

## Непосредственные и отдаленные результаты эндоваскулярного лечения больных ишемической болезнью сердца с диффузными и многоуровневыми поражениями коронарных артерий под контролем моментального резерва кровотока

Бубнов Д. С., Атанесян Р. В., Андросов Н. А., Агеев Ф. Т., Матчин Ю. Г.

ФГБУ "Национальный медицинский исследовательский центр кардиологии им. акад. Е. И. Чазова" Минздрава России. Москва, Россия

**Цель.** Сравнить непосредственные и отдаленные результаты чрескожного коронарного вмешательства (ЧКВ) под контролем ангиокорегистрации моментального резерва кровотока (МРК) и ЧКВ без МРК у пациентов с хронической ишемической болезнью сердца (ИБС) с диффузными и многоуровневыми поражениями коронарных артерий (КА).

**Материал и методы.** В исследование проспективно включены 100 пациентов, перенесших ЧКВ по поводу стабильной ИБС с диффузным и/или многоуровневым поражением целевой КА, с ретроспективно подобранной сравнительной группой методом псевдорандомизации. Группа исследования — ЧКВ с ангиокорегистацией МРК (n=100), группа сравнения — стандартная ЧКВ без МРК (n=100). Отдаленные результаты оценены у 198 (99,0%) пациентов.

**Результаты.** В группе исследования наблюдалось меньше количество имплантированных стентов ( $1,2 \pm 0,4$  vs  $1,6 \pm 0,5$ ;  $p < 0,001$ ) и длина стентированных сегментов ( $45,4 \pm 14,1$  vs  $58,7 \pm 15,9$  мм;  $p < 0,001$ ). Применение ангиокорегистрации МРК на 32% снизило количество стенозов, подвергнутых ЧКВ. Физиологически диффузный тип поражения ассоциировался с 6-кратным увеличением шансов недостижения МРК  $\geq 0,9$  относительно локального типа (OR — odds ratio (отношение шансов) 6,11; 95% доверительный интервал: 1,44-25,92). Группы характеризовались сопоставимым риском достижения комбинированной конечной точки в течение 12 мес. (HR — hazard ratio (отношение рисков) 0,51; 95% доверительный интервал: 0,17-1,59;  $p = 0,2460$ ).

**Заключение.** ЧКВ под контролем ангиокорегистрации МРК у больных ИБС с диффузными и многоуровневыми поражениями КА позволяет уменьшить количество и длину имплантированных стентов за счет отказа от стентирования функционально незначимых стенозов, при сопоставимой 12-мес. выживаемостью со стандартным ЧКВ.

**Ключевые слова:** ишемическая болезнь сердца, диффузное поражение, выживаемость, моментальный резерв кровотока.

**Отношения и деятельность:** нет.

Поступила 17/07-2025

Рецензия получена 26/08-2025

Принята к публикации 07/10-2025



**Для цитирования:** Бубнов Д. С., Атанесян Р. В., Андросов Н. А., Агеев Ф. Т., Матчин Ю. Г. Непосредственные и отдаленные результаты эндоваскулярного лечения больных ишемической болезнью сердца с диффузными и многоуровневыми поражениями коронарных артерий под контролем моментального резерва кровотока. *Кардиоваскулярная терапия и профилактика*. 2026;25(2):4509. doi: 10.15829/1728-8800-2026-4509. EDN: DLCAIB

### Immediate and long-term outcomes of instantaneous wave-free ratio-guided endovascular treatment of patients with diffuse and multilevel coronary artery disease

Bubnov D. S., Atanesyan R. V., Androsov N. A., Ageyev F. T., Matchin Yu. G.  
Chazov National Medical Research Center of Cardiology, Moscow, Russia

**Aim.** To compare the immediate and long-term outcomes of percutaneous coronary intervention (PCI) with and without instantaneous wave-free ratio (iFR) monitoring in patients with diffuse and multilevel coronary artery disease (CAD).

**Material and methods.** The study prospectively enrolled 100 patients who underwent PCI for stable CAD with diffuse and/or multilevel involvement of target coronary artery. Comparison group was retrospectively matched using a propensity score matching. The study

\*Автор, ответственный за переписку (Corresponding author):

e-mail: bubnowdima@mail.ru

[Бубнов Д. С.\* — м.н.с. лаборатории рентгенэндоваскулярных методов диагностики и лечения в амбулаторных условиях, ORCID: 0000-0003-1538-2761, Атанесян Р. В. — к.м.н., с.н.с. лаборатории рентгенэндоваскулярных методов диагностики и лечения в амбулаторных условиях, ORCID: 0000-0003-3522-9537, Андросов Н. А. — лаборант-исследователь лаборатории рентгенэндоваскулярных методов диагностики и лечения в амбулаторных условиях, ORCID: 0009-0009-1496-3151, Агеев Ф. Т. — д.м.н., г.н.с. отдела амбулаторных лечебно-диагностических технологий, ORCID: 0000-0003-4369-1393, Матчин Ю. Г. — д.м.н., г.н.с. лаборатории рентгенэндоваскулярных методов диагностики и лечения в амбулаторных условиях, ORCID: 0000-0002-0200-852X].

**Адреса организаций авторов:** ФГБУ "Национальный медицинский исследовательский центр кардиологии им. акад. Е. И. Чазова" Минздрава России, ул. Академика Чазова, д. 15а, Москва, 121552, Россия.  
**Addresses of the authors' institutions:** E. I. Chazov National Medical Research Center of Cardiology, Ac. Chazov str., 15a, Moscow, 121552, Russia.

group had iFR-guided PCI (n=100), while the comparison group — standard PCI without iFR monitoring (n=100). Long-term outcomes were assessed in 198 (99,0%) patients.

**Results.** The study group had a lower number of implanted stents ( $1,2 \pm 0,4$  vs  $1,6 \pm 0,5$ ;  $p < 0,001$ ) and a lower length of stented segments ( $45,4 \pm 14,1$  vs  $58,7 \pm 15,9$  mm;  $p < 0,001$ ). The use of iFR monitoring reduced the number of stenoses treated with PCI by 32%. Diffuse involvement was associated with a 6-fold increase in the odds of failing to achieve an iFR  $\geq 0,9$  compared to local changes (odds ratio (OR) 6,11; 95% CI 1,44-25,92). Both groups had comparable 12-month risk of achieving the composite endpoint (hazard ratio (HR) 0,51; 95% CI 0,17-1,59;  $p = 0,2460$ ).

**Conclusion.** In patients with diffuse and multilevel coronary artery disease (CAD), iFR-guided PCI allows for a reduction in the number and length of implanted stents by eliminating the need for stenting functionally insignificant stenoses, with comparable 12-month survival to standard PCI.

**Keywords:** coronary artery disease, diffuse coronary artery disease, survival, instantaneous wave-free ratio.

**Relationships and Activities:** none.

Bubnov D. S.\* ORCID: 0000-0003-1538-2761, Atanesyan R. V. ORCID: 0000-0003-3522-9537, Androsov N. A. ORCID: 0009-0009-1496-3151, Ageyev F. T. ORCID: 0000-0003-4369-1393, Matchin Yu. G. ORCID: 0000-0002-0200-852X.

