

Оценка результатов стентирования на основе коронарной физиологии

Колесников А. Ю., Арнт А. А., Кочергин Н. А.

ФГБНУ "Научно-исследовательский институт комплексных проблем сердечно-сосудистых заболеваний". Кемерово, Россия

Цель. Определить достижение критериев оптимального результата по данным фракционного резерва кровотока (ФРК) при чрескожном коронарном вмешательстве (ЧКВ) под контролем физиологических методов у пациентов со стабильной ишемической болезнью сердца.

Материал и методы. Исходно было отобрано 150 пациентов со стабильной ишемической болезнью сердца и пограничными стенозами коронарных артерий. После применения критериев исключения и оценки ФРК в исследование включено 55 пациентов, которым было выполнено стентирование под контролем ангиографии с повторной оценкой ФРК после вмешательства. При сохранении резидуальной ишемии выполнялись дополнительные манипуляции для оптимизации результата с повторной оценкой внутрикоронарной физиологии.

Результаты. При оценке результата стентирования с помощью физиологического индекса установлено, что в 15 (27,3%) случаях стентирование не привело к устранению ишемии, а достичь оптимальных показателей ФРК удалось только у 12 (21,8%) пациентов. Оптимизация результатов ЧКВ потребовалась 17 (30,9%) пациентам. После выполнения оптимизации у 7 (12,7%) пациентов сохранялась резидуальная ишемия, у 32 (58,2%) пациентов достичь оптимальных показателей физиологического индекса не удалось

и только у 16 (29,1%) человек был получен оптимальный показатель ФРК.

Заключение. Использование методов внутрисосудистой физиологии позволяет не только оценить значимость стеноза коронарных артерий, но и улучшить результаты ЧКВ.

Ключевые слова: чрескожное коронарное вмешательство, фракционный резерв кровотока, оптимизация стентирования.

Отношения и деятельность: нет.

Поступила 25/04-2025

Рецензия получена 14/06-2025

Принята к публикации 25/08-2025



Для цитирования: Колесников А. Ю., Арнт А. А., Кочергин Н. А. Оценка результатов стентирования на основе коронарной физиологии. Кардиоваскулярная терапия и профилактика. 2025;24(9):4436. doi: 10.15829/1728-8800-2025-4436. EDN: WPBQDK

Evaluation of the outcomes of coronary physiology-guided stenting

Kolesnikov A. Yu., Arnt A. A., Kochergin N. A.

Research Institute for Complex Issues of Cardiovascular Diseases. Kemerovo, Russia

Aim. To assess the achievement of optimal outcome criteria based on fractional flow reserve (FFR) data during coronary physiology-guided percutaneous coronary intervention (PCI) with in patients with stable coronary artery disease (CAD).

Material and methods. A total of 150 patients with stable CAD and borderline coronary stenosis were initially recruited. After applying the exclusion criteria and FFR assessment, 55 patients were included in the study. They underwent angiography-guided stenting with FFR reassessment after the intervention. In residual ischemia, additional procedures were performed to optimize the outcome with intracoronary physiology reassessment.

Results. When evaluating outcomes using the physiological index, we found that stenting did not eliminate ischemia in 15 cases (27,3%), and optimal FFR values were achieved in only 12 (21,8%) patients. Optimization of PCI outcomes was required in 17 (30,9%) patients. After optimization, residual ischemia persisted in 7 (12,7%) patients, while

optimal physiological index values were not achieved in 32 (58,2%) patients. Optimal FFR values were achieved in only 16 (29,1%) patients.

Conclusion. The use of intravascular physiology methods makes it possible not only to assess the significance of coronary artery stenosis but also to improve PCI outcomes.

Keywords: percutaneous coronary intervention, fractional flow reserve, stenting optimization.

Relationships and Activities: none.

Kolesnikov A. Yu. * ORCID: 0000-0001-6247-1287, Arnt A. A. ORCID: 0000-0003-2438-0506, Kochergin N. A. ORCID: 0000-0002-1534-264X.

*Corresponding author:
inobi05@yandex.ru

*Автор, ответственный за переписку (Corresponding author):

e-mail: inobi05@yandex.ru

[Колесников А. Ю.* — м.н.с., ORCID: 0000-0001-6247-1287, Арнт А. А. — м.н.с., ORCID: 0000-0003-2438-0506, Кочергин Н. А. — к.м.н., зав. лабораторией ТИиВВ, ORCID: 0000-0002-1534-264X].

Адреса организаций авторов: ФГБНУ "Научный исследовательский институт комплексных проблем сердечно-сосудистых заболеваний", Сосновый бульвар, д. 6, Кемерово, 650002, Россия.

