

Функциональная оценка коронарного кровотока как современный метод оптимизации результатов чрескожных коронарных вмешательств у пациентов с ишемической болезнью сердца

Д. В. Фетцер, Р. С. Поляков, С. Т. Мацкеплишвили, Е. П. Павликова,
Л. И. Дячук, М. А. Труханова

Медицинский научно-образовательный центр ФГБОУ ВО «Московский государственный университет имени М. В. Ломоносова», Москва

РЕЗЮМЕ

Коронарография по-прежнему остается «золотым стандартом» в оценке тяжести стенотических поражений коронарного русла в катетерной лаборатории. Однако часто тяжело идентифицировать гемодинамическую значимость того или иного стеноза коронарной артерии, что особенно трудно бывает сделать в случае пограничных поражений со степенью стенозирования коронарной артерии по данным ангиографии в 40–70%. Важно отметить, что результаты выполненного чрескожного коронарного вмешательства (ЧКВ) по-прежнему в значительной степени оцениваются только на основании контрольных ангиографических данных. Это стало возможным благодаря тому, что наибольшая разница между ангиографией и фракционным резервом кровотока (ФРК) имеется в диапазоне промежуточных значений, и в целом имеется гораздо меньше вариаций между ангиографией и ФРК при выраженных и незначительных стенозах. Однако результаты исследований, в которых оценивался ФРК после ЧКВ, продемонстрировали широкий разброс значений ФРК после удовлетворительных результатов стентирования, по данным ангиографии. Это дополнительно подтверждает тезис, что лишь одна ангиография ограничена в определении ишемических границ после ЧКВ, а уровень значений ФРК после ЧКВ имеет прямую связь с результатами в отдаленном периоде. Проведение чрескожных коронарных вмешательств под контролем ФРК позволяет оператору улучшить результаты эндоваскулярного лечения коронарных поражений у пациентов с ишемической болезнью сердца. Использование ФРК в катетерной лаборатории способствует повышению клинико-экономической эффективности процедур, что достигается за счет того, что определение ФРК перед ЧКВ позволяет значительно снизить количество имплантируемых во время ЧКВ стентов, а также отказаться от лишних этапов ЧКВ при лечении пациентов с поражениями ствола ЛКА. Кроме того, ФРК позволяет своевременно оптимизировать результаты субоптимальных ЧКВ, а также снизить частоту выраженных сердечных осложнений и события в отдаленном периоде.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: фракционный резерв кровотока, ФРК, ишемия миокарда, чрескожные коронарные вмешательства, ишемическая болезнь сердца, стентирование, выраженные сердечные осложнения и события.

КОНФЛИКТ ИНТЕРЕСОВ. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Functional assessment of coronary blood flow as contemporary method for optimizing results of percutaneous coronary interventions in patients with ischemic heart disease

D. V. Fettser, R. S. Polyakov, S. T. Matskeplishvili, E. P. Pavlikova,
L. A. Dyachuk, M. A. Trukhanova

Medical Scientific and Educational Centre at Moscow State University n.a. M. V. Lomonosov, Moscow, Russia

SUMMARY

Coronary angiography is still the 'gold standard' in assessing the severity of stenotic lesions of the coronary arteries in the catheter laboratory. However, it is often difficult to identify the hemodynamic significance of one or another coronary artery stenosis, which is especially difficult in the case of borderline lesions with a coronary artery stenosis of 40–70% according to angiography. It is important to note that the results of performed PCI are still largely assessed only on the basis of control angiographic data. This is due to the fact that the largest difference between angiography and FFR is in the intermediate range, and in general there is much less variation between angiography and fractional blood flow reserve (FFR) in the severe and mild lesions. However, the results of studies evaluating FFR after PCI showed a wide range of FFR values after satisfactory results of stenting according to angiography data. This additionally confirms the thesis that only one angiography is limited in determining the ischemic boundaries after PCI, and the level of FFR values after PCI is directly related to the results in the long-term period. Percutaneous coronary interventions under the control of FFR allows the operator to improve the results of endovascular treatment of coronary lesions in patients with coronary heart disease. The use of FFR in a catheter laboratory contributes to an increase in the clinical and economic efficiency of procedures, which is achieved due to the fact that the determination of FFR before PCI can significantly reduce the number of stents implanted during PCI, as well as to avoid unnecessary PCI stages in the treatment of patients with lesions of the LMCA. In addition, FFR allows to timely optimize the results of suboptimal PCI, as well as to reduce the frequency of main adverse cardiovascular events in the long-term period.

