличие от МРК сам процесс закупки препарата требует экономических расходов.

IFR-SWEDEHEART (The Instantaneous Wave-free Ratio versus Fractional Flow Reserve in Patients with Stable Angina Pectoris or Acute Coronary Syndrome) – представляет собой еще одно крупное многоцентровое рандомизированное исследование, посвященное сравнению подходов к реваскуляризации с использованием ФРК и МРК [8]. В исследование вошло 2037 пациентов со стабильной ишемической болезнью сердца или острым коронарным синдромом, у которых были показания для проведения стентирования с применением физиологических

методов диагностики для оценки стеноза. Пациенты были рандомизированы на две группы – группу МРК и ФРК соответственно. Данные методы диагностики применялись при сужении коронарных артерий от 40 до 80 %. Анализ первичных конечных точек – смертности от всех причин, инфаркта миокарда и незапланированных вмешательств на коронарных артериях – в течение года не показал статистически значимых отличий между группами. При этом значительно большее число пациентов в группе ФРК отмечали дискомфорт в области сердца во время процедуры по сравнению пациентами в группе МРК. Кроме того, в группе ФРК было имплантировано значительно больше стентов, что связано с выявлением большего числа гемодинамически значимых поражений в этой группе.

Кроме того, особо важной темой, затронутой в данной работе, является ценность физиологических методов исследования при определении объема реваскуляризации при операциях коронарного шунтирования. В первую очередь это касается артериальных кондуитов – лучевой и внутренних грудных артерий. Как известно, артериальные кондуиты склонны к возникновению конкурентного кровотока, который приводит к дисфункции кондуита, снижая эффективность операции, качество жизни пациента, отдаленный прогноз, а также подвергая пациента риску возникновения инфаркта миокарда. Развитие конкурентного кровотока связано с применением артериальных кондуитов при пограничном стенозе коронарной артерии. По этой причине использование ФРК и МРК при пограничных поражениях может играть ключевую роль в определении показаний к шунтированию той или иной артерии.

В работе T. Wada et al. (2024) проведен ретроспективный анализ пациентов после коронарного шунтирования с целью выявления взаимосвязи между значениями МРК и дисфункцией кондуитов в течение 1 года после операции. Авторы установили, что чем выше значения МРК, тем выше риск развития дисфункции кондуита, а также более высокая частота дисфункции при отрицательном результате теста МРК ($>0,89$) [14].

В настоящей работе проведен анализ шунтографии в средне-отдаленном периоде после операции коронарного шунтирования. Анализ МРК уже после операции, на этапе шунтографии, при дисфункции кондуитов внутренней грудной артерии показал наличие гемодинамически незначимых стенозов в нативной артерии в 70,2 %. Таким образом, возникновение последующей дисфункции кондуита связано с развитием конкурентного кровотока. Конкурентный кровоток развивается в коронарных артериях с гемодинамически незначимым или пограничным стенозом и связан с сохранением выраженного кровотока по нативной артерии, что в конечном итоге приводит к дисфункции маммар-

ного кондуита. В подобных случаях возможно два подхода – как использование венозных кондуитов, устойчивых к конкурентному кровотоку, так и рассмотрение вопроса о целесообразности проведения реваскуляризации данной артерии [15, 16].

Измерение МРК проводилось на этапе шунтографии, поэтому целесообразным становится вопрос о соответствии степени показателей МРК на момент шунтографии и коронарографии перед операцией, учитывая риск потенциального ухудшения степени стеноза с течением времени. По этой причине был проведен корреляционный анализ, не выявивший статистически значимых различий в значениях МРК до и после операции.

Важным ограничением исследования является проведение МРК после операции коронарного шунтирования, когда наличие функционирующих шунтов теоретически могло повлиять на давление в дистальном русле передней межжелудочковой ветви. Однако отсутствие значимых различий в МРК между группами с функционирующими и нефункционирующими шунтами позволяет считать интерпретацию данных корректной. Для исключения этого фактора в последующих работах целесообразно оценивать МРК до операции.

Выводы. 1. Результаты, полученные в проведенном анализе, показывают, что дисфункция кондуита внутренней грудной артерии в большинстве случаев обусловлена наличием конкурентного кровотока.

2. Данная работа показывает важность применения МРК перед операцией коронарного шунтирования с целью предотвращения дисфункции кондуитов и улучшения отдаленных результатов операции. В настоящее время МРК перед операцией шунтирования коронарных артерий применяется достаточно редко, в отличие от операций стентирования.

Конфликт интересов

Авторы заявили об отсутствии конфликта интересов.

Conflict of interest

The authors declare no conflict of interest.

Соответствие нормам этики

Авторы подтверждают, что соблюдены права людей, принимавших участие в исследовании, включая получение информированного согласия в тех случаях, когда оно необходимо, и правила обращения с животными в случаях их использования в работе. Подробная информация содержится в Правилах для авторов.

