



## Роль внутрисосудистых методов исследования при выполнении чрескожного коронарного вмешательства у пациентов с бифуркационным поражением ствола левой коронарной артерии

©С.К. Логинова, Ш.Ш. Фатуллоева, Г.Р. Дечев, Д.А. Максимкин\*

Российский университет дружбы народов им. Патриса Лумумбы, Москва, Россия

\* Д.А. Максимкин, Российский университет дружбы народов им. Патриса Лумумбы, 117198, Москва, ул. Миклухо-Маклая, 6, [danmed@bk.ru](mailto:danmed@bk.ru)

Поступила в редакцию 22 июля 2024 г. Исправлена 2 октября 2024 г. Принята к печати 19 октября 2024 г.

### Резюме

Ежегодно в Российской Федерации отмечается увеличение оперативных вмешательств у пациентов с поражениями ствола левой коронарной артерии, которые принято считать одними из самых сложных для эндоваскулярного лечения по причине высокого риска развития сердечно-сосудистых осложнений. При такого характера поражениях ангиографическая оценка затруднительна, а врачи-хирурги не редко сталкиваются с рядом сложностей при выполнении вмешательств. Для того, чтобы избежать осложнений и улучшить отдаленные результаты перед проведением вмешательства необходимо точно определить целесообразность его выполнения, оценить особенности поражения и выбрать наиболее эффективный метод лечения. Осуществить эту задачу помогают внутрисосудистые методы исследования, такие как измерение фракционного резерва кровотока, внутрисосудистое ультразвуковое исследование и оптическая когерентная томография.

Последние данные демонстрируют эффективность применения внутрисосудистых методов исследования на каждом из этапов оперативного вмешательства, однако до сих пор остается ряд спорных и дискуссионных вопросов, требующих внимания и дальнейшего изучения.

В статье представлен обзор последних исследований по применению внутрисосудистых методов исследования для оптимизации чрескожных коронарных вмешательств у пациентов с поражениями ствола левой коронарной артерии, а также изучены нерешенные вопросы.

**Ключевые слова:** ствол левой коронарной артерии, бифуркационные стенозы, внутрисосудистое ультразвуковое исследование, оптическая когерентная томография, фракционный резерв кровотока

**Цитировать:** Логинова С.К., Фатуллоева Ш.Ш., Дечев Г.Р., Максимкин Д.А. Роль внутрисосудистых методов исследования при выполнении чрескожного коронарного вмешательства у пациентов с бифуркационным поражением ствола левой коронарной артерии. *Инновационная медицина Кубани*. 2025;10(1):119–127. <https://doi.org/10.35401/2541-9897-2025-10-1-119-127>

## Role of Intravascular Imaging in Percutaneous Coronary Interventions for Left Main Coronary Bifurcation Lesions

©Svetlana K. Loginova, Shoista Sh. Fatulloeva, Gumer R. Dechev, Daniil A. Maximkin\*

Patrice Lumumba Peoples' Friendship University of Russia, Moscow, Russian Federation

\* Daniil A. Maximkin, Patrice Lumumba Peoples' Friendship University of Russia, ulitsa Miklukho-Maklaya 6, Moscow, 117198, Russian Federation, [danmed@bk.ru](mailto:danmed@bk.ru)

Received: July 22, 2024. Received in revised form: October 2, 2024. Accepted: October 19, 2024.

### Abstract

The number of interventions for left main coronary bifurcation lesions in the Russian Federation increase annually. Such lesions are among the most challenging cases for endovascular treatment due to a high risk of cardiovascular complications. They are difficult to assess by angiography, and surgeons frequently encounter difficulties during interventions. To avoid complications and improve long-term outcomes, it is crucial to accurately determine the appropriateness of an intervention, assess characteristics of the lesion, and choose the most effective treatment strategy, and intravascular imaging methods, such as fractional flow reserve measurement, intravascular ultrasonography, and optical coherence tomography, can assist in doing so. Recent research demonstrates the effectiveness of these imaging methods at each stage of surgery; however, several contentious and debatable issues that warrant attention and further investigation remain. This article reviews the latest research regarding the use of intravascular imaging to optimize percutaneous coronary interventions in patients with left main coronary bifurcation lesions, as well as to highlight unresolved issues that require further exploration.



**Keywords:** left main coronary artery, bifurcation lesion, intravascular ultrasonography, optical coherence tomography, fractional flow reserve

**Cite this article as:** Loginova SK, Fatulloeva SSh, Dechev GR, Maximkin DA. Role of intravascular imaging in percutaneous coronary interventions for left main coronary bifurcation lesions. *Innovative Medicine of Kuban*. 2025;10(1):119–127. <https://doi.org/10.35401/2541-9897-2025-10-1-119-127>

Ежегодно в Российской Федерации регистрируется увеличение оперативных вмешательств у пациентов с различными стенозами ствола левой коронарной артерии (СЛКА), которые считаются одними из самых сложных для эндоваскулярного лечения, так как ассоциируются с высоким риском возникновения сердечно-сосудистых осложнений [1, 2]. Более, чем у 80% пациентов атеросклеротическая бляшка локализуется в области бифуркации с распространением на две, а иногда и три крупные коронарные артерии, нарушая кровоснабжение большого объема миокарда. Это, в свою очередь, значительно усложняет проведение чрескожного коронарного вмешательства (ЧКВ), особенно при наличии кальциноза [3–5]. В то же время риск смерти при медикаментозном лечении таких пациентов без хирургической помощи может достигать 50% при наблюдении в течение 2-х лет [6].

Бифуркационные стенозы СЛКА, согласно классификации А. Medina, разделяют на «истинные» (с поражением боковой ветви бифуркации) и «ложные» (без вовлечения боковой ветви бифуркации). От типа поражения зависит тактика вмешательства, в связи с чем важно иметь объективную информацию о характере поражения бифуркации СЛКА [7].