KEY WORDS: fractional blood flow reserve, PRK, myocardial ischemia, percutaneous coronary interventions, ischemic heart disease, stenting, severe cardiac complications and events.

CONFLICT OF INTEREST. The authors declare no conflict of interest.

Введение

Существующие данные относительно целесообразности коронарной реваскуляризации поддерживают стратегию, основанную на доказанной ишемии [1–7]. Несмотря на то что неинвазивные стресс-тесты полезны

для выявления ишемии миокарда, они могут неточно идентифицировать региональную ишемию миокарда при многососудистом поражении коронарного русла [8]. Ангиография остается краеугольным камнем для оценки

тяжести поражения в катетерной лаборатории. Однако часто это может привести к переоценке или недооценке тяжести поражения, особенно это актуально для пограничных поражений со степенью стенозирования, по данным ангиографии, в 40–70 % [9, 10, 11, 12]. Это может быть связано с такими ангиографическими ограничениями, как выбранный ракурс проекции, наличие бифуркационных поражений с особенностями контрастирования или характеристиками поражения, а также зависеть от кальцинирования сосуда, его извитости или эксцентричности поражения, например.

Оценка фракционного резерва кровотока (ФРК), по сравнению с ангиографией, крайне выгодна для определения поражений, нуждающихся в реваскуляризации, у пациентов с многососудистым поражением, что серьезно снижает частоту выраженных сердечных осложнений и события [13, 14, 15]. Кроме того, в настоящее время ФРК является стандартом для оценки пограничных стенозов при стабильной ишемической болезни сердца [16, 17, 18, 19]. Ранее проведенное коронарное шунтирование также добавляет сложности в функциональной оценке стенозов во время ангиографии, и в этом случае подчеркивается ведущая роль ФРК при реваскуляризации пациентов с коронарным шунтированием в анамнезе [20, 21, 22]. Таким образом, доступность ФРК в катетерной лаборатории является правильным шагом на пути к реализации стратегии реваскуляризации, основанной на ишемии [23, 24, 25].

В рандомизированном исследовании DEFER пациенты с пограничными стенозами без явных доказательств ишемии миокарда были рандомизированы в две группы: группу отсрочки от ЧКВ и группу проведения ЧКВ [26]. При оценке отдаленных результатов было установлено, что выживаемость пациентов без значимых событий не отличалась между двумя группами. Тем не менее это исследование проводилось в эру стандартных металлических стентов, и оценка результатов применения ФРК и имплантации стентов, выделяющих лекарство (СВЛ) в пограничные поражения, представляется интересной. Таким исследованием, результаты которого были опубликованы в журнале *Circulation*, и в котором оценивались пятилетние клинические исходы проведения ЧКВ под контролем ФРК у пациентов с пограничными стенозами коронарных артерий, стало рандомизированное контролируемое исследование DEFER-DES [27].

В исследовании DEFER-DES было включено 229 пациентов, которых рандомизировали в две группы: в группе 1 ЧКВ проводился под контролем ФРК у 114 пациентов, а в группе 2 рутинно имплантировались СВЛ 115 пациентам. В группе ФРК стратегия зависела от показателя ФРК: при ФРК < 0,75 выполнялось ЧКВ с имплантацией СВЛ, если же ФРК ≥ 0,75, то ЧКВ не проводилось. В группе рутинного ЧКВ все вмешательства выполнялись без измерения ФРК. Всего в исследование планировалось включить 325 пациентов и наблюдать за ними в течение 2 лет, но из-за опасений по поводу поздних тромбозов стентов, набор пациентов в исследование был прекращен досрочно, а сроки наблюдения

за пациентами расширили до 5 лет. Первичной конечной точкой исследования была выбрана частота выраженных сердечных осложнений и событий (ВСОС). ВСОС включали в себя сердечную смерть, инфаркт миокарда или реваскуляризацию целевого поражения. В исследовании все смерти считались сердечными, если не было доказано обратное. Возраст пациентов не отличался между обеими группами и составил 62 года ± 10 лет. По таким сопутствующим заболеваниям, как сахарный диабет, артериальная гипертензия, дислипидемия, а также ОИМ и ЧКВ в анамнезе, достоверной разницы между группами не было. Как не было достоверной разницы между группами по однососудистым, двухсосудистым и трехсосудистым поражениям коронарного русла. Локализация поражений по артериям также достоверно не различалась между группами. В группе 1 всем пациентам успешно было измерено ФРК, осложнений при этом не наблюдалось. Стенты были имплантированы в неизученные сосуды 24 и 44 пациентам в группах под контролем ФРК и рутинного ЧКВ соответственно. Через 2 года наблюдений частота ВСОС составила $7,9 \pm 2,5$ % в группе ФРК и $8,8 \pm 2,7$ % в группе рутинного ЧКВ ($p = 0,80$). Наблюдение через 5 лет показало, что в группе ФРК частота ВСОС равнялась $11,6 \pm 3,0$ %, а в группе рутинного ЧКВ – $14,2 \pm 3,3$ % при $p = 0,55$. Не было выявлено никакой разницы по частоте ВСОС между группами за пятилетнее наблюдение (OR = 1,25; 95 % ДИ: 0,60–2,60). Также не наблюдалось разницы по частоте смертности, ОИМ, реваскуляризации целевого поражения или повторной реваскуляризации между этими группами.