\*Corresponding author: bubnowdima@mail.ru

**Received:** 17/07-2025

**Revision Received:** 26/08-2025

**Accepted:** 07/10-2025

**For citation:** Bubnov D. S., Atanesyan R. V., Androsov N. A., Ageyev F. T., Matchin Yu. G. Immediate and long-term outcomes of instantaneous wave-free ratio-guided endovascular treatment of patients with diffuse and multilevel coronary artery disease. *Cardiovascular Therapy and Prevention*. 2026;25(2):4509. doi: 10.15829/1728-8800-2026-4509. EDN: DLCAIB

ДИ — доверительный интервал, ИБС — ишемическая болезнь сердца, ИМ — инфаркт миокарда, КА — коронарная артерия, КАГ — коронарная ангиография, ККТ — комбинированная конечная точка, МРК — моментальный резерв кровотока, ССО — сердечно-сосудистые осложнения, ЧКВ — чрескожное коронарное вмешательство, HR — hazard ratio (отношение рисков), OR — odds ratio (отношение шансов), DEFINE PCI — Physiologic Assessment of Coronary Stenosis Following PCI.

## Введение

По данным Росстата, на ишемическую болезнь сердца (ИБС) приходится больше половины (54,4%) случаев сердечно-сосудистой смерти взрослого населения Российской Федерации<sup>1</sup>. Различные способы реваскуляризации миокарда, в частности чрескожное коронарное вмешательство (ЧКВ), направлены на улучшение прогноза и качества жизни больных ИБС. Цель ЧКВ — улучшить перфузию миокарда путем устранения атеросклеротического поражения, физиологически значимо ограничивающего коронарный кровоток. Для верификации симптом-ответственной артерии, наряду с неинвазивными методиками, используются методы физиологической оценки коронарного кровотока. Крупные рандомизированные исследования продемонстрировали способность коронарной физиологии дополнительно улучшать отдаленные клинические результаты эндоваскулярного лечения у больных стабильной ИБС по сравнению с лечением, основанным только на данных коронарной ангиографии (КАГ) [1, 2]. Согласно действующим клиническим рекомендациям по реваскуляризации миокарда и стабильной ИБС, использование моментального резерва кровотока (МРК; англ.: instantaneous wave-free ratio — iFR) [3] или фракционного резерва кровотока предпочтительно для оценки физиологической значимости стенозов коронарных артерий (КА) при отсутствии данных неинвазивной диагностики транзиторной ишемии миокарда [4-6].

В клинической практике физиологическая оценка в основном применяется для определения показаний к реваскуляризации у пациентов с ангиографически пограничными стенозами [2]. В первую очередь это связано с тем, что в наиболее крупные многоцентровые рандомизированные исследования, посвященные анализу фракционного резерва кровотока и МРК, как правило, включали больных с локальными стенозами, суживающими просвет артерии по диаметру на 40-70% [7, 8]. При этом сложные типы поражения, такие как протяженные и многоуровневые стенозы, бифуркационные поражения, стенозы ствола левой КА, не изучались. Тем не менее, благодаря появлению новых технологий, основанных на использовании искусственного интеллекта, стало возможным расширить классический протокол оценки МРК, особенно при диффузном типе поражения или при наличии нескольких стенозов в различных сегментах одной артерии. Дополнение стандартной оценки МРК методикой обратной (ретроградной) протяжки проводника из дистальной части до устья исследуемой КА (англ.: pullback-iFR) сделало возможным определять физиологический тип поражения и индивидуальный гемодинамический вклад каждого отдельного стеноза/сегмента в общий ишемический (дистальный) индекс [9]. При совмещении данных обратной протяжки МРК с ранее выполненной ангиограммой на рабочей станции SyncVision (ангиокорегистрация МРК) оператор может планировать различные варианты стентирования, тем самым, прогнозируя потенциальное изменение физиологического индекса после ЧКВ [10-12].

Демонстрация клинических преимуществ стратегий, основанных на функциональной коронарной

<sup>1</sup> Россия в цифрах 2020. Краткий статистический сборник. М.: Росстат; 2020. [https://rosstat.gov.ru/storage/mediabank/GOyirKPV/Rus\\_2020.pdf](https://rosstat.gov.ru/storage/mediabank/GOyirKPV/Rus_2020.pdf).

### Ключевые моменты

#### Что известно о предмете исследования?

- Диффузные и многоуровневые атеросклеротические поражения составляют ~25% всех чрескожных коронарных вмешательств (ЧКВ) у больных стабильной ишемической болезнью сердца и являются независимыми предикторами неблагоприятного отдаленного прогноза.
- Планирование реваскуляризации миокарда у этой группы больных может зависеть от определения функциональной значимости каждого отдельного стеноза, что на практике является до конца нерешенной диагностической задачей.
- Относительно новый метод ангиокорегистрации моментального резерва кровотока (МРК) с "виртуальным стентированием" позволяет оценивать функциональную значимость отдельных поражений и прогнозировать потенциальное изменение индекса МРК после ЧКВ, но внедрение данного метода все еще отстает от доказательной базы.

#### Что добавляют результаты исследования?

- Данные работы свидетельствуют об эффективном и безопасном проведении ЧКВ под контролем ангиокорегистрации МРК у больных стабильной ишемической болезнью сердца с многоуровневыми и диффузными поражениями коронарных артерий.
- Применение ангиокорегистрации МРК позволило на 32% уменьшить количество стентированных поражений за счет отказа от ЧКВ на функционально незначимых стенозах, при сопоставимых отдаленных результатах с традиционным ЧКВ без МРК.
- По данным однофакторного регрессионного анализа физиологически диффузные и сочетанные типы поражений ассоциировались с увеличением в 6 раз шансов недостижения оптимального индекса МРК ( $\geq 0,90$ ) относительно локального типа.

### Key messages

#### What is already known about the subject?

- Diffuse and multilevel atherosclerosis account for ~25% of all percutaneous coronary interventions (PCI) in patients with stable coronary artery disease and are independent predictors of poor long-term prognosis.
- Myocardial revascularization in this group of patients may depend on determining the functional significance of each individual stenosis, which remains an unresolved diagnostic challenge in practice.
- A relatively new method of iFR-guided "virtual stenting" assesses the functional significance of individual lesions and the prediction of potential changes in iFR after PCI, but implementation of this method still lags behind the evidence base.