Оценка поражения СЛКА на основе ангиографической картины не всегда объективна, в связи с чем трудно судить о степени распространения атеросклеротической бляшки в артерии бифуркации [8]. Особенно непредсказуемыми в такой ситуации бывают «ложные» бифуркационные стенозы, когда атеросклеротическая бляшка локализуется в терминальном отделе СЛКА и/или в устье одной из отходящих артерий, и сужает просвет сосуда более, чем на 50% от его диаметра. При таких поражениях невозможно адекватно определить истинную степень сужения СЛКА в терминальном отделе, а также распространенность бляшки из устьев ветвей бифуркации в СЛКА. Ошибки в интерпретации поражения могут усложнять ход оперативного вмешательства и провоцировать развитие периперационных осложнений [8].

Получить объективную информацию о структуре атеросклеротической бляшки в области бифуркации и оценить гемодинамическую значимость имеющегося стеноза помогают внутрисосудистые методы исследования, такие как измерение фракционного резерва кровотока (ФРК), внутрисосудистое ультразвуковое исследование (ВСУЗИ) и оптическая когерентная томография (ОКТ) [8].

Согласно последним исследованиям и действующим международным клиническим рекомендациям, не вызывает сомнения тот факт, что внутрисосудистые методы исследования позволяют оптимизировать ЧКВ, повышая их эффективность и безопасность. При этом особенности выполнения эндоваскулярных вмешательств у пациентов со стенозами СЛКА ранее никогда не рассматривались в национальных и международных рекомендациях до 2024 г. Тактика лечения таких пациентов основывалась на заключениях консенсусов профильных специалистов [2, 9–12].

В обновленной версии рекомендаций Европейского общества кардиологов по лечению хронического коронарного синдрома, использование внутрисосудистых методов исследования (ВСУЗИ или ОКТ) при поражениях СЛКА имеет самый высокий класс доказательности 1А и рекомендовано для всех пациентов, которым планируется эндоваскулярное вмешательство [2]. Тем не менее, в реальной практике примерно половина выполняемых эндоваскулярных операций у пациентов со стенозами СЛКА проходят без применения методов внутрисосудистой визуализации (ВСВ).

Положительное влияние внутрисосудистых методов исследования на исходы пациентов, а именно снижение частоты возникновения инфаркта миокарда на 17–19% и кардиальной смертности на 44–51%, также подтверждается данными метаанализов (табл. 1).

Из двух существующих модальностей внутрисосудистой визуализации (ВСУЗИ и ОКТ) – первая, по данным клинических рекомендаций и консенсусных документов, имеет большую доказательную базу по сравнению со второй [2]. Однако в рандомизированных клинических исследованиях представлено достаточно свидетельств, демонстрирующих сопоставимые результаты обеих методик [16–18].

Следует отметить, что большинство крупных исследований по изучению методов ВСВ, представленных в литературе, не включали пациентов с бифуркационными стенозами СЛКА либо количество таких пациентов было весьма ограничено. Лишь только за последние несколько лет появились серьезные исследования, в которых изучались вопросы применения методов ВСВ именно у пациентов со стенозами СЛКА (табл. 2).

Представленные исследования демонстрируют очевидное преимущество методов ВСВ, в том числе у пациентов со стенозами СЛКА как в отношении исходов, так и интраоперационных осложнений. Тем не менее, такие пациенты не рассматриваются с точки

**Таблица 1**

**Результаты метаанализов, сравнивающих ЧКВ под контролем внутрисосудистых методов исследования с ЧКВ под ангиографическим контролем**

**Table 1**

**Results of meta-analyses comparing intravascular imaging-guided vs angiography-guided percutaneous coronary interventions**

Исследования	Год	Количество исследований	Кол-во пациентов	Группы сравнения	Результаты
T. Kuno и соавт. [13]	2023	32	22684	ЧКВ под ангиографическим контролем, ЧКВ под контролем ФРК, ЧКВ под контролем ВСВ (ВСУЗИ, или ОКТ)	ЧКВ под контролем ВСВ уменьшает: частоту больших сердечно-сосудистых осложнений на 28%, кардиальную смертность на 44%, инфаркт миокарда (ИМ) на 19%, тромбоз стента на 52%, реваскуляризацию целевого сосуда на 25%. Выполнение ЧКВ под контролем ФРК по сравнению с ЧКВ под ангиографическим контролем уменьшает частоту больших сердечно-сосудистых осложнений, риск ИМ
G.W. Stone и соавт. [14]	2024	22	15964	ЧКВ под ангиографическим контролем, ЧКВ под контролем ВСВ (ВСУЗИ или ОКТ)	ЧКВ под контролем ВСВ уменьшает: кардиальную смертность на 45%, реваскуляризацию ЦС на 28%, тромбоз стентов на 48%, ИМ на 17%, общую смертность на 25%. Результаты были схожими при использовании как ВСУЗИ, так и ОКТ
J. Sreenivasan и соавт. [15]	2024	16	7814	ЧКВ под ангиографическим контролем, ЧКВ под контролем ВСВ (ВСУЗИ, или ОКТ)	ЧКВ под контролем ВСВ уменьшает: частоту больших сердечно-сосудистых осложнений на 33%, кардиальную смертность на 51%, ИМ в целевом сосуде (ЦС) на 39%, тромбоз стентов на 37%, реваскуляризацию ЦС на 40%, общую смертности на 19%, ИМ на 18%

**Таблица 2**

**Исследования эффективности внутрисосудистых методов исследования у пациентов с поражением ствола левой коронарной артерии**