В исследовании DEFER-DES оценивались отдаленные клинические результаты реваскуляризации под контролем ФРК с использованием стентов, выделяющих лекарство, у пациентов с пограничными стенозами при отсутствии объективных проявлений ишемии миокарда. Авторы этого исследования пришли к выводу, что отдаленные клинические исходы при имплантации СВЛ по результатам ФРК и при рутинной имплантации СВЛ у пациентов с пограничными стенозами сопоставимы, но оценка ФРК обеспечивает индивидуальный подход в каждом случае и позволяет значительно снизить количество имплантированных стентов.

Измерение фракционного резерва кровотока полезно не только при принятии решения о целесообразности реваскуляризации того или иного поражения, но и при определении дальнейшей тактики проведения процедуры при бифуркационных стентированиях. Расхождение между степенью стеноза при ангиографии и функциональной значимостью зажатой стентом боковой ветвью при нестволовых бифуркациях неоднократно подвергалось анализу [28]. Оценка фракционного резерва кровотока в «зажатой» ветви позволяет значительно снизить количество «ненужных» вмешательств на боковых ветвях при нестволовых поражениях коронарных артерий [29, 30]. В то же время стратегия, основанная на оценке фракционного резерва кровотока, не привела к улучшению клинических результатов в этих

исследованиях, что может быть связано с небольшим объемом миокарда, который кровоснабжали боковые ветви. Однако исходы после стентирования ствола левой коронарной артерии и «зажатой» огибающей артерией (ОА) подробно не изучались. Исследователи из Южной Кореи под руководством доктора Cheol Hyun Lee изучили отдаленные пятилетние результаты после проведенного стентирования ствола левой коронарной артерии и оценке ФРК в огибающей артерии, «зажатой» стентом [31]. В исследование включили 88 пациентов, которым выполнялось стентирование ствола ЛКА с переходом на переднюю межжелудочковую артерию (ПМЖА). Из исследования было исключено пять пациентов, у которых были дополнительно проведены чрескожные вмешательства несмотря на то, что показатель ФРК был больше 0,80. Средний возраст пациентов в исследовании составил 63,8 года. В основном пациенты были мужского пола (68%). Гипертоническая болезнь и сахарный диабет были у 49 и 33 % пациентов соответственно. В анамнезе ОИМ и ЧКВ переносили соответственно 3 и 13 %. При этом стабильная стенокардия была в 46 % случаев, а острый коронарный синдром – у 37 % пациентов. Многососудистые поражения были выявлены в 45 % случаев. Все пациенты были разделены на две группы: пациенты с высоким значением ФРК после стентирования и пациенты с низким ($\leq 0,80$) значением ФРК, при этом статистически достоверной разницы между исходными клиническими характеристиками между группами не было. Диаметр стента был меньше в группе с низким значением ФРК ($3,3 \pm 0,2$ против $3,6 \pm 0,3$ мм соответственно; $p = 0,004$). Не было выявлено никакой разницы по проценту стеноза в «зажатой» ОА между группами с высоким и низким значением ФРК ($40,1 \pm 12,2$ против $43,4 \pm 11,5$ %; $p = 0,660$). Средняя продолжительность наблюдения за пациентами составила 5,4 года (от 4,0 до 6,6 года). В группе с низким показателем ФРК 14 пациентов (средний процент стеноза – 43,3, а средний показатель ФРК – $0,74 \pm 0,06$) не подверглись дополнительному вмешательству на ОА ввиду ангиографической незначимости стеноза ОА (5 пациентов), ПКА (5 пациентов), ФРК в «серой зоне» в ОА (2 пациента), без определенного повышения фокусного давления (2 пациента). В группе с низким ФРК отмечалась высокая частота отказа целевого поражения через 5 лет по сравнению с группой с высоким значением ФРК (33,4 против 10,7 %; ОР = 4,9; 95 % ДИ: 1,15–14,52; $p = 0,029$). В то же время не было выявлено никаких статистически достоверных различий в клинических исходах по ангиографическому проценту стеноза (ангиографический процент стеноза ≥ 50 % против < 50 %, 28,2 против 9,0 %; ОР = 2,67; 95 % ДИ: 0,77–9,22; $p = 0,120$). К концу пятилетнего наблюдения реваскуляризация целевого поражения (РЦП) проводилась 9 пациентам, у 3 пациентов было по два участка рестеноза, по данным ангиографии, а всего было выявлено 12 участков рестеноза. Пятилетний показатель РЦП, связанный с устьем ОА, был значительно выше в группе с низким ФРК (23,8 против 5,1 %; $p = 0,006$).