Addresses of the authors' institutions: Research Institute for Complex Issues of Cardiovascular Diseases, Sosnovy Boulevard, 6, Kemerovo, 650002, Russia.

Received: 25/04-2025
Revision Received: 14/06-2025
Accepted: 25/08-2025

Therapy and Prevention. 2025;24(9):4436. doi: 10.15829/1728-8800-2025-4436. EDN: WPBQDK

For citation: Kolesnikov A.Yu., Arnt A.A., Kochergin N.A. Evaluation of the outcomes of coronary physiology-guided stenting. *Cardiovascular*

ИБС — ишемическая болезнь сердца, ВСУЗИ — внутрисосудистое ультразвуковое исследование, КА — коронарные артерии, ФРК — фракционный резерв кровотока, ЧКВ — чрескожное коронарное вмешательство.

Ключевые моменты

Что известно о предмете исследования?

- Оптимизация результатов чрескожного коронарного вмешательства (ЧКВ) — одна из наиболее острых проблем в современной рентгенэндоваскулярной практике.
- Традиционный подход — ЧКВ под ангиографическим контролем — не всегда обеспечивает желаемый результат.
- Использование коронарных физиологических индексов рассматривается как перспективное решение проблемы.

Что добавляют результаты исследования?

- Стентирование под ангиографическим контролем в 1/3 случаев не приводит к устранению ишемии, а в 50,9% не позволяет достичь оптимального показателя ЧКВ.
- Использование методов фракционного резерва кровотока позволяет не только оценить значимость стеноза коронарных артерий, но и улучшить результаты ЧКВ.

Key messages

What is already known about the subject?

- Optimizing the percutaneous coronary intervention (PCI) outcomes is one of the most pressing issues in modern endovascular practice.
- The conventional angiography-guided PCI does not always achieve the target outcomes.
- The use of coronary physiological indices is considered a promising solution.

What might this study add?

- Angiography-guided stenting fails to eliminate ischemia in one-third of cases, and in 50,9% of cases, it fails to achieve the optimal PCI outcome.
- The use of fractional flow reserve methods allows not only to assess the significance of coronary artery stenosis but also to improve PCI outcomes.

Введение

В последние годы ишемическая болезнь сердца (ИБС) стабильно составляет пятую часть всех зарегистрированных случаев заболеваемости в России. В связи с этим актуальной задачей современной рентгенэндоваскулярной хирургии становится улучшение стратегии лечения пациентов с данным заболеванием [1, 2]. На сегодняшний день необходимость оптимизации результатов чрескожного коронарного вмешательства (ЧКВ) в клинической практике остаётся актуальной проблемой. Рутинным является ЧКВ под ангиографическим контролем. Предполагается, что оптимальный результат ангиографического ЧКВ является аналогом оптимального показателя фракционного резерва кровотока (ФРК) или как минимум приводит к устранению ишемии миокарда [3, 4].

В ранее проведенных исследованиях установлено, что ангиографически оптимальное ЧКВ не приводит к полному устранению ишемии в зоне целевого стеноза [5]. Показатель резидуальной ишемии, при оценке ФРК, встречался от 1 до 36,5%

у пациентов после ранее проведенного стентирования, а оптимальный ФРК $\geq 0,90$, колебался от 21 до 100% [5, 6].

Наиболее распространённым методом оптимизации ЧКВ остается внутрисосудистое ультразвуковое исследование (ВСУЗИ) коронарных артерий (КА). Одними из наиболее значимых клинических исследований являются ADAPT-DES (Assessment of Dual Antiplatelet Therapy With Drug-Eluting Stents), IVUS-XPL (Effect of Intravascular Ultrasound-Guided vs Angiography Guided Everolimus-Eluting Stent Implantation), ULTIMATE (Intravascular Ultrasound Versus Angiography-Guided Drug-Eluting Stent Implantation), а также крупный метаанализ. Все они показали достоверное снижение MACeS (major adverse cardiac events) в течение ≥ 2 лет наблюдения, а также нежелательных событий в целевом сосуде на 86% по сравнению с группой, где ВСУЗИ во время ЧКВ не применялось. Использование ВСУЗИ позволяет оценить раскрытие стента, диссекции, отсутствующие на ангиографии, а также аппозицию стента. Однако оценить, приве-

ло ли стентирование к устранению резидуальной ишемии, внутрисосудистые методы визуализации неспособны [7-9].