**Table 2**

**Studies on the effectiveness of intravascular imaging methods in patients with left main coronary artery lesions**

Название исследования	Год	Кол-во пациентов	Кол-во пациентов с поражением СЛКА	Группы сравнения	Результаты
ROCK cohort II [19]	2022	730	730 (без разделения на типы по A. Medina)	ЧКВ под контролем ОКТ n=162, ЧКВ под контролем ВСУЗИ n=215, ЧКВ под ангиографическим контролем n=353	Реваскуляризация ЦС при ЧКВ с ВСВ – 12,7% ( $p=0,039$ ), без разницы между ОКТ и ВСУЗИ ( $p=0,26$ ); при ЧКВ под контролем ангиографии – 21,2% ( $p=0,039$ ). ВСВ предиктор свободы от вмешательства на ЦС (HR 0,46; 95% CI 0,23–0,93; $p=0,03$ ). Реваскуляризация ЦС в течение 1 года по данным ВСУЗИ – 6%, по данным ОКТ 7, по данным ангиографии – 16% ( $p=0,03$ )
OCTIVUS [18]	2024	1475	251 (без разделения на типы по A. Medina.)	ЧКВ под контролем ОКТ n=756 и ЧКВ под контролем ВСУЗИ n=719	Первичная конечная точка у 56 пациентов по данным ВСУЗИ – 7,4%; по данным ОКТ у 47 пациентов – 6,5% ( $p=0,50$ ) Частота процедурных осложнений ВСУЗИ – 1,7%; ОКТ – 3,4% ( $p=0,03$ ).
OCTOBER [20]	2023	1201	227 (разделение по типам по A. Medina представлены для всех бифуркационных поражений) Поражения 0.0.1 по A. Medina исключались из исследования.	ЧКВ под контролем ОКТ, ЧКВ под контролем ангиографии	Поражение ЦС ниже в группе ЧКВ под контролем ОКТ, чем в группе ЧКВ под контролем ангиографии (14 против 19% соответственно, HR 0,79, 95% ДИ: 0,40–1,51)

Продолжение таблицы 2/Continued

Название исследования	Год	Кол-во пациентов	Кол-во пациентов с поражением СЛКА	Группы сравнения	Результаты
RENOVATE-COMPLEX-PCI [21]	2023	1620	192	ЧКВ под контролем ВСУЗИ, ЧКВ под контролем ангиографии	Первичная конечная точка в группе ВСВ у 76 пациентов (7,7%) и у 60 пациентов (12,3%) в группе ангиографии (коэффициент риска 0,64; 95% ДИ от 0,45 до 0,89; $p=0,008$ ). Кардиальная смерть в группе ВСВ у 16 пациентов (1,7%) и у 17 пациентов (3,8%) в группе ангиографии; ИМ ЦС – 38 пациентов (3,7%) и 30 (5,6%) соответственно
OPTIVUS-COMPLEX PCI [22]	2023	1021	1362 (без разделения на типы по A. Medina.)	ЧКВ под контролем ВСУЗИ, ЧКВ под контролем ангиографии, аортокоронарное шунтирование АКШ	Первичная конечная точка (совокупность смерти, ИМ, инсульта или любой коронарной реваскуляризации) – в группе ЧКВ под контролем ВСУЗИ, ниже, чем в группе ЧКВ под ангиографическим контролем (10,4 против 23,3%; $p<0,001$ ) и ниже, чем в группе аортокоронарного шунтирования (11,8 против 16,5%; $p=0,02$ ). Стратегия ЧКВ менялась под влиянием ВСУЗИ, на этапе имплантации стента была изменена в 39,6% наблюдений

зрения существующей классификации, разделяющей бифуркационные стенозы на «истинные» и «ложные», в связи с чем, пациенты с устьевыми «ложными» стенозами могут попадать в общую когорту и не подвергаться дополнительному анализу.

В отношении существующих методов ВСВ также нет до сих пор однозначного ответа, какой из них обладает наибольшей эффективностью в улучшении клинических исходов пациентов и профилактики осложнений у пациентов со стенозами СЛКА. Большинство представленных исследований показывают отсутствие достоверных различий по указанным критериям между ВСУЗИ или ОКТ. Лишь в некоторых исследованиях отмечается, что ОКТ может выступать в качестве альтернативы ВСУЗИ у пациентов с поражением СЛКА, за исключением случаев устьевого поражения [2, 10].

Учитывая изложенное, в настоящее время не представляется возможным ответить какой метод ВСВ предпочтительнее у пациентов со стенозами СЛКА на каждом из этапов ЧКВ, что диктует необходимость проведения дальнейших исследований.

**Роль внутрисосудистой визуализации на каждом из этапов ЧКВ**

**Предоперационная оценка поражения**

Методы ВСВ позволяют достоверно измерить показатели СЛКА, необходимые для формирования оптимальной тактики вмешательства: референсные диаметры артерии, минимальную площадь просвета (МПП), состав и объем атеросклеротической бляшки, длину

поражения [2]. Более того, важно изучить распространение атеросклеротической бляшки в СЛКА из устья передней нисходящей и огибающей артерии, что может изменить интраоперационную тактику [12, 23].

Следует отметить, что референсные диаметры артерий и МПП являются важными показателями, влияющими на прогноз таких пациентов. При измерении референсных диаметров артерии важно помнить о технических особенностях использования ВСУЗИ и ОКТ, которые могут повлиять на достоверность измерений. Так, большая глубина проникновения ультразвукового сигнала при ВСУЗИ и отсутствие необходимости в очистке просвета артерии от эритроцитов с помощью контрастного вещества делает этот метод предпочтительным для пациентов с нарушением функции почек и позволяет использовать его для визуализации устья СЛКА, особенно при его больших размерах [11].

Оптическая когерентная томография, в свою очередь, за счет большей разрешающей способности позволяет точнее определить диаметр артерии, так как результаты ВСУЗИ несколько завышают истинные размеры. Достоверное измерение диаметра артерии очень важно с точки зрения дальнейшего стентирования, так как неполное прилегание структур стента к стенке артерии (мальаппозиция) является мощным предиктором раннего тромбоза и рестеноза [9].

Минимальная площадь просвета, согласно современным исследованиям, является ключевым показателем для принятия решения о выполнении

реваскуляризации у больных со стенозами СЛКА. Так, в исследовании J.M. de la Torre Hernandez и соавт. (2011) было выявлено, что значение МПП  $6 \text{ мм}^2$  имело самую высокую чувствительность и специфичность для выявления ишемии. Через 2 года исход неоперированной группы пациентов был эквивалентен исходу реваскуляризированной группы с МПП  $>6 \text{ мм}^2$  [24].