В группе же с высоким ФРК только два случая повторной реваскуляризации были связаны с «зажатым» устьем ОА.

Итак, на основании полученных данных, авторы исследования сделали следующие выводы: существует несоответствие между процентом стеноза и значением ФРК в «зажатой» ОА после стентирования ствола ЛКА с переходом на ПМЖА; под контролем ФРК неоткрытая ячейка стента в ОА после стентирования ствола ЛКА с переходом на ПМЖА имеет приемлемые долгосрочные результаты; а оценка ФРК в «зажатой» стентом ОА позволяет сократить ненужные дополнительные вмешательства и одновременно выявить пациентов с повышенным риском клинических событий в отдаленном периоде.

При всем при том, что ангиография имеет ограничения в способности оценивать функциональную тяжесть коронарного поражения, результаты ЧКВ по-прежнему в значительной степени оцениваются только на основании ангиографических данных. Такой подход сформировался на основании данных, которые продемонстрировали, что наибольшая разница между ангиографией и ФРК имеется в диапазоне промежуточных значений и в целом имеется гораздо меньше вариаций между ангиографией и ФРК при выраженных и незначительных стенозах [32]. Из этого можно сделать вывод, что оценку результатов ЧКВ только при помощи ангиографии можно считать экстраполяцией существующих данных по ФРК до ЧКВ. Если провести анализ исследований, в которых оценивался ФРК после ЧКВ, то мы видим широкий разброс значений ФРК после удовлетворительных результатов стентирования, по данным ангиографии. Это подтверждает тезис, что лишь одна ангиография ограничена в определении ишемических границ после ЧКВ, а уровень значений ФРК после ЧКВ имеет прямую связь с результатами в отдаленном периоде [33, 34, 35].

Доктор Shiv K. Agarwal с соавт. провели исследование, в котором с помощью ФРК оценивали результаты ЧКВ, а также оценивали влияние ФРК на результаты ЧКВ в отдаленном периоде [36]. В это исследование последовательно было включено 574 пациента, которым проводилось измерение ФРК до и после ЧКВ. Продолжительность наблюдения за пациентами составила 31 ± 16 месяцев. Первичной конечной точкой исследования были ВСОС, которые включали в себя смерть, ОИМ или целевую реваскуляризацию сосуда. До ЧКВ процент стеноза по диаметру составил 73 ± 15 %, значение ФРК было $0,65 \pm 0,14$. Всего 96 % поражений имели значение ФРК $\leq 0,80$, а проведение ЧКВ снизило процент стеноза по диаметру с 73 ± 15 % до 1 ± 5 % ($p = 0,00001$). После ЧКВ показатель ФРК значительно улучшался: с $0,65 \pm 0,14$ до $0,87 \pm 0,08$ ($p < 0,00010$). Однако, несмотря на удовлетворительные ангиографические результаты в 143 случаях (21 %), значение ФРК было $\leq 0,81$. После дополнительного вмешательства значение ФРК у этих пациентов увеличилось с $0,78 \pm 0,08$ до $0,87 \pm 0,06$ ($p < 0,0001$). В 58 (42 %) случаях потребовалась дополнительная постдилатация в ранее имплантированном стенте, еще 45 (33 %)

пациентам был имплантирован дополнительный стент, а в 24 (18 %) случаях потребовалась как дополнительная имплантация стента, так и постдилатация в стенте. Дополнительная постдилатация в стенте выполнялась баллонным катетером большего диаметра (разница между средним баллонным катетером и диаметром стента была +0,25 мм) и более высоким давлением и продолжительность раздувания (в среднем 19 атм. и 23 с). Окончательное значение ФРК $\leq 0,86$ имело наилучшую прогностическую точность для развития ВСОС, а $\leq 0,85$ – для целевой реваскуляризации сосуда. Пациенты, у которых финальный показатель ФРК был выше 0,86, имели значительно меньший процент ВСОС по сравнению с теми, у кого финальное значение ФРК было $\leq 0,86$ (17 против 23 % соответственно; $p = 0,02$). Окончательное значение ФРК $\leq 0,86$ имело дополнительную прогностическую ценность выше клинических и ангиографических данных для прогнозирования ВСОС.