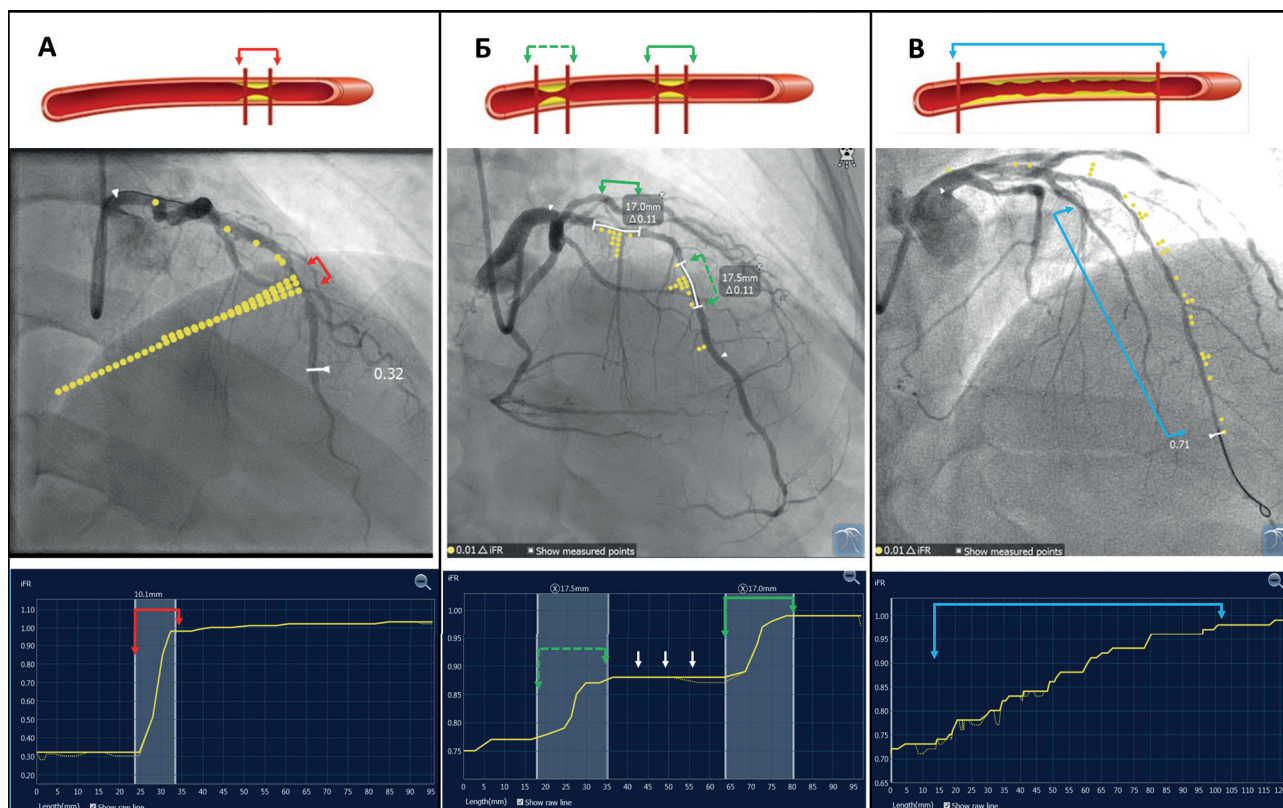
#### What might this study add?

- These studies demonstrate the effectiveness and safety of iFR-guided PCI in patients with stable multilevel and diffuse coronary artery disease.
- The use of iFR allowed for a 32% reduction in the number of stented lesions by eliminating PCI for functionally insignificant stenoses, with comparable long-term outcomes to traditional PCI without MRC.
- According to univariate regression analysis, physiologically diffuse and combined types of lesions were associated with a six-fold increase in the odds of not achieving the optimal iFR index ( $\geq 0,90$ ) relative to the local type.

оценке, способствовала росту интереса к физиологически ориентированному ведению пациентов с ИБС, но внедрение методов ангиокорегистрации все еще отстает от доказательной базы. Сведений о проведении исследований, в которых изучали результаты ЧКВ при использовании физиологических индексов по сравнению со стандартным ЧКВ у категории больных со сложными типами поражения КА, в т.ч. с диффузными и многоуровневыми стенозами, к настоящему времени в литературе нет — а именно в этом и заключается новизна и актуальность настоящей работы. Предполагает-

ся, что за счет физиологически ориентированного подхода ЧКВ в когорте данных больных удастся достичь лучших непосредственных и долгосрочных клинических результатов с меньшей частотой развития сердечно-сосудистых осложнений (ССО).

Цель исследования — оценить непосредственные и отдаленные результаты ЧКВ под контролем ангиокорегистрации МРК по сравнению со стандартной методикой ЧКВ без оценки МРК у пациентов с хронической ИБС с диффузными и многоуровневыми поражениями КА.



**Рис. 1** Результаты ангиокорегистрации МРК при локальном, многоуровневом и диффузном типах поражения ПНА: *А* — локальный физиологический тип поражения ПНА. Выраженный градиент давления расположен на участке протяженностью ~10 мм (указан красной стрелкой). Одна желтая точка — снижение на 0,01 единицу МРК; *Б* — многоуровневый тип поражения ПНА. Два выраженных градиента давления, каждый протяженностью до 20 мм (сегмент верхнего стеноза указан сплошной зеленой стрелкой; нижний стеноз пунктирной зеленой стрелкой), разделенных ангиографически нормальным участком протяженностью >30 мм (указан белыми стрелками). Белые кривые линии — участки "виртуального стентирования" с расчетом длины и градиента МРК ( $\Delta$ МРК); *В* — диффузный тип поражения ПНА. Пологий подъем кривой без выраженных "скачков" давления на протяжении всей артерии (указано голубой стрелкой).

Примечание: МРК — моментальный резерв кровотока, ПНА — передняя нисходящая артерия. Цветное изображение доступно в электронной версии журнала.

**Таблица 1**

**Определение локального, многоуровневого и диффузного типов поражения КА**

Тип поражения	Физиологические критерии	Ангиографические критерии
Локальный	МРК $\leq 0,89$ в дистальном сегменте, с единственным выраженным изменением градиента $\geq 0,03$ единиц индекса ( $\Delta$ МРК) на протяжении $\leq 15$ мм	Сужение просвета КА $\geq 50\%$ по диаметру протяженностью $< 20$ мм
Диффузный	МРК $\leq 0,89$ в дистальном сегменте с прогрессивной и линейной потерей давления на протяжении $> 15$ мм	Сужение просвета КА $\geq 50\%$ по диаметру протяженностью $\geq 20$ мм
Многоуровневое	МРК $\leq 0,89$ в дистальном сегменте, с наличием $\geq 2$ участков изменения градиента $\geq 0,03$ единиц индекса	Несколько сужений просвета КА $\geq 50\%$ по диаметру, разделенных ангиографически нормальными участками $\geq 10$ мм

Примечание: МРК — моментальный резерв кровотока, КА — коронарная артерия.

**Материал и методы**

В проспективное одноцентровое исследование включены 100 пациентов из реальной клинической практики со стабильной ИБС, имеющие диффузный и/или многоуровневый характер поражения КА, которым с января 2022г по декабрь 2024г во 2-м отделении рентгеноваскулярных методов диагностики и лечения ФГБУ "НМИЦ кардиологии им. акад. Е. И. Чазова" Минздрава России проводилось ЧКВ с оценкой ангиокорегистрации

МРК. В группу исследования (1 группа) включали последовательно поступающих в клинику пациентов, соответствующих критериям включения и не имеющих критериев невключения. Группа сравнения (2 группа) была сформирована из ретроспективной когорты пациентов методом псевдорандомизации (Propensity score matching).

Критерии включения пациентов в исследование: 1) диффузное и/или многоуровневое атеросклеротическое поражение КА по данным КАГ; 2) ишемия миокарда по

данным неинвазивных нагрузочных тестов, соответствующая высокому риску ССО; 3) для 1 группы функционально значимое стенозирование целевой КА по данным МРК ( $MPK \leq 0,89$ ); 4) решение о целесообразности выполнения ЧКВ, принятое "сердечной" командой; 5) согласие больного на эндоваскулярное лечение КА.