Тем не менее, авторы консенсуса по ВСВ утверждают, что для пациентов с бифуркационными стенозами СЛКА допустимы различные пороговые значения МПП для определения ишемии [9]. Так, в азиатском исследовании S.J. Park и соавт. (2014) показано, что значение МПП, равное  $4,5 \text{ мм}^2$ , выявленное методом ВСУЗИ, коррелирует с ФРК  $\leq 0,8$  [25]. Напротив, в американском исследовании V. Jasti и соавт. (2004), значение МПП  $<5,9 \text{ мм}^2$ , полученное также методом ВСУЗИ, имело большую корреляцию с ФРК  $<0,75$  [26]. На основании этих исследований было сделано заключение, что у больных с поражением СЛКА и МПП от  $4,5$  до  $6 \text{ мм}^2$  – ВСВ необходимо дополнять оценкой физиологических индексов [9]. Следует подчеркнуть, что данные пороговые значения были установлены только на основе данных ВСУЗИ. И даже при наличии исследований, свидетельствующих о схожести полученных результатов, должны быть интерпретированы оператором при применении ОКТ с осторожностью [2].

Прогностическая ценность измерения МПП при устьевых поражениях основных ветвей бифуркации СЛКА в настоящее время изучена слабо, поэтому на основании этого показателя нельзя безопасно отсрочить их реваскуляризацию, что ограничивает использование методов ВСВ для пациентов с «ложными» бифуркационными стенозами СЛКА [2].

Таким образом, применение ВСВ во время операции играет важную роль не только в предоперационной оценке поражения, но и в разработке стратегии ЧКВ при бифуркационных стенозах СЛКА. При этом особое внимание необходимо уделять визуализации устьев передней нисходящей и огибающей артерий [12, 23].

#### **Оценка результатов операции**

Использование методов ВСВ для оценки результатов операции также играет ключевую прогностическую роль. Так, например, обнаружение недораскрытия стента, краевых диссекций интимы или протрузии бляшки в просвет артерии через структуры стента, а также смещение «карины» бифуркации после оптимизации стентирования, можно своевременно устранить, что повышает эффективность выполненного ЧКВ.

Мальаппозиция стента во время смены и переориентации проводников (рекрессинг) может способствовать тому, что проводники пройдут между стентом и стенкой артерии, что создает технические трудности для последующих этапов бифуркационного

стентирования [8]. Краевая диссекция, в зависимости от глубины, положения, длины, угла наклона лоскута и остаточной площади просвета, может потребовать или не потребовать вмешательства. Крупные диссекции с окружностью  $>60^\circ$  и/или протяженностью  $>2 \text{ мм}$ , с вовлечением более глубоких слоев и локализованные дистальнее стента, увеличивают риск развития неблагоприятных событий и требуют последующего вмешательства [9, 27]. Смещение «карины» невозможно обнаружить по данным ангиографии, в то же время, оставив такое осложнение без коррекции, значительно повышается риск поздних тромбозов [5].

Исследователями разработаны критерии оптимальной имплантации стента: МПП внутри стентированного сегмента  $>5 \text{ мм}^2$  или  $>80\%$ , или  $>90\%$  средней (проксимальной и дистальной) от значения референсной площади поперечного сечения; стеноз проксимального и дистального краев стента в пределах  $5 \text{ мм}$   $<50\%$ ; отсутствие диссекции, охватывающей медиальную слой стенки артерии, длиной  $<3 \text{ мм}$  [28]. Или возможно использование правила «5–6–7–8», где  $5 \text{ мм}^2$  – оптимальное значение МПП для ОА,  $6 \text{ мм}^2$  – для ПНА,  $7 \text{ мм}^2$  – для СЛКА и  $8 \text{ мм}^2$  в зоне бифуркации [9, 11, 13].

Однако в недавнем исследовании J.H. Kim и соавт. (2024) определены другие минимальные пороговые значения МПП, которые демонстрируют лучшие отдаленные 5-летние результаты у пациентов после ЧКВ под контролем внутрисосудистой визуализации: для ПНА  $\geq 8,3 \text{ мм}^2$ , для ОА  $\geq 5,7 \text{ мм}^2$ , для СЛКА  $\geq 11,8 \text{ мм}^2$ . При этом отмечается, что у пациентов с недораскрытием стента в устье обеих крупных ветвей бифуркации СЛКА наблюдается высокая частота больших кардиальных осложнений в течение 5 лет по сравнению с недораскрытием стента в устье лишь одной из артерий либо оптимально имплантированными стентами [29].

#### **Роль внутрисосудистой физиологии на каждом из этапов ЧКВ**

ЧКВ на СЛКА под контролем внутрисосудистой физиологии имеет худшие клинические исходы по сравнению с ЧКВ под контролем визуализирующих методик. Однако, несмотря на это, измерение физиологических индексов может быть вариантом выбора в каждой индивидуальной ситуации [21]. Выполнить оценку коронарной физиологии возможно с помощью определения гиперемического или негиперемических индексов (НГИ). Гиперемическим индексом является ФРК. Важным ограничивающим фактором для ряда пациентов является то, что введение гиперемического агента сопряжено с риском возникновения жизнеугрожающих побочных эффектов – желудочковых нарушений ритма сердца. Вариантом выбора для таких пациентов могут быть методы с определением НГИ.

Результаты измерения гиперемических и негиперемических индексов являются сопоставимыми и не демонстрируют разницу в отдаленных прогнозах пациентов [2, 30–31]. Однако иногда при определении физиологической значимости коронарных стенозов значения ФРК и НГИ могут не совпадать, что происходит примерно в 20% случаев [32]. При этом ответа на вопрос какому индексу можно доверять больше до сих пор не существует, в особенности при оценке значимости стенозов СЛКА [33–35].