Итак, выполнение ФРК после ЧКВ позволило авторам исследования установить, что проведение ФРК после ЧКВ является сильным независимым предиктором отдаленных результатов, а также реклассифицировать ангиографически удовлетворительные результаты ЧКВ в 20 % случаев, что потребовало дополнительного вмешательства на коронарном русле и позволило добиться полной функциональной оптимизации результатов ЧКВ.

Обсуждение

На протяжении ряда последних лет болезни системы кровообращения составляют одну пятую всей заболеваемости взрослого населения России. При этом смертность от ИБС, например, в 2015 году составила 53,2 % всей смертности по причине болезней системы кровообращения. В связи с этим первоочередной задачей в кардиологии является разработка оптимального подхода к лечению больных с этой патологией. Это касается как медикаментозной терапии, так реваскуляризации миокарда. Из года в год в России увеличивается количество ежегодно проводимых чрескожных коронарных вмешательств как у плановых, так и у экстренных пациентов. Например, в 2015 году в России было выполнено 169905 чрескожных коронарных вмешательств из 201225 реваскуляризаций по поводу ИБС. К 2019-му этот показатель значительно увеличился и составил уже 254368 ЧКВ за год [37].

Таким образом, в России, как и в других странах мира, чрескожные коронарные вмешательства являются доминирующим методом реваскуляризации у больных с ИБС. Однако прежде чем проводить реваскуляризацию миокарда, оператору необходимо точно определить те поражения коронарных артерий, которые в этом действительно «нуждаются» [38, 39].

Коронарная ангиография по-прежнему играет ключевую роль в визуализации поражений коронарных артерий. Тем не менее она ограничена в своей способности определять функциональную значимость коронарного стеноза [40]. Важно подчеркнуть, что при стенозе коронарной артерии наиболее важным фактором, связанным

с исходом, является наличие и степень индуцируемой им ишемии. Интракоронарное измерение ФРК было внедрено в клиническую практику и оказалось надежным методом выявления функционально значимого стеноза [41, 42]. Неопровержимое доказательство эффективности определения ФРК перед ЧКВ у больных с многососудистым поражением коронарного русла, по сравнению со стандартной ангиографией, было представлено в крупном рандомизированном многоцентровом исследовании FAME и ряде других исследований [43]. Коронарная физиология в настоящее время развивается для поддержки новых ролей в катетерной лаборатории, и следует поощрять ее использование для оптимизации физиологических результатов ЧКВ [44]. Стоит отметить и важную роль ФРК в снижении количества имплантированных стентов. Определение же ФРК после стентирования бифуркационных поражений ствола ЛКА позволяет отказаться от ненужных дополнительных вмешательств и уменьшить количество имплантированных стентов, а также выявлять пациентов, у которых в отдаленном периоде будет повышенный риск развития клинических событий.

Помимо этого, проведение ФРК после ЧКВ позволяет выявлять пациентов с субоптимальными результатами ЧКВ и своевременно оптимизировать эти результаты, что значительно улучшает отдаленный прогноз у пациентов.

Заключение

Определение ФРК перед ЧКВ позволяет значительно снизить количество имплантируемых во время ЧКВ стентов, отказаться от лишних этапов ЧКВ при лечении пациентов с поражениями ствола ЛКА, своевременно оптимизировать результаты субоптимальных ЧКВ, а также снизить частоту выраженных сердечных осложнений и события в отдаленном периоде. Таким образом, проведение ЧКВ под контролем ФРК позволяет улучшить результаты эндоваскулярного лечения коронарных поражений и способствует повышению клинико-экономической эффективности лечения больных с ИБС.