Большинство крупных исследований, связанных с коронарной физиологией, проводилось в контексте определения тактики ведения пациента. Однако выполнение ЧКВ на основе данных физиологической оценки поражений не означает, что полученный конечный результат будет функционально оптимален даже при получении хорошей итоговой ангиографической картины. Несмотря на более благоприятные отдаленные результаты физиологически обоснованного интервенционного лечения, частота больших неблагоприятных сердечно-сосудистых событий в течение 5 лет в группе пациентов, которым проводили ЧКВ на основании оценки ФРК, в таких ключевых рандомизированных исследованиях, как FAME (Fractional Flow Reserve versus Angiography for Multivessel Evaluation) и FAME 2 (Fractional Flow Reserve Versus Angiography for Multivessel Evaluation), составила 28 и 13,9%, соответственно. Кроме того, важно отметить факт сохранения симптомов стенокардии у каждого пятого пациента в течение 1 года после успешной реваскуляризации [10-12].

В настоящее время использование ФРК возможно не только для определения значимости поражения КА, но и для оценки результатов ЧКВ. После имплантации стента ФРК позволяет исключить или подтвердить наличие резидуальной ишемии в зоне целевого сосуда. По данным систематического обзора, ФРК $\geq 0,90$ после ЧКВ был связан со значительно более низким риском повторного вмешательства и крупных неблагоприятных кардиоваскулярных событий [13, 14]. Поскольку целью стентирования является устранение поражения, вызывающего ишемию, использование ФРК после ЧКВ является рациональным подходом, позволяющим избежать неоптимальных результатов вмешательства [15-17]. Основными недостатками данного метода являются отсутствие возможности определить аппозицию и раскрытие стента, а также протрузии и краевые диссекции КА [18].

Таким образом, использование методов внутрикоронарной физиологии может быть решением проблемы неоптимального результата ЧКВ [19].

Цель исследования — определение достижимости критериев оптимального результата ЧКВ по данным ФРК у пациентов со стабильной ИБС и пороговыми стенозами КА.

Материал и методы

Выполнено проспективное одноцентровое исследование, в которое исходно были отобраны 150 пациентов со стабильной ИБС. После применения критериев исключения и оценки ФРК общее количество пациентов составило 55. В исследование включались пациенты с пороговыми стенозами (от 50 до 89%) крупных эпикар-

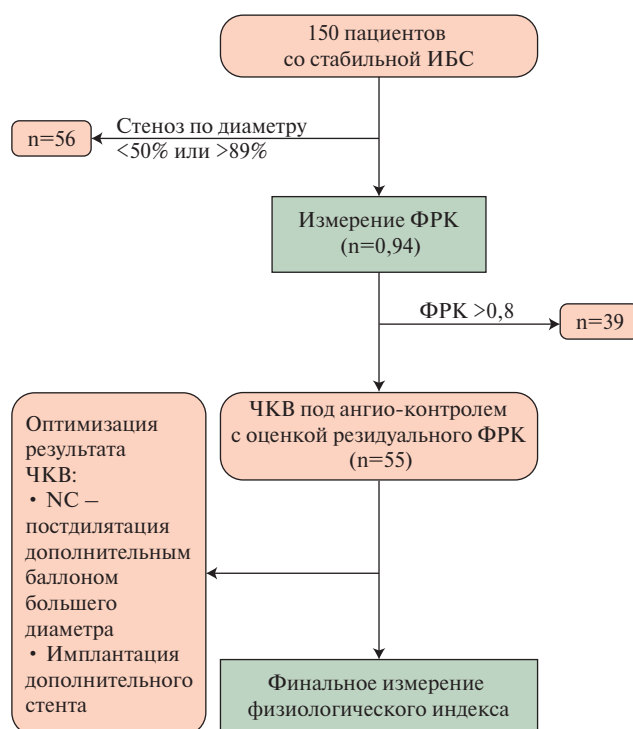


Рис. 1 Дизайн исследования.

Примечание: ИБС — ишемическая болезнь сердца, ФРК — фракционный резерв кровотока, ЧКВ — чрескожное коронарное вмешательство.

диальных сосудов. Степень стеноза оценивали с использованием системы количественной коронарной оценки ангиографии (Quantitative Coronary Angiography, QCA), диагноз ИБС выставлялся на основании клинической картины и данных инструментальных исследований. Критерии исключения: стеноз ствола левой КА, хроническая окклюзия, диаметр артерии $< 2,5$ мм, невозможность проведения измерения ФРК.

Всем пациентам проводилось измерение ФРК с использованием стандартной методики с калибровкой датчика в устье ствола левой КА и последующим заведением датчика минимум на 20 мм дистальнее целевого стеноза. Гиперемическим агентом являлся аденозин, путь введения внутривенный со скоростью 140 мкг/кг/мин.