#### *Предоперационная оценка*

Роль предоперационной оценки функциональной значимости стенозов известна давно, измерение ФРК и НГИ помогает безопасно отсрочить реваскуляризацию и, согласно существующим рекомендациям, имеет класс доказательности 1А [2]. На сегодняшний день в литературе представлены убедительные научные данные, демонстрирующие нам, что физиологическая оценка поражений СЛКА позволяет безопасно отсрочить реваскуляризацию у пациентов, имеющих значение ФРК > 0,80 или НГИ > 0,89 [2, 24, 31, 33]. В то же время известно, что при стенозах СЛКА и проксимального сегмента ПНА чаще всего наблюдается несоответствие ФРК и НГИ, в связи с чем некоторые исследователи предостерегают от использования НГИ при данном типе поражения [36].

Напротив, в недавних исследованиях регистров DEFINE-LM и iLITRO-EPIC07 доказана безопасность отложенной реваскуляризации поражения СЛКА на основе НГИ и продемонстрированы схожие неблагоприятные исходы в сравнении с пациентами, которым была выполнена реваскуляризация СЛКА [24, 30]. Прямое сравнение ФРК и НГИ при поражении СЛКА на основе данных регистра DEFINE-LM свидетельствует о том, что отсрочка реваскуляризации СЛКА под контролем НГИ оказалась безопаснее по сравнению с ФРК, что указывает на то, что физиологически значимые НГИ не следует игнорировать, несмотря на обнадеживающие результаты других форм оценки значимости поражения, таких как ФРК или ВСУЗИ [33].

До сих пор не существует единого мнения как действовать в ситуации, когда получено значение ФРК или НГИ в «серой» зоне, однако уже сейчас понятно, что, принимая окончательное решение, важно использовать мультимодальный подход. О целесообразности комбинированного подхода физиологической оценки и методов ВСУЗИ в принятии решений о реваскуляризации упоминается лишь в недавно опубликованном исследовании iLITRO-EPIC07, однако оно отличается немногочисленной выборкой пациентов [30].

#### *Послеоперационная оценка*

Оценка коронарной физиологии после имплантации стента является чрезвычайно значимой опцией при выполнении бифуркационного стентирования

СЛКА. ФРК и НГИ наравне с визуализирующими методами исследования можно использовать для оптимизации ЧКВ путем выявления физиологически неоптимальных результатов и определения необходимости проведения дополнительного вмешательства [37]. При этом важно помнить, что успешный результат вмешательства по данным ангиографии не означает достижение оптимального физиологического результата реваскуляризации [38]. Неоптимальное значение ФРК после успешного ЧКВ под ангиографическим контролем встречается примерно в 30% наблюдений [36]. Учитывая, что целью реваскуляризации является устранение индуцируемой ишемии миокарда и улучшение прогноза для пациента, а не получение оптимальной ангиографической картинки, физиологическая оценка после ЧКВ дает важную информацию об эффекте реваскуляризации с точки зрения изменения степени индуцируемой ишемии миокарда, связанной с целевым сосудом [24].

Существуют данные о том, что низкий уровень ФРК и НГИ после ЧКВ ассоциируется с неблагоприятными клиническими исходами [38, 39]. Тем не менее, до сих пор не существует единых рекомендаций относительно использования ФРК или НГИ после ЧКВ, в связи с чем физиологическая оценка после вмешательства остается недостаточно используемой в рутинной клинической практике при стентировании бифуркационных поражений СЛКА. В существующих исследованиях данная группа пациентов представлена весьма ограниченно, при этом большую часть таких пациентов составляют «истинные» поражения, что обуславливает необходимость проведения дополнительных исследований у пациентов с «ложными» поражениями СЛКА.

При неоптимальных физиологических результатах после ЧКВ дальнейшие мероприятия, направленные на поиск потенциальных причин и их устранение, могут улучшить конечный результат и прогноз для пациента [37]. Локализация поражения в ПНА, низкий исходный ФРК и наличие диффузного поражения ассоциируются с повышенным риском неоптимальных физиологических исходов после ЧКВ [40].

Комбинированные исследования внутрикоронарной физиологии и визуализации демонстрируют, что низкое значение ФРК или НГИ связано с невозможностью полностью покрыть бляшку стентом на всем ее протяжении, а также ассоциируется с недостаточным раскрытием стента, краевой диссекцией или протрузией бляшки внутрь просвета стента [41].

## **Заключение**

Таким образом, оптимизация ЧКВ у пациентов с бифуркационными стенозами СЛКА с помощью методов внутрикоронарной визуализации и физиологии остается чрезвычайно актуальной и до конца

нерешенной проблемой. Несмотря на то что существует достаточное количество работ, отражающих высокую эффективность и безопасность ЧКВ с применением внутрисосудистых методов исследования, таких как ВСУЗИ, ОКТ и ФРК у пациентов с поражениями СЛКА, они представлены довольно ограниченно.

Более того, целесообразность рутинного применения методов ВСВ рассматривалась в основном для пациентов с «истинными» бифуркационными стенозами СЛКА, тогда как пациентам с «ложными» стенозами, в отношении которых возникает множество технических сложностей при планировании тактики эндоваскулярного вмешательства, не уделялось должного внимания, и они рассматривались в общей когорте пациентов с поражением коронарных артерий.

До сих пор остаются малоизученными исходы пациентов, оперированных с применением различных визуализирующих методов (ВСУЗИ или ОКТ), не определен наилучший метод исследования для данной когорты пациентов, позволяющий правильно выбрать тактику эндоваскулярного лечения. Кроме того, предметом дискуссий остается вопрос о том, каким должна быть МПП для достижения лучших отдаленных результатов у неоперированных пациентов. Детального изучения требует вопрос применения внутрикоронарной физиологии после выполненного стентирования, о целесообразности которой упоминается лишь в единичных исследованиях.