Критерии невключения в исследование: 1) острый коронарный синдром сроком <30 дней; 2) тяжелые клапанные патологии сердца, требующие хирургической коррекции; 3) хроническая сердечная недостаточность IV функционального класса по классификации NYHA (New York Heart Association); 4) хроническая окклюзия целевой КА; 5) операция коронарного шунтирования в анамнезе; 6) противопоказания к назначению антиагрегантной терапии.

Для формирования группы сравнения (2 группа) из общей когорты пациентов, перенесших в период с января 2022г по декабрь 2024г эндоваскулярное лечение без использования МРК по поводу диффузного и/или многоуровневого поражения, отобрали 305 больных стабильной ИБС и применили метод псевдорандомизации для подбора пар 1:1 с помощью поиска "ближайшего соседа". Мы использовали 1 группу для оценки исходных параметров (ковариат), кодированных в конфаундеры, и включили в модель оценки индексов соответствия наравне с группой сравнения (2 группа). При проведении псевдорандомизации использовали 8 переменных-ковариат: пол, возраст, ожирение, сахарный диабет 2 типа, артериальная гипертензия, курение, постинфарктный кардиосклероз, перенесенные ЧКВ в анамнезе. Отбор группы сравнения выполнен на основе указанных характеристик по наиболее близким показателям склонности методом поиска ближайшего соседа 1:1, соответствующего заданному отрезку индекса соответствия. Целевым для достаточного сходства в парах считали программное значение индекса соответствия 0,1 (допуск соответствия). В результате анализа баланса показателей выявлен выраженный дисбаланс до сопоставления по выделенным ковариатам ( $SMD > 0,25$ ). После сопоставления значения  $SMD$  для всех переменных не превышали порогового значения 0,1, что свидетельствует о достижении приемлемого баланса. Значение  $c$ -statistic для модели псевдорандомизации составило 0,78, что указывает на удовлетворительную способность модели различать группы. Использование  $caliper = 0,1$  позволило минимизировать вероятность плохого соответствия. В результате группа сравнения составила 100 пациентов достоверно сопоставимых по заданным параметрам с 100 пациентами группы исследования. Протокол исследования был одобрен независимым этическим комитетом клинических исследований ФГБУ "НМИЦ кардиологии им. акад. Е. И. Чазова" Минздрава России.

Баллонную ангиопластику со стентированием выполняли по стандартной методике. В 1 группе участки целевой артерии для эндоваскулярного лечения определялись физиологическим типом поражения, в соответствии с результатами ангиокорегистрации МРК (рисунок 1), а во 2 группе — анатомическим, только на основании данных КАГ (таблица 1). При ангиокорегистрации МРК целевой артерии, кроме физиологического типа поражения оценивались значения градиентов давления ( $\Delta MPK$ ) на всех ангиографических стенозах  $\geq 50\%$ , определялись участки с наибольшим гемодинамическим вкладом в общий дистальный индекс МРК, системой рассчитывалась

протяженность поражения и прогнозируемый индекс МРК ("виртуальное стентирование"). Ранее нами была опубликована статья, в которой описана процедура выполнения ангиокорегистрации МРК с "виртуальным стентированием" настоящего исследования [12].

После достижения успешного, по ангиографическим критериям, результата ЧКВ в исследуемой группе проводилась контрольная ангиокорегистрация МРК. Расположение датчика давления перед началом обратной протяжки проводника соответствовало участку артерии, где до ЧКВ выполнялось исследование. Ангиограмма для формирования контрольной ангиокорегистрации МРК проводилась в той же проекции, как и до ЧКВ. Операции в обеих группах выполняли 3 эндоваскулярных хирурга с сопоставимым опытом и уровнем профессиональной подготовки.

Пациентам назначили лекарственную терапию, в т.ч. 2-компонентную антиагрегантную терапию, согласно действующим Национальным клиническим рекомендациям по ИБС [5]. Все пациенты получали клопидогрел 75 мг и ацетилсалициловую кислоту 100 мг ежедневно в течение 6 мес. с дальнейшей оценкой риска развития ССО и решением вопроса о пролонгации 2-компонентной антиагрегантной терапии до 1 года с последующим постоянным приемом ацетилсалициловой кислоты 100 мг/сут.

На госпитальном этапе оценивали непосредственный результат процедуры, частоту развития осложнений. Успешной считалась ЧКВ с достижением резидуального сужения <50% с антеградным кровотоком степени TIMI-III (Thrombolysis In Myocardial Infarction) и отсутствием главных кардиоваскулярных осложнений: смерть, перипроцедуральный инфаркт миокарда (ИМ) (4a тип ИМ), острое нарушение мозгового кровообращения.

Изучены клинические результаты через 12 мес. наблюдения за пациентами. Комбинированной конечной точкой (ККТ) в исследовании являлась суммарная частота следующих событий: смерть от всех причин, сердечно-сосудистая смерть, нестабильная стенокардия, острый ИМ, острое нарушение мозгового кровообращения, повторная ЧКВ целевой артерии. Всех больных приглашали на очные визиты, которые включали консультацию кардиолога, физикальное обследование, при необходимости коррекцию медикаментозного лечения. В 65 (32,5%) случаях при невозможности амбулаторного визита проводили телефонный опрос. Показаниями к контрольной КАГ были клинические признаки рецидива стенокардии, положительный результат пробы на выявление скрытой ишемии миокарда, а также неинформативность или невозможность проведения пробы на ишемию при типичной стенокардии напряжения.

**Статистический анализ.** Статистическая обработка и анализ данных выполнялись с помощью прикладного программного обеспечения MedCalc v.20.104 (MedCalc Software Ltd., Остенде, Бельгия) и Microsoft Excel 2013 (США). Распределение количественных переменных определяли с помощью критерия Колмогорова-Смирнова и построения гистограмм. Количественные данные с нормальным симметричным распределением представлены в виде средней ( $M$ ) и стандартного отклонения ( $SD$ ), а в случае распределения, отличного от нормального, — в виде медианы ( $Me$ ) и интерквартильного размаха ( $Q_{25}$ ;  $Q_{75}$ ). Качественные данные описывались в виде абсолютных ( $n$ ) и относительных значений (%). Для

Таблица 2

Сравнительная клиничко-демографическая характеристика пациентов

Показатель	1 группа, МРК (n=100)	2 группа, сравнения (n=100)	p
Возраст, лет, Ме [Q25; Q75]	63 [56; 68]	64 [56; 71]	0,294
Мужской пол, n (%)	73 (73,0)	76 (76,0)	0,627
ЧКВ в анамнезе, n (%)	62 (62,0)	54 (54,0)	0,253
ИМ в анамнезе, n (%)	55 (55,0)	59 (59,0)	0,569
Отягощенная наследственность, n (%)	16 (16,0)	19 (19,0)	0,577
Курение, n (%)	47 (47,0)	44 (44,0)	0,671
Гиперлипидемия, n (%)	85 (85,0)	91 (91,0)	0,192
Ожирение, n (%)	58 (58,0)	51 (51,0)	
1 степени, n (%)	30 (30,0)	35 (35,0)	
2 степени, n (%)	18 (18,0)	11 (11,0)	0,240
3 степени, n (%)	10 (10,0)	5 (5,0)	
Артериальная гипертензия, n (%)	87 (87,0)	91 (91,0)	0,367
Сахарный диабет 2 типа, n (%)	28 (28,0)	25 (25,0)	0,632
Стенокардия напряжения 2 ФК, n (%)	52 (52,0)	61 (61,0)	
Стенокардия напряжения 3 ФК, n (%)	41 (41,0)	34 (34,0)	0,427
Безболевая ишемия миокарда, n (%)	7 (7,0)	5 (5,0)	
Фибрилляций предсердий, n (%)	9 (9,0)	6 (6,0)	0,421
ФВ ЛЖ ≥50%, n (%)	94 (94,0)	90 (90,0)	
ФВ ЛЖ 40-49%, n (%)	4 (4,0)	7 (7,0)	0,576
ФВ ЛЖ <40%, n (%)	2 (2,0)	3 (3,0)	

Примечание: Ме [Q25; Q75] — медиана [интерквартильный размах]. ИМ — инфаркт миокарда, КА — коронарные артерии, МРК — моментальный резерв кровотока, ФВ ЛЖ — фракция выброса левого желудочка, ФК — функциональный класс, ЧКВ — чрескожное коронарное вмешательство.