Список литературы / References

1. Kim H.S., Tonino P.A., De Bruyne B., et al. The impact of sex differences on fractional flow reserve-guided percutaneous coronary intervention: a FAME (Fractional Flow Reserve Versus Angiography for Multivessel Evaluation) sub-study. *JACC Cardiovasc Interv* 2012; 5: 1037–42.
2. Fearon W.F., Yong A.S., Lenders G., et al. The impact of downstream coronary stenosis on fractional flow reserve assessment of intermediate left main coronary artery disease: human validation. *JACC Cardiovasc Interv* 2015; 8: 398–403.
3. Toth G., De Bruyne B., Casselman F., et al. Fractional flow reserve-guided versus angiography-guided coronary artery bypass graft surgery. *Circulation* 2013; 128: 1405–11.
4. Melikian N., De Bondt P., Tonino P., et al. Fractional flow reserve and myocardial perfusion imaging in patients with angiographic multivessel coronary artery disease. *JACC Cardiovasc Interv* 2010; 3: 307–14.
5. Mehta S.M., Depta J.P., Novak E., et al. Association of lower fractional flow reserve values with higher risk of adverse cardiac events for lesions deferred revascularization among patients with acute coronary syndrome. *J Am Heart Assoc* 2015; 4 (8): e002172.
6. Lotfi A., Jeremias A., Fearon W.F., et al. Expert consensus statement on the use of fractional flow reserve, intravascular ultrasound, and optical coherence tomography: a consensus statement of the Society of Cardiovascular Angiography and Interventions. *Cathet Cardiovasc Interv* 2014; 83: 509–518.