#### Вклад авторов

*Разработка концепции:* все авторы

*Сбор, анализ и интерпретация данных:* С.К. Логинова, Ш.Ш. Фатуллоева, Г.Р. Дечев

*Подготовка и редактирование текста:* С.К. Логинова, Д.А. Максимкин

*Утверждение окончательной версии:* все авторы

#### Author contributions

*Conceptualization:* All authors

*Acquisition, analysis, or interpretation of data:* Loginova, Fatulloeva, Dechev

*Manuscript drafting and revising:* Loginova, Maximkin

*Final approval of the version to be published:* All authors

#### Литература/References

1. Алекян Б.Г., Григорьян А.М., Стаферов А.В., Кавтеладзе З.А., Скрыпник Д.В., Тарасов Р.С. Рентгенэндоваскулярная диагностика и лечение заболеваний сердца и сосудов в Российской Федерации – 2023 год. *Эндоваскулярная хирургия*. 2024;11(специальный выпуск):S5–S300.

Alekyan BG, Grigoryan AM, Staferov AV, Kavteladze ZA, Skrypnik DV, Tarasov RS. Endovascular diagnostics and treatment in the Russian Federation (2023). *Russian Journal of Endovascular Surgery*. 2024;11(theme issue):S5–S300. (In Russ.).

2. Vrints C, Andreotti F, Koskinas KC, et al; ESC Scientific Document Group. 2024 ESC Guidelines for the management of chronic coronary syndromes. *Eur Heart J*. 2024;45(36):3415–3537. PMID: 39210710. <https://doi.org/10.1093/eurheartj/ehae177>

3. Gogas BD, Fei Y, Song L, et al. Left main coronary interventions: a practical guide. *Cardiovasc Revasc Med*. 2020;21(12):1596–1605. PMID: 32546382. <https://doi.org/10.1016/j.carrev.2020.05.014>

4. Lahti SJ, Feldman DI, Dardari Z, et al. The association between left main coronary artery calcium and cardiovascular-specific and total mortality: The Coronary Artery Calcium Consortium. *Atherosclerosis*. 2019;286:172–178. PMID: 30954247. PMID: PMC6599487. <https://doi.org/10.1016/j.atherosclerosis.2019.03.015>

5. Pellegrini D, Ielasi A, Tespili M, Guagliumi G, De Luca G. Percutaneous treatment of left main disease: a review of current status. *J Clin Med*. 2023;12(15):4972. PMID: 37568374. PMID: PMC10419939. <https://doi.org/10.3390/jcm12154972>

6. Некрасов А.С., Гречишкин А.А., Майнгарт С.В. Случай успешного эндоваскулярного лечения поражения трифуркации ствола левой коронарной артерии. *Инновационная медицина Кубани*. 2017;(2):21–26.

Nekrasov AS, Grechishkin AA, Mayngart SV. Successful endovascular treatment for LCA trunk trifurcation lesion. *Innovative Medicine of Kuban*. 2017;(2):21–26. (In Russ.).

7. Medina A, Suárez de Lezo J, Pan M. Una clasificación simple de las lesiones coronarias en bifurcación. *Rev Esp Cardiol*. 2006;59(2):183. (In Spanish). PMID: 16540043.

8. Бабунашвили А.М., Азаров А.В., Ардеев В.Н. и др. Согласительный документ экспертной группы Российского научного общества интервенционных кардиоангиологов. О рутинном применении внутрисосудистых визуализирующих модальностей (ВСУЗИ, ОКТ) во время рентгенэндоваскулярных вмешательств при отдельных типах поражений коронарных артерий при хроническом коронарном синдроме и о необходимости оснащения всех рентгеноперационных страны системами внутрисосудистой визуализации. *Международный журнал интервенционной кардиоангиологии*. 2023;74(3):9–51. <https://doi.org/10.24835/1727-818x-74-9>

Babunashvili AM, Azarov AV, Ardeev VN, et al. Expert group consensus paper of the Russian Scientific Society of Interventional Cardioangiology. On the routine use of intravascular imaging modalities (IVUS, OCT) during endovascular interventions for certain types of coronary artery lesions in chronic coronary syndrome; and on the necessity to equip all national CathLabs with intravascular imaging systems. *International Journal of Interventional Cardioangiology*. 2023;74(3):9–51. (In Russ.). <https://doi.org/10.24835/1727-818x-74-9>

9. Räber L, Mintz GS, Koskinas KC, et al; ESC Scientific Document Group. Clinical use of intracoronary imaging. Part 1: guidance and optimization of coronary interventions. An expert consensus document of the European Association of Percutaneous Cardiovascular Interventions. *Eur Heart J*. 2018;39(35):3281–3300. Published correction appears in *Eur Heart J*. 2019;40(3):308. PMID: 29790954. <https://doi.org/10.1093/eurheartj/ehy285>

10. Johnson TW, Räber L, di Mario C, et al. Clinical use of intracoronary imaging. Part 2: acute coronary syndromes, ambiguous coronary angiography findings, and guiding interventional decision-making: an expert consensus document of the European Association of Percutaneous Cardiovascular Interventions. *Eur Heart J*. 2019;40(31):2566–2584. PMID: 31112213. <https://doi.org/10.1093/eurheartj/ehz332>

11. Mintz GS, Lefèvre T, Lassen JF, et al. Intravascular ultrasound in the evaluation and treatment of left main coronary artery disease: a consensus statement from the European Bifurcation Club. *EuroIntervention*. 2018;14(4):e467–e474. PMID: 29688182. <https://doi.org/10.4244/EIJ-D-18-00194>

12. Albiero R, Burzotta F, Lassen JF, et al. Treatment of coronary bifurcation lesions, part I: implanting the first stent in the provisional pathway. The 16th expert consensus document of the Eu-