После подтверждения значимости поражения выполнялось стентирование под ангиографическим контролем с последующим повторным измерением физиологического индекса. Всем пациентам после выполнения ЧКВ проводилась рутинная NC-постдилатация баллоном, сопоставимого со стентом диаметра. Если резидуальная ишемия сохранялась (ФРК $\leq 0,8$), выполнялись дополнительные манипуляции для её устранения (постдилатация NC-баллоном на 1 размер больше исходного диаметра стента, имплантация дополнительных стентов) с повторной оценкой физиологического индекса (рисунок 1).

Протокол исследования одобрен локальным этическим комитетом. Все пациенты подписали информированное согласие на участие в исследовании. Медикаментозное ведение пациентов проводилось согласно клиническим рекомендациям.

Таблица 1

Клиническая характеристика пациентов

Показатель		n=55
Возраст, лет, Ме (Q25-Q75)		66 (62,5-70,5)
Пол, n (%)	Женщины	19 (34,5)
	Мужчины	36 (65,5)
Стенокардия, n (%)	Безболевая ишемия миокарда	20 (36,4)
	ФК I	1 (1,8)
	ФК II	30 (54,5)
	ФК III	4 (7,3)
Сопутствующая патология	Артериальная гипертензия, n (%)	55 (100)
	Постинфарктный кардиосклероз, n (%)	29 (52,7)
	Мультифокальный атеросклероз*, n (%)	15 (27,3)
	Сахарный диабет, n (%)	2 тип
	Ожирение, n (%)	I степень
		II степень
		III степень
	ИМТ, Ме (Q25-Q75)	30,4 (27,3-34,5)
	ХБП с	1
		2
		3a
		3b
		4
		5
	СКФ**, Ме (Q25-Q75)	81,3 (65,6-92,8)
	ХСН (ФК NYHA), n (%)	I
		II
		III
		IV
	Ранее проведенное вмешательство, n (%)	ЧКВ
		КШ

Примечание: * — наличие атеросклеротического поражения в ≥ 2 сосудистых бассейнах; ** — СКФ рассчитывалась по формуле СКД-ЕРІ. ИМТ — индекс массы тела, КШ — коронарное шунтирование, Ме (Q1-Q3) — медиана и квартили, СКФ — скорость клубочковой фильтрации, ФК — функциональный класс стенокардии (согласно Канадскому кардиоваскулярному обществу), ХБП — хроническая болезнь почек; ХСН — хроническая сердечная недостаточность, ЧКВ — чрескожное коронарное вмешательство, ФК NYHA — ФК по New York Heart Association (Нью-Йоркская классификация ассоциации сердца).

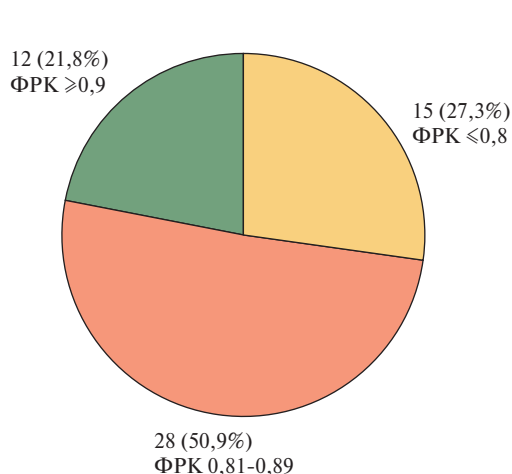


Рис. 2 Показатели ФРК после ЧКВ под контролем ангиографии.
Примечание: ФРК — фракционный резерв кровотока, ЧКВ — чрескожное коронарное вмешательство.

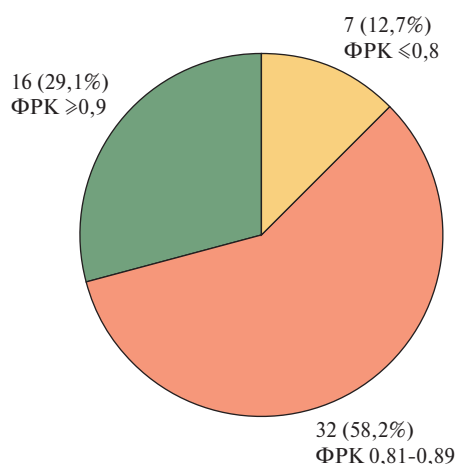


Рис. 3 Показатели ФРК после оптимизации ЧКВ.
Примечание: ФРК — фракционный резерв кровотока, ЧКВ — чрескожное коронарное вмешательство.