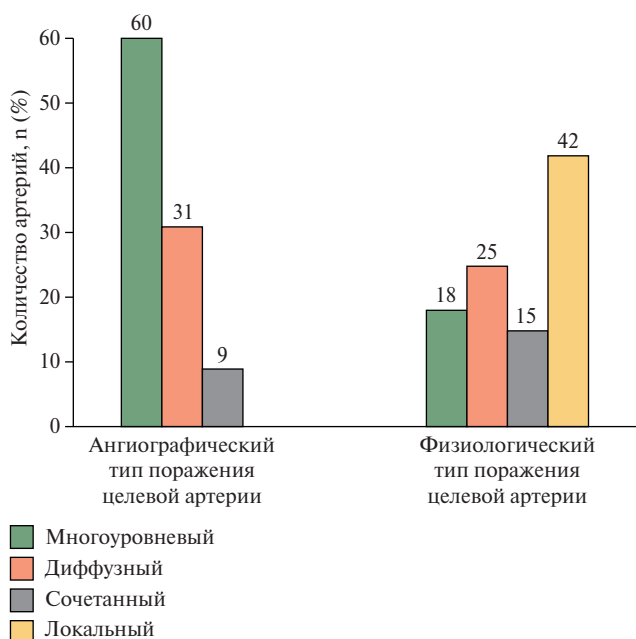


Рис. 2 Распределение ангиографических и физиологических типов поражений целевых артерий в 1 группе (МРК).

Примечание: МРК — моментальный резерв кровотока.

сравнения двух групп по количественным признакам применялся непараметрический U-критерий Манна-Уитни. Для сравнения групп по качественным признакам использовался критерий  $\chi^2$  Пирсона или точный критерий Фишера. Для оценки времени до наступления ККТ

применялся анализ выживаемости с построением кривых Каплана-Мейера. Сравнение кривых выживаемости осуществлялось с помощью лог-рангового критерия Манта-Хантеля-Кокса. Оценка влияния изученных факторов на исход выполнялась с помощью модели пропорционального риска Кокса с определением отношения рисков (HR — hazard ratio) и 95% доверительного интервала (ДИ). Для оценки связи отдельных показателей и исходов применяли модель бинарной логистической регрессии с оценкой отношения шансов (OR — odds ratio) и 95% ДИ. Критический уровень значимости при тестировании статистических гипотез принимался при  $p < 0,05$ .

Результаты

По исходным клиничко-демографическим характеристикам пациенты обеих групп были сопоставимы (таблица 2). Большинство пациентов представлены мужчинами (73,0 и 76,0%, соответственно,  $p=0,627$ ), средний возраст составил 63 года [56; 68] в исследуемой и 64 [56; 71] в группе сравнения. Более половины участников в анамнезе перенесли ИМ (55,0 и 59,0%,  $p=0,569$ ), при этом сократительная функция миокарда была сохранной в большинстве случаев, что указывает на преимущественно мелкоочаговый характер поражения. Группы были сопоставимы по частоте основных факторов риска и сопутствующих заболеваний, включая сахарный диабет 2 типа и фибрилляцию предсердий.

Непосредственный технический успех ЧКВ по ангиографическим критериям достигнут в 100%

Таблица 3

Ангиографическая и интраоперационная характеристика

Показатель	1 группа, МРК (n=100)	2 группа, сравнения (n=100)	p
Целевые артерии, n (%):			
ПНА/ДА	69 (69,0)	57 (57,0)	
ОА/АТК	15 (15,0)	19 (19,0)	0,201
ПКА/ЗНА/ЗБВ	16 (16,0)	24 (24,0)	
Стенозированные сегменты, n (%):			
Проксимальный	57 (57,0)	64 (64,0)	0,313
Средний	67 (67,0)	71 (71,0)	0,542
Дистальный	59 (59,0)	46 (46,0)	0,066
Степень стенозирования целевой артерии (по диаметру), %, Me [Q25; Q75]	75 [65; 85]	70 [65; 80]	0,088
Протяженность поражения целевой артерии, мм, M±SD	51,6±9,1	56,4±7,4	0,025
Количество имплантированных стентов на одного пациента, n:	1,2±0,4	1,6±0,5	<0,001
Диаметр имплантированных стентов, мм	2,9±0,4	3,1±0,3	<0,001
Протяженность стентированного сегмента целевой артерии, мм	45,4±14,1	58,7±15,9	<0,001
Время процедуры, мин	72,9±29,2	41,3±15,9	<0,001
Время облучения, мин	22,1±11,0	13,4±9,2	<0,001
Объем контрастного вещества, мл	251,5±102,2	236,6±90,6	0,284
Артерии доступа, n (%):			
Правая лучевая	82 (82,0)	77 (77,0)	
Левая лучевая	9 (9,0)	11 (11,0)	
Правая локтевая	8 (8,0)	7 (7,0)	0,528
Левая локтевая	1 (1,0)	4 (4,0)	

Примечание: Me [Q25; Q75] — медиана [интерквартильный размах]; M±SD — среднее±стандартное отклонение. АТК — артерия тупого края, ДА — диагональная артерия, ЗБВ — заднебоковая ветвь, ЗНА — задняя нисходящая артерия, МРК — моментальный резерв кровотока, ОА — огибающая артерия, ПКА — правая коронарная артерия, ПНА — передняя нисходящая артерия.

случаев (n=200). Осложнений, связанных как с процедурой ЧКВ, так и с манипуляциями проводником для оценки МРК, в госпитальный период отмечено не было. Осложнений со стороны места доступа ни в одном случае не наблюдалось.