Compliance with ethical principles

The authors confirm that they respect the rights of the people participated in the study, including obtaining informed consent when it is necessary, and the rules of treatment of animals when they are used in the study. Author Guidelines contains the detailed information.

ЛИТЕРАТУРА

- Жалилов А. К. Сравнение непосредственных результатов коронарного шунтирования у пациентов с острым коронарным синдромом

- в зависимости от времени до выполнения реваскуляризации миокарда. Грудная и сердечно-сосудистая хирургия. 2024. Т. 66, № 3. С. 311–321. <https://doi.org/10.24022/0236-2791-2024-66-3-311-321>.
- Голухова Е. З., Керен М. А., Завалихина Т. В. и др. Прогнозирование неблагоприятных госпитальных исходов после изолированного коронарного шунтирования: результаты одноцентрового когортного исследования. Вестник Российской академии медицинских наук. 2023. Т. 78, № 3. С. 176–184.
- Cook C., Jeremias A., Petraco R. et al. Fractional Flow Reserve/Instantaneous Wave-Free Ratio Discordance in Angiographically Intermediate Coronary Stenoses: An Analysis Using Doppler-Derived Coronary Flow Measurements. JACC Cardiovasc Interv. 2017. Vol. 10, № 24. P. 2514–2524. <https://doi.org/10.1016/j.jcin.2017.09.021>.
- Xaplanteris R., Fournier S., Pijls N. et al. Five-Year Outcomes with PCI Guided by Fractional Flow Reserve. N Engl J Med. 2018. Vol. 379. P. 250–9. <https://doi.org/10.1056/NEJMoa1803538>.
- Lawton J., Tamis-Holland J., Bangalore S. et al. 2021 ACC/AHA/SCAI Guideline for Coronary Artery Revascularization: A Report of the American College of Cardiology/American Heart Association Joint Committee on Clinical Practice Guidelines. J Am Coll Cardiol. 2022. Vol. 79, № 2. P. e21–e129. <https://doi.org/10.1016/j.jacc.2021.09.006>.
- Neumann F., Sousa-Uva M., Ahlsson A. et al. ESC Scientific Document Group. 2018 ESC/EACTS Guidelines on myocardial revascularization. Eur Heart J. 2019. Vol. 40, № 2. P. 87–165. <https://doi.org/10.1093/eurheartj/ehy394>.
- Götberg M., Berntorp K., Rylance R. et al. 5-Year Outcomes of PCI Guided by Measurement of Instantaneous Wave-Free Ratio Versus Fractional Flow Reserve. Journal of the American College of Cardiology. 2022. Vol. 79, № 10. P. 965–974. <https://doi.org/10.1016/j.jacc.2021.12.030>.
- Götberg M., Christiansen E., Gudmundsdottir I. et al. Instantaneous Wave-free Ratio versus Fractional Flow Reserve to Guide PCI. N Engl J Med. 2017. Vol. 376, № 19. P. 1813–1823. <https://doi.org/10.1056/NEJMoa1616540>.
- Zimmermann F., Ferrara A., Johnson N. et al. Deferral vs. performance of percutaneous coronary intervention of functionally non-significant coronary stenosis: 15-year follow-up of the DEFER trial. European Heart Journal. 2015. Vol. 36. P. 3182–3188. <https://doi.org/10.1093/eurheartj/ehv452>.
- Liu H., Ou S., Liu P. et al. Dataset on blood flow and instantaneous wave-free ratio in normal and stenosed coronary arteries. Data Brief. 2020. Vol. 32. P. 106011. <https://doi.org/10.1016/j.dib.2020.106011>.
- Zhang D., Lv S., Song X. et al. Fractional flow reserve versus angiography for guiding percutaneous coronary intervention: a meta-analysis. Heart. 2015. Vol. 101. P. 455–62.
- Deb S., Fremes S. The changing scene of preoperative coronary diagnostics. J Thorac Cardiovasc Surg. 2015. Vol. 149, № 6. P. 1629–30. <https://doi.org/10.1016/j.jtcvs.2015.03.014>.
- Davies J., Sen S., Dehbi H. et al. Use of the Instantaneous Wave-free Ratio or Fractional Flow Reserve in PCI. N Engl J Med. 2017. Vol. 376. P. 1824–34. <https://doi.org/10.1056/NEJMoa1700445>.
- Wada T., Shiono Y., Kubo T. et al. Impact of instantaneous wave-free ratio on graft failure after coronary artery bypass graft surgery. Int J Cardiol. 2021. Vol. 324. P. 23–29. <https://doi.org/10.1016/j.ijcard.2020.09.046>.
- Бузиашвили Ю. И., Кокшенева И. В., Голубев Е. П. и др. Использование гуморальных биомаркеров воспаления в прогнозировании дисфункции аортокоронарных шунтов. Креативная кардиология. 2024. Т. 18, № 3. С. 350–361. <https://doi.org/10.24022/1997-3187-2024-18-3-350-361>.
- Кварацхелия Г. Г., Асымбекова Э. У., Голубев Е. П. и др. Непосредственные результаты изолированного аортокоронарного шунтирования у пациентов с минимальным и умеренным стенозом аортального клапана. Грудная и сердечно-сосудистая хирургия. 2024. Т. 66, № 3. С. 322–332. <https://doi.org/10.24022/0236-2791-2024-66-3-322-332>.