7. Li J., Rihal C.S., Matsuo Y., et al. Sex-related differences in fractional flow reserve-guided treatment. *Circ Cardiovasc Interv* 2013; 6: 662–70.
8. Jeremias A., Stone G.W. Fractional flow reserve for the evaluation of coronary stenosis: limitations and alternatives. *Cath Cardiovasc Interv* 2015; 85: 602–603.
9. Park S.H., Koo B.K. Clinical applications of fractional flow reserve in bifurcation lesions. *J Geriatr Cardiol* 2012; 9: 278–284.
10. Chamuleau S.A., Meuwissen M., Koch K.T., et al. Usefulness of fractional flow reserve for risk stratification of patients with multivessel coronary artery disease and an intermediate stenosis. *Am J Cardiol* 2002; 89: 377–380.
11. Puymirat E., Peace A., Mangiacapra F., et al. Long-term clinical outcome after fractional flow reserve-guided percutaneous coronary revascularization in patients with small-vessel disease. *Circ Cardiovasc Interv* 2012; 5: 62–8.
12. Meuwissen M., Chamuleau S.A., Siebes M., et al. Role of variability in microvascular resistance on fractional flow reserve and coronary blood flow velocity reserve in intermediate coronary lesions. *Circulation* 2001; 103: 184–7.
13. Li J., Elrashidi M.Y., Flammer A.J., et al. Long-term outcomes of fractional flow reserve-guided vs. angiography-guided percutaneous coronary intervention in contemporary practice. *Eur Heart J* 2013; 34: 1375–83.
14. Fineschi M., Guerrieri G., Orphal D., et al. The impact of gender on fractional flow reserve measurements. *EuroIntervention* 2013; 9: 360–6.
15. Hamilos M., Muller O., Cuisset T., et al. Long-term clinical outcome after fractional flow reserve-guided treatment in patients with angiographically equivocal left main coronary artery stenosis. *Circulation* 2009; 120: 1505–12.
16. Chamuleau S.A., Meuwissen M., Van Eck-Smit B.L., et al. Fractional flow reserve, absolute and relative coronary blood flow velocity reserve in relations to the results of Tc-99m-sestamibi SPECT in patients with two-vessel coronary artery disease. *J Am Coll Cardiol* 2001; 37: 1316–1322.
17. Petraco R., Sen S., Nijjer S., et al. Fractional flow reserve-guided revascularization: practical implications of a diagnostic gray zone and measurement variability on clinical decisions. *JACC Cardiovasc Interv* 2013; 6: 222–5.
18. Kruger S., Hoffmann R., Koch K.C., et al. Use of fractional flow reserve versus stress perfusion scintigraphy in stent-restenosis [abstract]. *Eur Heart J* 2004; 25 (suppl): 428.
19. Leesar M.A., Abdul-Baki T., Akkus N.I., et al. Use of fractional flow reserve versus stress perfusion scintigraphy after unstable angina: effect on duration of hospitalization, cost, procedural characteristics, and clinical outcome. *J Am Coll Cardiol* 2003; 41: 1115–1121.
20. Di Serafino L., De Bruyne B., Mangiacapra F., et al. Long-term clinical outcome after fractional flow reserve – versus angio-guided percutaneous coronary intervention in patients with intermediate stenosis of coronary artery bypass grafts. *Am Heart J* 2013; 166: 110–8.
21. Pijls N.H., van Schaardenburgh P., Manoharan G., et al. Percutaneous coronary intervention of functionally nonsignificant stenosis: 5-year follow-up of the DEFER Study. *J Am Coll Cardiol* 2007; 49: 2105–11.
22. Kakouros N., Rade J.J. Role of fractional-flow reserve in guiding percutaneous revascularization in stable coronary artery disease. *Curr Atheroscler Rep* 2015; 17: 530.
23. Tonino P.A.L., De Bruyne B., Pijls N.H.J., et al. Fractional flow reserve versus angiography for guiding percutaneous coronary intervention. *N Engl J Med* 2009; 360: 213–24.
24. Muller O., Mangiacapra F., Ntalianis A., et al. Long-term follow-up after fractional flow reserve-guided treatment strategy in patients with an isolated proximal left anterior descending coronary artery stenosis. *JACC Cardiovasc Interv* 2011; 4: 1175–82.
25. Park S.J., Ahn J.M., Park G.M., et al. Trends in the outcomes of percutaneous coronary intervention with the routine incorporation of fractional flow reserve in real practice. *Eur Heart J* 2013; 34: 3353–61.
26. Zimmermann F.M., Ferrara A., Johnson NP, et al. Deferral vs. performance of percutaneous coronary intervention of functionally non-significant coronary stenosis: 15-year follow-up of the DEFER trial. *Eur Heart J* 2015; 36: 3182–8.
27. Park S.H., Jeon K.H., Lee J.M., et al. Long-term clinical outcomes of fractional flow reserve-guided versus routine drug-eluting stent implantation in patients with intermediate coronary stenosis: five-year clinical outcomes of DEFER-DES Trial. *Circ Cardiovasc Interv* 2015; 8: e002442.
28. Ahn J.M., Lee J.Y., Kang S.J., et al. Functional assessment of jailed side branches in coronary bifurcation lesions using fractional flow reserve. *J Am Coll Cardiol Interv* 2012; 5: 155–61.
29. Niemela M., Kervinen K., Erglis A., et al. Randomized comparison of final kissing balloon dilatation versus no final kissing balloon dilatation in patients with coronary bifurcation lesions treated with main vessel stenting: the Nordic-Baltic Bifurcation Study III. *Circulation* 2011; 123: 79–86.
30. Gwon H.C., Choi S.H., Song Y.B., et al. Long-term clinical results and predictors of adverse outcomes after drug-eluting stent implantation for bifurcation lesions in a real-world practice: the COBIS (Coronary Bifurcation Stenting) registry. *Circ J* 2010; 74: 2322–8.
31. Lee C.H., Choi S.W., Hwang J., et al. 5-Year Outcomes According to FFR of Left Circumflex Coronary Artery After Left Main Crossover Stenting. *JACC: Cardiovasc Interv* 2019; 12 (9): 847–855.
32. Tonino P.A., Fearon W.F., De Bruyne B., et al. Angiographic versus functional severity of coronary artery stenoses in the FAME study fractional flow reserve versus angiography in multivessel evaluation. *J Am Coll Cardiol* 2010; 55: 2816–21.
33. Johnson N.P., Toth G.G., Lai D., et al. Prognostic value of fractional flow reserve: linking physiologic severity to clinical outcomes. *J Am Coll Cardiol* 2014; 64: 1641–54.
34. Matsuo A., Fujita H., Tanigaki T., et al. Clinical implications of coronary pressure measurement after stent implantation. *Cardiovasc Interv Ther* 2013; 28: 170–7.
35. Nam C.W., Hur S.H., Cho Y.K., et al. Relation of fractional flow reserve after drug-eluting stent implantation to one-year outcomes. *Am J Cardiol* 2011; 107: 1763–7.
36. Agarwal S.K., Kasula S., Hacioglu Y., et al. Utilizing post-intervention fractional flow reserve to optimize acute results and the relationship to long-term outcomes. *JACC Cardiovasc Interv* 2016; 9 (10): 1022–1031.
37. Алекаян Б.Г., Григорьян А.М., Стаферов А.В., Карапетян Н.Г. Рентгенэндоваскулярная диагностика и лечение заболеваний сердца и сосудов в Российской Федерации – 2019 год. *Эндоваскулярная хирургия 2020; 7 (2): 1–230.*
38. Alekyan B.G., Grigoryan A.M., Staferov A.V., Karapetyan N.G. X-ray endovascular diagnostics and treatment of diseases of the heart and blood vessels in the Russian Federation – 2019. *Endovascular Surgery* 2020; 7 (2): 1–230.
39. De Bruyne B., Pijls N.H.J., Kalesan B., et al. Fractional flow reserve-guided PCI versus medical therapy in stable coronary disease. *N Engl J Med* 2012; 367: 991–1001.
40. Bech G.J., De Bruyne B., Pijls N.H., et al. Fractional flow reserve to determine the appropriateness of angioplasty in moderate coronary stenosis: a randomized trial. *Circulation* 2001; 103: 2928–2934.
41. Mallidi J., Atreya A.R., Cook J., et al. Long-term outcomes following fractional flow reserve-guided treatment of angiographically ambiguous left main coronary artery disease: a meta-analysis of prospective cohort studies. *Cathet Cardiovasc Interv* 2015; 86: 12–18.
42. Koo B.K. Fractional flow reserve for coronary bifurcation lesions: can fractional flow reserve-guided side branch intervention strategy improve clinical outcomes compared with angiography-guided strategy? *JACC Cardiovasc Interv* 2015; 8: 547–549.
43. Johnson N.P., Toth G.G., Lai D., et al. Prognostic value of fractional flow reserve: linking physiologic severity to clinical outcomes. *J Am Coll Cardiol* 2014; 64: 1641–1654.
44. Heyndrickx G.R., Toth G.G. The FAME Trials: Impact on Clinical Decision Making. *Interv Cardiol* 2016 Oct; 11 (2): 116–119.
45. Al-Lamee R.K., Rajkumar C.A., Sanesanathan S., Jeremias A. Optimising physiological endpoints of percutaneous coronary intervention. *EuroIntervention* 2021; 16: e1470–e1483.