Представляются интересными выявленные различия средних показателей количества стентов (1,2±0,4 vs 1,6±0,5) и длины стентированных сегментов (45,4±14,1 vs 58,7±15,9 мм), которые были значимо выше во 2 группе (p<0,001) (таблица 3). По всей вероятности, это является следствием того, что ЧКВ в группе сравнения выполнялось без оценки функциональной значимости стеноза и решение об объеме вмешательства основывалось на данных ангиографии. В свою очередь, в 1 группе стентировали только функционально значимые стенозы, поэтому у больных с множественными поражениями подход, ориентированный на функциональную оценку каждого отдельного стеноза, позволил уменьшить количество и протяженность имплантированных стентов. Исходно по ангиографическим критериям в 1 группе определено 184 стеноза, потенциально требующих лечения, при этом диффузное поражение оценивалось как 1 стеноз, а при многоуровневых и сочетанных ≥2 стенозов. После проведения ангиокорегистрации МРК количество гемодинамически значимых стенозов составило 125, т.о., после физиологической оценки на 32% (59 стенозов) уменьшилось количество по-

Таблица 4

Показатели МРК до и после проведения ЧКВ

Показатель	1 группа, МРК (n=100)
МРК до ЧКВ, Me [Q25; Q75]	0,84 [0,77; 0,88]
МРК фактическое (после ЧКВ), Me [Q25; Q75]	0,92 [0,90; 0,95]
МРК прогнозируемое "виртуальным стентированием" (до ЧКВ), Me [Q25; Q75]	0,94 [0,91; 0,97]
Показатели МРК после ЧКВ, n (%):	
МРК после ЧКВ ≥0,95	30 (30,0)
МРК после ЧКВ от 0,90 до 0,94	51 (51,0)
МРК после ЧКВ ≤0,89	19 (19,0)

Примечание: Me [Q25; Q75] — медиана [интерквартильный размах]. МРК — моментальный резерв кровотока, ЧКВ — чрескожное коронарное вмешательство.

ражений, требующих ЧКВ. Уменьшение стенозов наблюдалось в 40 (68%) артериях с ангиографически многоуровневыми поражениями, 11 (19%) артериях с сочетанными и 8 (13%) с диффузными.

Ожидается общая длительность процедуры и время облучения в 1 группе были больше за счет дополнительных манипуляций, связанных с оценкой МРК, обратной протяжкой проводника и формированием ангиокорегистрации МРК до и после стентирования. Группы статистически значимо не различались по объему использованного рентгенконтрастного вещества (p=0,2842), который

составил в 1 группе  $251,5 \pm 102,2$  мл, во 2 группе  $236,6 \pm 90,6$  мл.

В основной группе исходно по ангиографическим критериям у 60 (60,0%) пациентов наблюдался многоуровневый тип поражения, у 31 (24,0%) — диффузный и у 9 (9,0%) — сочетанный. После оценки результатов ангиокорегистрации МРК наблюдалась реклассификация типа поражения по

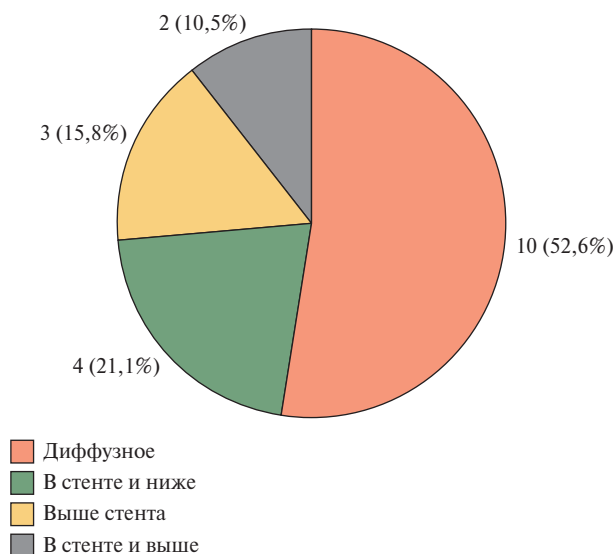


Рис. 3 Расположение остаточных градиентов давления после ЧКВ у пациентов с МРК  $\leq 0,89$  (n=19).

Примечание: МРК — моментальный резерв кровотока, ЧКВ — чрескожное коронарное вмешательство.

физиологическим критериям на многоуровневое в 18 (18,0%) случаях, диффузное в 25 (25,0%), сочетанное в 15 (15,0%), а в 42 (42%) артериях характер распределения градиентов давления соответствовал локальному стенозу (рисунок 2).

Среднее значение индекса МРК до ЧКВ в основной группе составило 0,84 [0,77; 0,88], минимальное — 0,34, максимальное — 0,89. Среднее значение МРК после ЧКВ — 0,92 [0,90; 0,95], минимальное — 0,81, максимальное — 1,0. У 81 (81%) больного в результате ЧКВ были достигнуты итоговые значения показателей МРК  $\geq 0,9$  (таблица 4). По данным функциональной оценки, в 19 (19%) завершённых процедур не удалось достичь МРК  $\geq 0,9$ , несмотря на дополнительные манипуляции, включающие дилатации баллонами высокого давления в 14 (73,7%) случаях, дилатации баллонами большего размера — 7 (36,8%) и 5 (26,3%) пациентам имплантации дополнительных стентов.

Были проанализированы данные контрольной ангиокорегистрации МРК 19 (19%) больных, у которых в результате процедуры ЧКВ итоговый индекс МРК  $\leq 0,89$ . В половине случаев (n=10) отмечалось диффузное распределение остаточных градиентов давления по всей длине артерии без значимых локальных участков. В 6 (31,6%) случаях локальные градиенты, соответствующие  $\geq 0,03$  единиц индекса ( $\Delta$ МРК) на протяжении  $\leq 15$  мм, располагались в имплантированных стентах и сочетались с участками артерии выше или ниже стента. У 3 (15,8%) пациентов остаточные градиенты находились выше

Таблица 5

Сравнительная клиничко-демографическая характеристика пациентов, разделённых на подгруппы по значениям итогового МРК

Показатель	1 группа, МРК (n=100)		p
	МРК после ЧКВ $\leq 0,89$ (n=19)	МРК после ЧКВ $> 0,9$ (n=81)	
Возраст, лет, Ме [Q25; Q75]	62,00 [52,50; 67,50]	63,00 [57,74; 68,00]	0,367
Мужской пол, n (%)	14 (73,7)	62 (76,5)	0,794
ЧКВ в анамнезе, n (%)	12 (63,2)	50 (61,7)	0,909
ИМ в анамнезе, n (%)	11 (57,9)	44 (54,3)	0,779
Отягощённая наследственность, n (%)	6 (31,6)	10 (12,3)	0,041
Курение, n (%)	7 (36,8)	40 (49,4)	0,327
Гиперлипидемия, n (%)	16 (84,2)	69 (85,2)	0,915
Ожирение, n (%)	12 (63,2)	46 (56,8)	0,762
Артериальная гипертензия, n (%)	15 (78,9)	72 (82,2)	0,249
Сахарный диабет 2 типа, n (%)	6 (31,6)	22 (27,2)	0,701
Стенокардия напряжения 2 ФК, n (%)	8 (42,1)	44 (54,3)	
Стенокардия напряжения 3 ФК, n (%)	8 (42,1)	33 (40,7)	0,219
Безболевая ишемия миокарда, n (%)	3 (15,8)	4 (4,9)	
Фибрилляция предсердий, n (%)	0	9 (11,1)	0,131
ФВ ЛЖ $\geq 50\%$ , n (%)	17 (89,5)	78 (96,3)	
ФВ ЛЖ 40-49%, n (%)	1 (5,3)	2 (2,5)	0,422
ФВ ЛЖ $< 40\%$ , n (%)	1 (5,3)	1 (1,2)	

Примечание: Ме [Q25; Q75] — медиана [интерквартильный размах]. ИМ — инфаркт миокарда, МРК — моментальный резерв кровотока, ФВ ЛЖ — фракция выброса левого желудочка, ФК — функциональный класс, ЧКВ — чрескожное коронарное вмешательство.