REFERENCES

- Zhalilov A. K., Merzlyakov V. Yu., Klyuchnikov I. V. et al. Comparison of immediate outcomes of coronary artery bypass grafting in patients with acute coronary syndrome depending on the timing of myocardial revascularization. Russian Journal of Thoracic and Cardiovascular Surgery. 2024;66(3):311–321. (In Russ.). <https://doi.org/10.24022/0236-2791-2024-66-3-311-321>.

2. Golukhova E. Z., Keren M. A., Zavalikhina T. V. et al. Prognosis of Early Outcomes after Isolated Coronary Bypass Surgery: Results of a Single-Center Cohort Study. *Annals of the Russian Academy of Medical Sciences*. 2023;78(3):176–184. (In Russ.).
3. Cook C., Jeremias A., Petraco R. et al. Fractional Flow Reserve/Instantaneous Wave-Free Ratio Discordance in Angiographically Intermediate Coronary Stenoses: An Analysis Using Doppler-Derived Coronary Flow Measurements. *JACC Cardiovasc Interv*. 2017;10(24):2514–2524. <https://doi.org/10.1016/j.jcin.2017.09.021>.
4. Xaplanteris R., Fournier S., Pijls N. et al. Five Year Outcomes with PCI Guided by Fractional Flow Reserve. *N Engl J Med*. 2018;379:250–9. <https://doi.org/10.1056/NEJMoa1803538>.
5. Lawton J., Tamis-Holland J., Bangalore S. et al. 2021 ACC/AHA/SCAI Guideline for Coronary Artery Revascularization: A Report of the American College of Cardiology/American Heart Association Joint Committee on Clinical Practice Guidelines. *J Am Coll Cardiol*. 2022;79(2):e21–e129. <https://doi.org/10.1016/j.jacc.2021.09.006>.
6. Neumann F., Sousa-Uva M., Ahlsson A. et al. ESC Scientific Document Group. 2018 ESC/EACTS Guidelines on myocardial revascularization. *Eur Heart J*. 2019;40(2):87–165. <https://doi.org/10.1093/eurheartj/ehy394>.
7. Götzberg M., Berntorp K., Rylance R. et al. 5-Year Outcomes of PCI Guided by Measurement of Instantaneous Wave-Free Ratio Versus Fractional Flow Reserve. *Journal of the American College of Cardiology*. 2022;79(10):965–974. <https://doi.org/10.1016/j.jacc.2021.12.030>.
8. Götzberg M., Christiansen E., Gudmundsdottir I. et al. Instantaneous Wave-free Ratio versus Fractional Flow Reserve to Guide PCI. *N Engl J Med*. 2017;376(19):1813–1823. <https://doi.org/10.1056/NEJMoa1616540>.
9. Zimmermann F., Ferrara A., Johnson N. et al. Deferral vs. performance of percutaneous coronary intervention of functionally non-significant coronary stenosis: 15-year follow-up of the DEFER trial. *European Heart Journal*. 2015;36:3182–3188. <https://doi.org/10.1093/eurheartj/ehv452>.
10. Liu H., Ou S., Liu P. et al. Dataset on blood flow and instantaneous wave-free ratio in normal and stenosed coronary arteries. *Data Brief*. 2020;32:106011. <https://doi.org/10.1016/j.dib.2020.106011>.
11. Zhang D., Lv S., Song X. et al. Fractional flow reserve versus angiography for guiding percutaneous coronary intervention: a meta-analysis. *Heart*. 2015;101:455–62.
12. Deb S., Fremes S. The changing scene of preoperative coronary diagnostics. *J Thorac Cardiovasc Surg*. 2015;149(6):1629–30. <https://doi.org/10.1016/j.jtcvs.2015.03.014>.
13. Davies J., Sen S., Dehbi H. et al. Use of the Instantaneous Wave-free Ratio or Fractional Flow Reserve in PCI. *N Engl J Med*. 2017;376:1824–34. <https://doi.org/10.1056/NEJMoa1700445>.
14. Wada T., Shiono Y., Kubo T. et al. Impact of instantaneous wave-free ratio on graft failure after coronary artery bypass graft surgery. *Int J Cardiol*. 2021;324:23–29. <https://doi.org/10.1016/j.ijcard.2020.09.046>.
15. Buziashvili Yu. I., Koksheneva I. V., Golubev E. P. et al. Use of humoral biomarkers of inflammation in predicting coronary bypass grafts dysfunction. *Creative Cardiology*. 2024;18(3):350–361. (In Russ.). <https://doi.org/10.24022/1997-3187-2024-18-3-350-361>.
16. Kvaratskheliya G. G., Asymbekova E. U., Golubev E. P. et al. Immediate results of isolated coronary artery bypass grafting in patients with minimal and moderate aortic valve stenosis. *Russian Journal of Thoracic and Cardiovascular Surgery*. 2024;66 (3):322–332. (In Russ.). <https://doi.org/10.24022/0236-2791-2024-66-3-322-332>.