Таблица 2

Результаты измерения ФРК до и после оптимизации ЧКВ

Показатель		n=55	
Измерение физиологических индексов	Оценка ФРК, n (%)	ПНА	49 (85,5)
		ОА	2 (3,6)
		ПКА	6 (10,9)
	ФРК до ЧКВ, Ме (Q25-Q75)	Общее	0,69 (0,64-0,75)
		ПНА	0,69 (0,64-0,75)
		ОА	0,72 (0,7-0,74)
		ПКА	0,71 (0,62-0,76)
	ФРК после ЧКВ, Ме (Q25-Q75)	Общее	0,85 (0,79-0,89)
		ПНА	0,85 (0,79-0,89)
		ОА	0,875 (0,84-0,9)
		ПКА	0,85 (0,8-0,92)
	ФРК после оптимизации, Ме (Q25-Q75)	Общее	0,87 (0,83-0,9)
		ПНА	0,88 (0,84-0,9)
		ОА	0,875 (0,84-0,9)
		ПКА	0,88 (0,84-0,92)
	ФРК $\leq 0,8$ на конец процедуры, n (%)		15 (27,3)
	ФРК 0,81-0,89 на конец процедуры, n (%)		28 (50,9)
	ФРК $\geq 0,9$ на конец ЧКВ до оптимизации, n (%)*		12 (21,8)
	ФРК $\leq 0,8$ после оптимизации, n (%)		7 (12,7)
	ФРК 0,81-0,89 после оптимизации, n (%)		32 (58,2)
	ФРК $\geq 0,9$ после оптимизации ЧКВ, n (%)		16 (29,1)
Результат по данным ангиографии, n (%)	Оптимальный	Достигнут	49 (89,1%)
		Не достигнут	6 (10,9)
	Остаточный стеноз	$<10\%$	51 (92,7)
		$>10\%$	4 (7,3)
	Диссекции КА**		6 (10,9)
	Кровоток по классификации TIMI	0	0 (0)
		I	0 (0)
		II	0 (0)
		III	55 (100)
Оптимизация результата по данным ФРК	Потребовались дополнительные манипуляции, n (%)	Постдилатация NC баллоном	14 (25,4)
		Имплантация дополнительного стента	11 (20)
	Дополнительные манипуляции не требовались, n (%)		38 (69,1)
Время процедуры, мин, Ме (Q25-Q75)		55 (45-65)	
Объём контрастного вещества, мл/г, Ме (Q25-Q75)		200 (200-250)	
Доза облучения, mGy, Ме (Q25-Q75)		432 (241-806)	

Примечание: * — показатель ФРК $\geq 0,9$ считался оптимальным, ** — диссекция типа В. ОА — огибающая артерия, КА — коронарная артерия, Ме (Q1-Q3) — медиана и квартили, ПКА — правая КА, ПНА — передняя нисходящая артерия, ФРК — фракционный резерв кровотока, ЧКВ — чрескожное коронарное вмешательство, TIMI — (Thrombolysis In Myocardial Infarction).

Результаты

В обследуемой когорте (n=55) преобладали мужчины (65,5%), медиана возраста всей когорты составила 66 лет. У 35 (63,6%) пациентов присутствовала клиника стенокардии, преобладали больные стенокардией II функционального класса (54,5%). Сахарный диабет 2 типа имел место у 19 (34,5%) пациентов, артериальная гипертензия в 100% случаев. Больше половины пациентов — 30 (55,5%), страдали ожирением, медиана индекса массы тела составила 30,4 кг/м² (таблица 1).

В 49 (85,5%) случаях передняя нисходящая артерия являлась целевым сосудом, медиана пока-

зателя ФРК до ЧКВ составила 0,69, после ЧКВ — 0,85, а после оптимизации результата — 0,87 (таблица 2).

Оптимальный результат по данным ангиографии достигнут в 49 (89,1%) случаях, у 6 пациентов были получены диссекции типа А-В, которые не требовали имплантации дополнительных стентов. Кровоток на конец ЧКВ у 100% пациентов был TIMI 3 (Thrombolysis In Myocardial Infarction, тромболитический при инфаркте миокарда).

При оценке результата стентирования с помощью ФРК установлено, что в 15 (27,3%) случаях стентирование не привело к устранению ишемии,

а достичь оптимальных показателей ФРК удалось только у 12 (21,8%) пациентов (рисунок 2). Оптимизация результатов ЧКВ проводилась у 17 (30,9%) пациентов, наиболее часто применялась постдилатация дополнительным NC-баллоном — 14 (25,4%), реже имплантировался стент — 11 (20%), в 6 (10,9%) случаях применялись оба метода оптимизации.

После выполнения оптимизации у 7 (12,7%) пациентов сохранялась резидуальная ишемия, у 32 (58,2%) пациентов достичь целевых показателей физиологического индекса не удалось и только у 16 (29,1%) человек был получен оптимальный показатель ФРК (рисунок 3). У 6 (10,9%) пациентов по окончании процедуры выявлены диссекции типа В, без лимитации кровотока и не требующие имплантации дополнительных стентов. Других осложнений не зарегистрировано.