- ropean Bifurcation Club. *EuroIntervention*. 2022;18(5):e362–e376. PMID: 35570748. PMCID: PMC10259243. <https://doi.org/10.4244/EIJ-D-22-00165>
13. Kuno T, Kiyohara Y, Maehara A, et al. Comparison of intravascular imaging, functional, or angiographically guided coronary intervention. *J Am Coll Cardiol*. 2023;82(23):2167–2176. PMID: 37995152. <https://doi.org/10.1016/j.jacc.2023.09.823>
14. Stone GW, Christiansen EH, Ali ZA, et al. Intravascular imaging-guided coronary drug-eluting stent implantation: an updated network meta-analysis. *Lancet*. 2024;403(10429):824–837. PMID: 38401549. [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(23\)02454-6](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(23)02454-6)
15. Sreenivasan J, Reddy RK, Jamil Y, et al. Intravascular imaging-guided versus angiography-guided percutaneous coronary intervention: a systematic review and meta-analysis of randomized trials. *J Am Heart Assoc*. 2024;13(2):e031111. PMID: 38214263. PMCID: PMC10926835. <https://doi.org/10.1161/JAHA.123.031111>
16. Muramatsu T, Ozaki Y, Nanasato M, et al; MISTIC-1 Investigators. Comparison between optical frequency domain imaging and intravascular ultrasound for percutaneous coronary intervention guidance in Biolimus A9-eluting stent implantation: a randomized MISTIC-1 non-inferiority trial. *Circ Cardiovasc Interv*. 2020;13(11):e009314. PMID: 33106049. PMCID: PMC7665240. <https://doi.org/10.1161/CIRCINTERVENTIONS.120.009314>
17. Kubo T, Shinke T, Okamura T, et al; OPINION Investigators. Optical frequency domain imaging vs. intravascular ultrasound in percutaneous coronary intervention (OPINION trial): one-year angiographic and clinical results. *Eur Heart J*. 2017;38(42):3139–3147. PMID: 29121226. PMCID: PMC5837511. <https://doi.org/10.1093/eurheartj/ehx351>
18. Kang DY, Ahn JM, Yun SC, et al; OCTIVUS Investigators. Guiding intervention for complex coronary lesions by optical coherence tomography or intravascular ultrasound. *J Am Coll Cardiol*. 2024;83(3):401–413. PMID: 37879490. <https://doi.org/10.1016/j.jacc.2023.10.017>
19. 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):664–673. PMID: 34582631. <https://doi.org/10.1002/ccd.29959>
20. Holm NR, Andreasen LN, Neghabat O, et al; OCTOBER Trial Group. OCT or angiography guidance for PCI in complex bifurcation lesions. *N Engl J Med*. 2023;389(16):1477–1487. PMID: 37634149. <https://doi.org/10.1056/NEJMoa2307770>
21. Lee JM, Choi KH, Song YB, et al; RENOVATE-COMPLEX-PCI Investigators. Intravascular imaging-guided or angiography-guided complex PCI. *N Engl J Med*. 2023;388(18):1668–1679. <https://doi.org/10.1056/NEJMoa2216607>
22. Yamamoto K, Shiomi H, Morimoto T, et al; OPTIVUS-Complex PCI Investigators. Target lesion revascularization after intravascular ultrasound-guided percutaneous coronary intervention. *Circ Cardiovasc Interv*. 2023;16(5):e012922. PMID: 37192307. <https://doi.org/10.1161/CIRCINTERVENTIONS.123.012922>
23. Case BC, Yerasi C, Forrestal BJ, et al. Intravascular ultrasound guidance in the evaluation and treatment of left main coronary artery disease. *Int J Cardiol*. 2021;325:168–175. PMID: 33039578. <https://doi.org/10.1016/j.ijcard.2020.10.008>
24. de la Torre Hernandez JM, Hernández Hernandez F, Alfonso F, et al; LITRO Study Group (Spanish Working Group on Interventional Cardiology). Prospective application of pre-defined intravascular ultrasound criteria for assessment of intermediate left main coronary artery lesions results from the multicenter LITRO study. *J Am Coll Cardiol*. 2011;58(4):351–358. PMID: 21757111. <https://doi.org/10.1016/j.jacc.2011.02.064>
25. Park SJ, Ahn JM, Kang SJ, et al. Intravascular ultrasound-derived minimal lumen area criteria for functionally significant left main coronary artery stenosis. *JACC Cardiovasc Interv*. 2014;7(8):868–874. PMID: 25147031. <https://doi.org/10.1016/j.jcin.2014.02.015>
26. Jasti V, Ivan E, Yalamanchili V, Wongpraparut N, Leesar MA. Correlations between fractional flow reserve and intravascular ultrasound in patients with an ambiguous left main coronary artery stenosis. *Circulation*. 2004;110(18):2831–2836. PMID: 15492302. <https://doi.org/10.1161/01.CIR.0000146338.62813.E7>
27. Mintz GS, Bourantas CV, Chamié D. intravascular imaging for percutaneous coronary intervention guidance and optimization: the evidence for improved patient outcomes. *J Soc Cardiovasc Angiogr Interv*. 2022;1(6):100413. PMID: 39132365. PMCID: PMC11307675. <https://doi.org/10.1016/j.jscv.2022.100413>
28. Zhang M, Matsumura M, Usui E, et al. Intravascular ultrasound-derived calcium score to predict stent expansion in severely calcified lesions. *Circ Cardiovasc Interv*. 2021;14(10):e010296. PMID: 34665658. <https://doi.org/10.1161/CIRCINTERVENTIONS.120.010296>
29. Kim JH, Kang DY, Ahn JM, et al. Optimal minimal stent area and impact of stent underexpansion in left main up-front 2-stent strategy. *Circ Cardiovasc Interv*. 2024;17(1):e013006. PMID: 38227699. <https://doi.org/10.1161/CIRCINTERVENTIONS.123.013006>
30. Rodriguez-Leor O, de la Torre Hernández JM, García-Camarero T, et al. Instantaneous wave-free ratio for the assessment of intermediate left main coronary artery stenosis: correlations with fractional flow reserve/intravascular ultrasound and prognostic implications: the iLITRO-EPIC07 study. *Circ Cardiovasc Interv*. 2022;15(11):861–871. PMID: 36111801. PMCID: PMC9648986. <https://doi.org/10.1161/CIRCINTERVENTIONS.122.012328>
31. Lawton JS, Tamis-Holland JE, Bangalore S, et al. 2021 ACC/AHA/SCAI guideline for coronary artery revascularization: executive summary: a report of the American College of Cardiology/American Heart Association Joint Committee on clinical practice guidelines. *Circulation*. 2022;145(3):e4–e17. Published correction appears in *Circulation*. 2022;145(11):e771. PMID: 34882436. <https://doi.org/10.1161/CIR.0000000000001039>
32. Scarsini R, Fezzi S, Pesarini G, et al. Impact of physiologically diffuse versus focal pattern of coronary disease on quantitative flow reserve diagnostic accuracy. *Catheter Cardiovasc Interv*. 2022;99(3):736–745. PMID: 34761492. PMCID: PMC9544909. <https://doi.org/10.1002/ccd.30007>
33. Warisawa T, Cook CM, Ahmad Y, et al. Physiological assessment with iFR prior to FFR measurement in left main disease. *Cardiovasc Interv Ther*. 2024;39(3):241–251. PMID: 38642290. PMCID: PMC11164744. <https://doi.org/10.1007/s12928-024-00989-4>
34. Магчин Ю.Г., Грамович В.В., Даренский Д.И., Митрошкин М.Г., Атанесян Р.В., Жарова Е.А. использование метода моментального резерва кровотока в сравнении с фракционным резервом кровотока при оценке физиологической значимости пограничных коронарных стенозов. *Кардиологический вестник*. 2015;10(1):38–43.
- Matchin YG, Gramovich VV, Darenkiy DI, Mitroshkin MG, Atanesyan RV, Zharova EA. Method of instantaneous wave-free ratio in comparison with fractional flow reserve in assessment of the physiological significance of intermediate coronary stenosis. *Kardiologicheskii vestnik*. 2015;10(1):38–43. (In Russ.).
35. Nakayama M, Sakai K, Munhoz D, et al. Discordance in the pattern of coronary artery disease between resting and hyperemic conditions. *JACC Cardiovasc Interv*. 2022;15(10):e113–e116. PMID: 35367177. <https://doi.org/10.1016/j.jcin.2022.01.303>
36. Fezzi S, Huang J, Lunardi M, et al. Coronary physiology in the catheterisation laboratory: an A to Z practical guide.