Информация об авторах:

Шенгелия Лаша Давидович, кандидат медицинских наук, сердечно-сосудистый хирург, научный сотрудник, Национальный медицинский исследовательский центр сердечно-сосудистой хирургии им. А. Н. Бакулева (Москва, Россия), ORCID: 0000-0001-6128-7138; **Караев Асланбек Викторович**, кандидат медицинских наук, научный сотрудник отделения рентгенохирургических методов исследования и лечения сердца и сосудов, Национальный медицинский исследовательский центр сердечно-сосудистой хирургии им. А. Н. Бакулева (Москва, Россия), ORCID: 0000-0002-1587-9573; **Гурдзибеев Алан Борисович**, аспирант по специальности «Сердечно-сосудистая хирургия», Национальный медицинский исследовательский центр сердечно-сосудистой хирургии им. А. Н. Бакулева (Москва, Россия) ORCID: 0000-0001-6913-1226; **Коншина Мария Олеговна**, аспирант по специальности «Кардиология», Национальный медицинский исследовательский центр сердечно-сосудистой хирургии им. А. Н. Бакулева (Москва, Россия), ORCID: 0000-0002-4436-0222; **Фатулаев Замик Фахрудинович**, кандидат медицинских наук, сердечно-сосудистый хирург, ведущий научный сотрудник, Национальный медицинский исследовательский центр сердечно-сосудистой хирургии им. А. Н. Бакулева (Москва, Россия), ORCID: 0000-0001-9279-0596; **Донаканын Сергей Агванович**, доктор медицинских наук, руководитель отделения хирургического отделения интерактивной патологии, Национальный медицинский исследовательский центр сердечно-сосудистой хирургии им. А. Н. Бакулева (Москва, Россия), ORCID: 0000-0003-0942-2931; **Петросян Карен Валерьевич**, доктор медицинских наук, заведующий отделением рентгенохирургических методов исследования и лечения сердца и сосудов, Национальный медицинский исследовательский центр сердечно-сосудистой хирургии им. А. Н. Бакулева (Москва, Россия), ORCID: 0000-0002-3370-0295.

Information about authors:

Shengelia Lasha D., Cand. of Sci. (Med), Cardiovascular Surgeon, Research Fellow, A. N. Bakulev National Medical Research Center for Cardiovascular Surgery (Moscow, Russia), ORCID: 0000-0001-6128-7138; **Karaev Aslanbek V.**, Cand. of Sci. (Med), Research Fellow of the Department of X-ray Surgical Methods of Heart and Vessels of Examination and Treatment, A. N. Bakulev National Medical Research Center for Cardiovascular Surgery (Moscow, Russia), ORCID: 0000-0002-1587-9573; **Gurdzhibeev Alan B.**, Postgraduate Student on the specialty «Cardiovascular surgery», A. N. Bakulev National Medical Research Center for Cardiovascular Surgery (Moscow, Russia) ORCID: 0000-0001-6913-1226; **Konshina Mariia O.**, Postgraduate Student on the specialty «Cardiology», A. N. Bakulev National Medical Research Center for Cardiovascular Surgery (Moscow, Russia), ORCID: 0000-0002-4436-0222; **Fatulaev Zamik F.**, Cand. of Sci. (Med), Cardiovascular Surgeon, Leading Research Fellow, A. N. Bakulev National Medical Research Center for Cardiovascular Surgery (Moscow, Russia), ORCID: 0000-0001-9279-0596; **Donakanyan Sergei A.**, Dr. of Sci. (Med), Head of the Surgical Department of Interactive Pathology, A. N. Bakulev National Medical Research Center for Cardiovascular Surgery (Moscow, Russia), ORCID: 0000-0003-0942-2931; **Petrosyan Karen V.**, Dr. of Sci. (Med), Head of the Department of X-ray Surgical Methods of Heart and Vessels of Examination and Treatment, A. N. Bakulev National Medical Research Center for Cardiovascular Surgery (Moscow, Russia), ORCID: 0000-0002-3370-0295.