Таблица 6

Ангиографическая и интраоперационная характеристика пациентов, разделенных на подгруппы по значениям итогового МРК

Показатель	1 группа, МРК (n=100)		p
	МРК после ЧКВ ≤0,89 (n=19)	МРК после ЧКВ >0,9 (n=81)	
Целевые артерии, n (%):			
ПНА/ДА	18 (94,7)	52 (64,2)	0,030
ОА/АТК	0	14 (17,3)	
ПКА/ЗНА/ЗБВ	1 (5,3)	15 (18,5)	
Стенозированные сегменты, n (%):			
Проксимальный	13 (68,4)	39 (48,1)	0,113
Средний	16 (84,2)	51 (63,0)	0,078
Дистальный	9 (47,4)	50 (61,7)	0,254
Ангиографический тип поражения целевой артерии:			
многоуровневый, n (%)	11 (57,9)	49 (60,5)	0,961
диффузный, n (%)	6 (31,6)	25 (30,9)	
сочетанный, n (%)	2 (10,5)	7 (8,6)	
Физиологический тип поражения целевой артерии:			
многоуровневый, n (%)	3 (15,8)	15 (18,5)	0,034
диффузный, n (%)	8 (42,1)	17 (21,0)	
сочетанный, n (%)	5 (26,3)	10 (12,3)	
локальный, n (%)	3 (15,8)	39 (48,1)	
Степень стенозирования целевой артерии (по диаметру), %, Ме [Q25; Q75]	65 [65; 78,75]	75 [70; 85]	0,029
Количество имплантированных стентов на одного пациента, n:	1,4±0,5	1,2±0,4	0,047
Диаметр имплантированных стента, мм	2,8±0,4	2,9±0,4	0,642
Протяженность стентированного сегмента целевой артерии, мм	53,9±11,9	45,7±14,3	0,023
Время процедуры, мин	86,1±22,6	69,9±29,8	0,006
Время облучения, мин	28,6±10,2	20,6±10,7	0,002
Объем контрастного вещества, мл	323,5±117,4	261,7±101,6	0,0306
МРК до ЧКВ, Ме [Q25; Q75]	0,76 [0,74; 0,81]	0,85 [0,80; 0,88]	0,001
МРК фактическое (после ЧКВ), Ме [Q25; Q75]	0,86 [0,85; 0,88]	0,93 [0,91; 0,95]	<0,001
МРК прогнозируемое "виртуальным стентированием" (до ЧКВ), Ме [Q25; Q75]	0,92 [0,90; 0,94]	0,96 [0,93; 0,98]	<0,001

Примечание: Ме [Q25; Q75] — медиана [интерквартильный размах]; M±SD — среднее±стандартное отклонение. АТК — артерия тупого края, ДА — диагональная артерия, ЗБВ — заднебоковая ветвь, ЗНА — задняя нисходящая артерия, МРК — моментальный резерв кровотока, ОА — огибающая артерия, ПКА — правая коронарная артерия, ПНА — передняя нисходящая артерия, ЧКВ — чрескожное коронарное вмешательство.

имплантированного стента. Распределение сегментов артерий, где наблюдались остаточные градиенты давления, представлены на рисунке 3.

Распределены на подгруппы и проанализированы 19 (19%) пациентов с недостаточным (≤0,89) и 81 (81%) с достаточным (≥0,9) повышением МРК после ЧКВ. По основным клинико-демографическим характеристикам подгруппы не различались (таблица 5). В подгруппе с итоговым МРК ≤0,89 большинство вмешательств выполнялось на передней нисходящей артерии (94,7%) (таблица 6). У пациентов с МРК ≤0,89 достоверно чаще (p=0,034) встречались физиологически диффузные (8-42,1 vs 17-21,0%) и сочетанные (5-26,3 vs 10-12,3%) типы поражений, в то время как в подгруппе с МРК ≥0,9 практически в половине случаев (39-48,1%) вмешательство проводилось на физиологически локальных стенозах. В подгруппе с недостаточ-

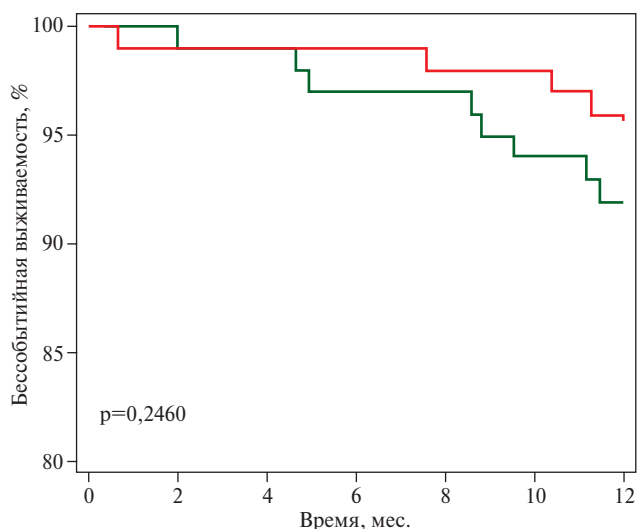
ным повышением МРК выявлены статистически значимо более низкие показатели индекса как исходного МРК (0,76 [0,74; 0,81] и 0,85 [0,80; 0,88], соответственно, p=0,001), так прогнозируемого в результате "виртуального стентирования" (0,92 [0,90; 0,94] и 0,96 [0,93; 0,98], соответственно, p<0,001). У больных с недостигнутым МРК длина стентированных участков была достоверно больше чем в противоположной подгруппе (53,9±11,9 vs 45,7±14,3, p=0,0229), а степень стенозирования артерии по диаметру меньше (65,00 [65,00; 78,75] vs 75,00 [70,00; 85,00], p=0,029). Для проведения контрольных измерений в процессе и в конце процедуры больным с МРК ≤0,89 потребовалось введение значительно большего объема контрастного вещества (323,5±117,4 vs 261,7±101,6, p=0,031).

По данным однофакторного регрессионного анализа физиологически диффузный и сочетанный

**Таблица 7**  
Неблагоприятные клинические события в группах через 12 мес. наблюдения

Показатель, n (%)	1 группа, МРК (n=98)	2 группа, сравнения (n=100)	p
ККТ	4 (4,08)	8 (8,0)	0,373
Смерть от всех причин	2 (2,04)	1 (1,0)	0,619
Кардиальная смерть	0	1 (1,0)	1,0
ИМ	1 (1,02)	2 (2,0)	1,0
ОНМК	0	0	
Нестабильная стенокардия	0	2 (2,0)	0,498
Повторная реваскуляризация целевой артерии	1 (1,02)	3 (3,0)	0,621

Примечание: ИМ — инфаркт миокарда, ККТ — комбинированная конечная точка, МРК — моментальный резерв кровотока, ОНМК — острое нарушение мозгового кровообращения.



Группа  
— ЧКВ без МРК  
— ЧКВ с МРК

Число подверженных риску

Группа: ЧКВ без МРК	100	100	99	97	97	94	0
Группа: ЧКВ с МРК	98	97	97	97	96	96	0

**Рис. 4** Кривые Каплана-Мейера для оценки выживаемости пациентов в исследуемых группах. По оси абсцисс указана длительность наблюдения в мес. По оси ординат указана встречаемость события (выживаемость) в %.