*AsiaIntervention*. 2022;8(2):86–109. PMID: 36798834. PMCID: PMC9890586. <https://doi.org/10.4244/AIJ-D-22-00022>

37. 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):4656–4668. PMID: 34279606. PMCID: PMC8634564. <https://doi.org/10.1093/eurheartj/ehab449>

38. Collet C, Johnson NP, Mizukami T, et al. Impact of post-PCI FFR stratified by coronary artery. *JACC Cardiovasc Interv*. 2023;16(19):2396–2408. PMID: 37821185. <https://doi.org/10.1016/j.jcin.2023.08.018>

39. Griffioen AM, van den Oord SCH, Teerenstra S, Damman P, van Royen N, van Geuns RJM. Clinical relevance of impaired physiological assessment after percutaneous coronary intervention: a meta-analysis. *J Soc Cardiovasc Angiogr Interv*. 2022;1(6):100448. PMID: 39132337. PMCID: PMC11307483. <https://doi.org/10.1016/j.jscv.2022.100448>

40. Jeremias A, Davies JE, Maehara A, et al. Blinded physiological assessment of residual ischemia after successful angiographic percutaneous coronary intervention: the DEFINE PCI study. *JACC Cardiovasc Interv*. 2019;12(20):1991–2001. PMID: 31648761. <https://doi.org/10.1016/j.jcin.2019.05.054>

41. Ahn JM, Kang DY, Kim JH, et al. Prognostic value of poststenting fractional flow reserve after imaging-guided optimal stenting. *JACC Cardiovasc Interv*. 2024;17(7):907–916. PMID: 38599694. <https://doi.org/10.1016/j.jcin.2024.01.313>

### Сведения об авторах

**Логина Светлана Константиновна**, аспирант, стажер-исследователь кафедры госпитальной хирургии с курсом детской хирургии, Медицинский институт, Российский университет дружбы народов им. Патриса Лумумбы (Москва, Россия). <https://orcid.org/0009-0000-3808-683X>

**Фатulloева Шоиста Шавкатовна**, аспирант кафедры госпитальной хирургии с курсом детской хирургии, Меди-

цинский институт, Российский университет дружбы народов им. Патриса Лумумбы (Москва, Россия). <https://orcid.org/0000-0002-1061-0449>

**Дечев Гумер Русланович**, аспирант кафедры госпитальной хирургии с курсом детской хирургии, Медицинский институт, Российский университет дружбы народов им. Патриса Лумумбы (Москва, Россия). <https://orcid.org/0009-0004-7668-2033>

**Максимкин Даниил Александрович**, к. м. н., доцент кафедры госпитальной хирургии с курсом детской хирургии, Медицинский институт, Российский университет дружбы народов им. Патриса Лумумбы (Москва, Россия). <https://orcid.org/000000023593436X>

### Конфликт интересов

*Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.*

### Author credentials

**Svetlana K. Loginova**, Postgraduate Student, Research Assistant, Department of Hospital Surgery with the Pediatric Surgery Course, Institute of Medicine, Patrice Lumumba Peoples' Friendship University of Russia (Moscow, Russian Federation). <https://orcid.org/0009-0000-3808-683X>

**Shoista Sh. Fatulloeva**, Postgraduate Student, Department of Hospital Surgery with the Pediatric Surgery Course, Institute of Medicine, Patrice Lumumba Peoples' Friendship University of Russia (Moscow, Russian Federation). <https://orcid.org/0000-0002-1061-0449>

**Gumer R. Dechev**, Postgraduate Student, Department of Hospital Surgery with the Pediatric Surgery Course, Institute of Medicine, Patrice Lumumba Peoples' Friendship University of Russia (Moscow, Russian Federation). <https://orcid.org/0009-0004-7668-2033>

**Daniil A. Maximkin**, Cand. Sci. (Med.), Associate Professor at the Department of Hospital Surgery with the Pediatric Surgery Course, Institute of Medicine, Patrice Lumumba Peoples' Friendship University of Russia (Moscow, Russian Federation). <https://orcid.org/0000-0002-3593-436X>

**Conflict of interest:** none declared.