Статья поступила / Received 20.04.2021

Получена после рецензирования / Revised 17.05.2021

Принята к публикации / Accepted 20.05.2021

Сведения об авторах

Фетцер Д.В., к.м.н., врач по рентгенэндоваскулярным методам диагностики и лечения. E-mail: fettser@gmail.com. ORCID: 0000-0002-4143-8899

Поляков Р.С., д.м.н., зав. отделением рентгенэндоваскулярных методов диагностики и лечения. ORCID: 0000-0002-9323-4003

Мацкеплишвили С.Т., д.м.н., проф., член-корр. РАН, зам. директора по научной работе, кардиолог. ORCID: 0000-0002-5670-167X

Павликова Е.П., д.м.н., проф., зам. директора по клинической работе, кардиолог. ORCID: 0000-0001-7693-5281

Дячук Л.И., к.м.н., кардиолог, зав. отделением кардиологии. IRID: 262606324

Труханова М.А., к.м.н., врач-анестезиолог. ORCID: 0000-0001-9402-246X

Медицинский научно-образовательный центр ФГБОУ ВО «Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова», Москва

Автор для переписки: Д.В. Фетцер. E-mail: fettser@gmail.com

Для цитирования: Фетцер Д.В., Поляков Р.С., Мацкеплишвили С.Т., Павликова Е.П., Дячук Л.И., Труханова М.А. Функциональная оценка коронарного кровотока как современный метод оптимизации результатов чрескожных коронарных вмешательств у пациентов с ишемической болезнью сердца. *Медицинский алфавит*. 2021; (17): 32–36. <https://doi.org/10.33667/2078-5631-2021-17-32-36>

About authors

Fettser D.V., PhD Med, MD for X-ray endovascular methods of diagnosis and treatment. E-mail: fettser@gmail.com. ORCID: 0000-0002-4143-8899

Polyakov R.S., DM Sci, head of Dept of X-ray Endovascular Diagnostic and Treatment Methods. ORCID: 0000-0002-9323-4003

Matskeplishvili S.T., DM Sci, prof., corr. member of RAS, deputy scientific director, cardiologist. ORCID: 0000-0002-5670-167X

Pavlikova E.P., DM Sci, prof., deputy clinical director, cardiologist. ORCID: 0000-0001-7693-5281

Dyachuk L.I., PhD Med, cardiologist, head of Dept of Cardiology. IRID: 262606324

Trukhanova M.A., PhD Med, anesthesiologist. ORCID: 0000-0001-9402-246X

Medical Scientific and Educational Centre at Moscow State University n.a. M. V. Lomonosov, Moscow, Russia

Corresponding author: D. V. Fettser. E-mail: fettser@gmail.com

For citation: Fettser D.V., Polyakov R.S., Matskeplishvili S.T., Pavlikova E.P., Dyachuk L.I., Trukhanova M.A. 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): 32–36. <https://doi.org/10.33667/2078-5631-2021-17-32-36>