Обсуждение

В 2021г Collison D, et al. проведено исследование TARGET-FFR (Post-stenting fractional flow reserve assessment versus coronary angiography for functional optimization of percutaneous coronary intervention), целью которого было оценить эффективность оптимизации результатов ЧКВ с помощью ФРК. В исследовании участвовали 260 пациентов со стабильной ИБС и острым коронарным синдромом без подъёма сегмента ST. После выполнения ЧКВ под ангиографическим контролем пациенты были рандомизированы на 2 группы 1:1, одной из которых проводилась оптимизация результата с помощью физиологического индекса. В результате ученые выяснили, что у 2/3 пациентов стентирование под контролем ангиографии приводит к неоптимальным показателям ФРК. Стратегия оптимизации результата на основе ФРК значительно не увеличила долю пациентов с ФРК $\geq 0,90$, но снизила количество пациентов с резидуальной ишемией [5]. Agarwal SK, et al. провели похожее исследование с включением 574 пациентов, которым с помощью ФРК оценивали результаты ЧКВ, а также оценивали влияние ФРК на результаты ЧКВ в отдаленном периоде. Пациентам проводилось измерение ФРК до и после ЧКВ. У всех пациентов удалось улучшить физиологические показатели индекса, однако в 143 (21%) случаях у пациентов сохранялась резидуальная ишемия, что потребовало дополнительной имплантации стента или постдилатации баллонным катетером большего диаметра [10, 20]. Полученные нами данные соответствуют результатам, представленным в вышеописанном исследовании: у 27% пациентов сохранялась резидуальная ишемия на конец ЧКВ под контролем ангиографии, а оптимизация результата на основе ФРК привела к снижению пациентов с резидуальным ФРК $\leq 0,8$ и увеличению доли пациентов с оптимальным результатом ЧКВ.

В исследовании Uretsky BF, et al., в которое было включено 250 пациентов, оценивалась эффективность оптимизации ЧКВ с использованием физиологических методов. Остаточная ишемия при стентировании под контролем ФРК сохранялась у 36,5% пациентов, при этом ФРК увеличился с 0,71 до 0,81. Одной из причин такого высокого процента резидуальной ишемии и небольшого изменения градиента ФРК, по мнению ученых, может быть диффузность поражения, особенно в передней межжелудочковой артерии, оптимизация которой является достаточно сложной задачей [3, 16]. Результаты представленного исследования отличаются от полученных нами, что может быть связано с рутинной NC-постдилатацией стента после выполнения ЧКВ.

По результатам нашего исследования резидуальная ишемия после оптимизации сохранялась в 12,8% случаев, а Δ ФРК после ЧКВ составила 0,16, а после оптимизации 0,03. Наименьшее значение Δ ФРК наблюдалось в передней межжелудочковой артерии, что связано со сложностями в достижении оптимального показателя физиологического индекса в данной КА [21].

В 2023г на Европейском консенсусе по внутрисосудистым методам физиологии представлен алгоритм оценки результатов ЧКВ с использованием физиологических индексов. Предлагается при получении неоптимального результата ФРК после стентирования использовать методы внутрисосудистой визуализации. К ним относятся ВСУЗИ и оптическая когерентная томография. Применение данных методов дает представление о причине лимитации кровотока, которое может быть как в стенте (нераскрытие стента, пролабирование атероматозных масс), так и в сосуде (диссекции). После её устранения предполагается повторное измерение физиологического индекса, чтобы понять, устранена лимитация кровотока или нет [15]. При проведении нашего исследования не использовали данный алгоритм, т.к. основная цель была выявить, насколько часто достигаются оптимальные показатели физиологии без использования внутрисосудистой визуализации.

Ограничения исследования. Исследование является одноцентровым с небольшой выборкой пациентов, что не позволяет экстраполировать полученные результаты на большую выборку пациентов. В текущем дизайне исследования не предусмотрено отслеживание отдаленных результатов, что снижает возможности оценки клинического исхода пациентов в отдаленном периоде. Результаты представленной работы подтверждаются ранее проведенными исследованиями, однако данная проблема ранее не получала достаточного освещения в отечественных источниках, статья существенно расширяет представления о методах оптимизации ЧКВ у пациентов

с пограничными стенозами КА и дополняет представления о возможностях физиологической оптимизации.

Заключение

Таким образом, стентирование под ангиографическим контролем в 1/3 случаев не приводит к устранению ишемии, а в 50,9% не достигает оптимального показателя ЧКВ по данным физиологических методов. Использование в качестве контроля результатов стентирования ФРК и выполнение

оптимизации ЧКВ приводят к снижению показателя резидуальной ишемии в 2 раза до 12,7% и способствуют достижению оптимального ЧКВ у 29% пациентов. Использование методов оценки внутрисосудистой физиологии позволяет не только оценить значимость стеноза КА, но и улучшить результаты ЧКВ.

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

Литература/References

1. Fettes DV, Polyakov RS, Matskeplishvili ST, et al. Functional assessment of coronary blood flow as contemporary method for optimizing results of percutaneous coronary interventions in patients with ischemic heart disease. Medical alphabet. 2021; 17:32-6. (In Russ.) Фетцер Д. В., Поляков Р. С., Мацкеплишвили С. Т. и др. Функциональная оценка коронарного кровотока как современный метод оптимизации результатов чрескожных коронарных вмешательств у пациентов с ишемической болезнью сердца. Медицинский алфавит. 2021;17:32-6. doi:10.33667/2078-5631-2021-17-32-36.
2. Golukhova EZ, Petrosian KV, Abrosimov AV, et al. Impact of assessment of fractional flow reserve and instantaneous wave-free ratio on clinical outcomes of percutaneous coronary intervention: a systematic review, meta-analysis and meta-regression analysis. Russian Journal of Cardiology. 2023;28(1S):5325. (In Russ.) Голухова Е. З., Петросян К. В., Абросимов А. В. и др. Влияние оценки фракционного и моментального резерва кровотока на клинические исходы чрескожного коронарного вмешательства: систематический обзор, метаанализ и анализ методом метарегрессии. Российский кардиологический журнал. 2023;28(1S):5325. doi:10.15829/1560-4071-2023-5325. EDN: HUTOUV.
3. Koo BK, Hu X, Kang J, et al. FLAVOUR Investigators. Fractional Flow Reserve or Intravascular Ultrasonography to Guide PCI. N Engl J Med. 2022;387(9):779-89. doi:10.1056/NEJMoa2201546.
4. Seitz A, Baumann S, Sechtem U, et al. Optimal Prognostication of Patients with Coronary Stenoses in the Pre- and Post-PCI setting: Comments on TARGET FFR and DEFINE-FLOW Trials Presented at TCT Connect 2020. Eur Cardiol. 2021;16:e17. doi:10.15420/ecr.2021.04.
5. Collison D, Didagelos M, Aetesam-Ur-Rahman M, et al. Post-stenting fractional flow reserve vs coronary angiography for optimization of percutaneous coronary intervention (TARGET-FFR). Eur Heart J. 2021;42(45):4656-68. doi:10.1093/eurheartj/ehab449.
6. Ahn SG, Hong S, Son J-W, et al. Validation of post-stenting fractional flow reserve with intravascular ultrasound parameters for optimal stent deployment. Int J Cardiovasc Imaging. 2020;36:197-203. doi:10.1007/s10554-019-01712-8.
7. Arnt AA, Kolesnikov AY, Kochergin NA. Intravascular physiology and imaging in determining the indications for revascularization in patients with intermediate coronary stenosis. Russian Journal of Cardiology and Cardiovascular Surgery. 2025;18(3):255-60. (In Russ.) Арнт А. А., Колесников А. Ю., Кочергин Н. А. Физиология и внутрисосудистая визуализация в определении показаний для реваскуляризации у пациентов с пограничными стенозами коронарных артерий. Кардиология и сердечно-сосудистая хирургия. 2025;18(3):255-60. doi:10.17116/kardio202518031255.
8. Kochergin NA, Ganyukov VI. The randomized study of preventive revascularization of vulnerable coronary artery plaques in patients with stable coronary artery disease. Complex Issues of Cardiovascular Diseases. 2019;8(4S):104-10. (In Russ.) Кочергин Н. А., Ганюков В. И. Рандомизированное исследование превентивной реваскуляризации нестабильных бляшек коронарных артерий у больных хронической ишемической болезнью сердца. Комплексные проблемы сердечно-сосудистых заболеваний. 2019;8(4S):104-10. doi:10.17802/2306-1278-2019-8-4S-104-110.
9. Sukmanova IA, Gordeeva DS, Pinaeva AS, et al. Possibilities of using imaging methods of x-ray endovascular surgery in patients with coronary artery disease. Bulletin of Medical Science. 2021;4:67-80. (In Russ.) Сукманова И. А., Гордеева Д. С., Пинаева А. С. и др. Возможности применения визуализирующих методов рентгенэндоваскулярной хирургии у пациентов с ИБС. Бюллетень медицинской науки. 2021;4:67-80. doi:10.31684/25418475-2021-4-67.
10. Demin VV, Babunashvili AM, Kisluhin TV, et al. Application of intravascular physiology methods in clinical practice: two-year data from the Russian registry. Russian Journal of Cardiology. 2024; 29(2):5622. (In Russ.) Демин В. В., Бабунашвили А. М., Кислухин Т. В. и др. Применение методов внутрисосудистой физиологии в клинической практике: двухлетние данные российского регистра. Российский кардиологический журнал. 2024; 29(2):5622. doi:10.15829/1560-4071-2024-5622. EDN: YUWLSY.
11. Bubnov DS, Matchin YuG. Application of fractional flow reserve and instantaneous wave-free ratio methods in the assessment of extended and multilevel lesions of coronary arteries. Russian Journal of Endovascular Surgery. 2021;8(3):245-55. (In Russ.) Бубнов Д. С., Матчин Ю. Г. Применение методов фракционного резерва кровотока и моментального резерва кровотока при оценке протяженных и многоуровневых поражений коронарных артерий. Эндоваскулярная хирургия. 2021;8(3):245-55. doi:10.24183/2409-4080-2021-8-3-245-255.
12. Aboyan IA, Kulikovskikh YaV, Rumbesht VV, et al. Measurement of instantaneous wave-free ratio as a method of physiological assessment of the results of percutaneous coronary interventions. Russian Journal of Endovascular Surgery. 2023;10(3):270-9. (In Russ.) Абоян И. А., Куликовских Я. В., Румбешт В. В. и др. Измерение моментального резерва кровотока как метод физиологической оценки результатов чрескожных коронарных вмешательств. Эндоваскулярная хирургия. 2023;10(3):270-9. doi:10.24183/2409-4080-2023-10-3-270-279.
13. Rimac G, Fearon WF, De Bruyne B, et al. Clinical value of post-percutaneous coronary intervention fractional flow reserve value: A systematic review and meta-analysis. Am Heart J. 2017;183:1-9. doi:10.1016/j.ahj.2016.10.005.

14. Hokama Y, Tanaka N, Takashima H, et al. Insufficient recovery of fractional flow reserve even after optimal implantation of drug-eluting stents: 3-year outcomes from the FUJI study. *J Cardiol.* 2021;77(5):532-8. doi:10.1016/j.jcc.2020.12.001.
15. Escaned J, Berry C, De Bruyne B, et al. Applied coronary physiology for planning and guidance of percutaneous coronary interventions. A clinical consensus statement from the European Association of Percutaneous Cardiovascular Interventions (EAPCI) of the European Society of Cardiology. *EuroIntervention.* 2023;19(6):464-81. doi:10.4244/EIJ-D-23-00194.
16. Uretsky BF, Agarwal SK, Vallurupalli S, et al. Prospective Evaluation of the Strategy of Functionally Optimized Coronary Intervention. *J Am Heart Assoc.* 2020;9(3):73. doi:10.1161/JAHA.119.015073.
17. Ohashi H, Collison D, Mizukami T, et al. Fractional Flow Reserve-Guided Stent Optimisation in Focal and Diffuse Coronary Artery Disease. *Diagnostics (Basel).* 2023;13(15):2612. doi:10.3390/diagnostics13152612.
18. Cortese B, de la Torre Hernandez JM, Lanocha M, et al. Optical coherence tomography, intravascular ultrasound or angiography guidance for distal left main coronary stenting. The ROCK cohort II study. *Catheter Cardiovasc Interv.* 2022;99(3):664-73. doi:10.1002/ccd.29959.
19. Shibutani H, Fujii K, Matsumura K, Otagaki M, et al. Differential influence of lesion length on fractional flow reserve in intermediate coronary lesions between each coronary artery. *Catheter Cardiovasc Interv.* 2020;95(6):168-74. doi:10.1002/ccd.28430.
20. Demin VV, Babunashvili AM, Shugushev ZH, et al. Russian Register on the Use of Intravascular Imaging and Physiology Methods: Results of the First Year. *Diagnostic and Interventional Radiology.* 2022;16(3):27-39. (In Russ.) Демин В.В., Бабунашвили А.М., Шугушев З.Х. и др. Российский регистр по использованию внутрисосудистых методов визуализации и физиологии: итоги первого года. *Диагностическая и интервенционная радиология.* 2022;16(3):27-39. doi:10.25512/DIR.2022.16.3.03.
21. Gromovoy RM, Pekarskiy SE, Baev AE, et al. Assessment of the functional significance of stenosis in multivessel coronary artery disease based on integral instant flow reserve. 2024;13(2):165-75. (In Russ.) Громовой Р.М., Пекарский С.Е., Баев А.Е. и др. Оценка функциональной значимости стенозов при многососудистом атеросклерозе коронарных артерий на основе интегрального моментального резерва кровотока. *Комплексные проблемы сердечно-сосудистых заболеваний.* 2024;13(2):165-75. doi:10.17802/2306-1278-2024-13-2-165-175.