Примечание: МРК — моментальный резерв кровотока, ЧКВ — чрескожное коронарное вмешательство.

типы поражений ассоциировались с увеличением в 6 раз шансов недостижения МРК  $\geq 0,9$  после ангиографически успешного ЧКВ (диффузный — OR 6,11; 95% ДИ: 1,44-25,92; сочетанный — OR 6,50;

95% ДИ: 1,32-31,90) относительно физиологически локального типа. Увеличение протяженности поражения на 1 мм увеличивало шанс недостижения МРК  $\geq 0,9$  на 4% (OR 1,04; 95% ДИ: 1,01-1,09), а увеличение степени тяжести стеноза по диаметру сосуда на каждый 1% уменьшало вероятность итогового МРК  $\leq 0,89$  на 5% (OR 0,95; 95% ДИ: 0,91-0,99). Несмотря на более низкий исходный индекс МРК у пациентов с недостаточным повышением МРК после ЧКВ ( $\leq 0,89$ ), по данным однофакторного регрессионного анализа значимой связи между исходным МРК и недостижением МРК  $\geq 0,9$  выявлено не было ( $p=0,145$ ).

В таблице 7 представлены главные неблагоприятные клинические события, включенные в ККТ для групп ЧКВ под контролем МРК и ЧКВ без МРК по результатам 12-мес. наблюдения. Весь период наблюдения достигнут у 198 пациентов, что составило 99,0% от числа пациентов, исходно включенных в исследование. Остальные 2 (1,0%) пациента из группы 1 были исключены из анализа, т.к. с ними была потеряна связь.

В обеих группах проведена оценка выживаемости пациентов без возникновения основных неблагоприятных клинических событий в течение 12 мес. после выполнения ЧКВ. Частота достижения ККТ в группе сравнения, где проводилось ЧКВ без МРК, составила 8,0% ( $n=8$ ), в основной группе ЧКВ с МРК — 4,08% ( $n=4$ ). В 1 группе отмечено 2 (2,04%) некардиальных летальных исхода: первый связанный с интоксикацией суррогатами алкоголя, второй вызванный COVID-19 (COrona VIRus Disease 2019). Во 2 группе у 1 (1,0%) пациента была зарегистрирована кардиальная смерть по причине желудочковых нарушений ритма сердца. По частоте развития ИМ между сравниваемыми группами не было выявлено статистически значимых различий ( $p=0,9837$ ). Кривые Каплана-Мейера, характеризующие выживаемость пациентов, представлены на рисунке 4.

В группе ЧКВ без МРК среднее время до достижения ККТ составило 11,6 мес. (95% ДИ: 11,14-11,94), в группе ЧКВ с МРК — 11,8 мес. (95% ДИ: 11,57-12,06). Медиана выживания в обеих группах за время наблюдения достигнута не была (Logrank-test:  $\chi^2=1,35$ ;  $df=1$ ;  $p=0,2460$ ). Пациенты группы ЧКВ с МРК характеризовались сопоставимым риском достижения ККТ в течение периода наблюдения с группой ЧКВ без МРК (HR 0,51; 95% ДИ: 0,17-1,59;  $p=0,246$ ). В связи с небольшим общим количеством событий в обеих группах анализ выживаемости ограничился данными ККТ, и оценка по каждому отдельному показателю КТТ не проводилась. Важно отметить, что в подгруппе пациентов с итоговым МРК  $\leq 0,89$  в течение 12 мес. после выполнения ЧКВ ни одного случая достижения ККТ не отмечалось, но с 1 пациентом в данной подгруппе была потеряна связь.

Таким образом, ЧКВ под контролем ангиокорегистрации МРК у больных с диффузными и многоуровневыми поражениями является безопасной процедурой и не уступает традиционному ЧКВ, как по эффективности лечения в госпитальном периоде, так и по влиянию на выживаемость в течение 12 мес. наблюдения.

## Обсуждение

Диффузные и многоуровневые поражения КА составляют ~25% всех ЧКВ и являются независимыми предикторами неблагоприятного прогноза, поскольку часто требуют имплантации нескольких стентов, что связано с повышенным риском тромбоза и рестеноза стента [13, 14]. Учитывая, что не каждый ангиографический стеноз является физиологически значимым и достоверно требует реваскуляризации, вопрос оптимальной тактики лечения пациентов со стабильной ИБС и наличием многоуровневых, диффузных поражений КА до сих пор является предметом многочисленных дискуссий. Ввиду крайне малого количества исследований по применению МРК у данной когорты пациентов, проведенная нами работа по оценке непосредственных и отдаленных результатов использования ангиокорегистрации МРК с "виртуальным стентированием" при планировании и оптимизации результатов ЧКВ у данной категории больных является первой в Российской Федерации и крупнейшей в мире.

Поскольку целью эндоваскулярного лечения является устранение поражений, ответственных за ишемию, возможность прогнозирования физиологических результатов выбранной стратегии ЧКВ до начала стентирования представляется наиболее рациональным подходом, позволяющим определиться с количеством имплантируемых стентов, избежать неудовлетворительных результатов вмешательства. Ангиокорегистрация МРК обладает высокой воспроизводимостью, а опция "виртуального стентирования" позволяет моделировать гемодинамический эффект ЧКВ при различных лечебных стратегиях [15]. Результаты пилотных работ по изучению "виртуального стентирования" указывают на склонность к завышению прогнозируемого МРК относительно фактического, в среднем, на 0,02-0,03 значения индекса [10-12]. Но ни в одном рандомизированном исследовании не оценивали эффективность стратегии "виртуального стентирования" по сравнению со стандартным ЧКВ.

В настоящей работе впервые получены данные, подтверждающие эффективное и безопасное проведение ЧКВ под контролем ангиокорегистрации МРК при многоуровневых и диффузных поражениях КА, позволяющее уменьшить количество ( $1,2 \pm 0,4$  vs  $1,6 \pm 0,5$ ) и длину имплантированных стентов ( $45,4 \pm 14,1$  vs  $58,7 \pm 15,9$  мм), за счет отказа от ЧКВ

на функционально незначимых стенозах, при сопоставимых отдаленных результатах со стандартным ЧКВ, основанным только на КАГ. И хотя количество достигнутых ККТ в группе МРК было в 2 раза меньше относительно группы сравнения (4,08 vs 8%, соответственно), мощность исследования, обусловленная его пилотным характером, не обеспечила выявления статистически значимых различий между группами через 12 мес. наблюдения.

Результаты ангиокорегистрации МРК позволили реклассифицировать 42 (42%) артерии с ангиографически диффузными и/или многоуровневыми поражениями в физиологически локальные и тем самым снизить количество стентированных стенозов на 32% (59 стенозов). В подавляющем большинстве (87%) случаев отказ от ЧКВ на функционально незначимых стенозах был связан с реклассификацией исходно многоуровневых и сочетанных поражений. В то же время ангиографически диффузному типу поражения в большинстве случаев соответствовал физиологически диффузный характер распределения градиентов, что нечасто влияло на изменение исходного плана ЧКВ. Полученные нами данные согласуются с опубликованными ранее результатами регистра iFR GRADIENT (Single instantaneous wave-Free Ratio Pullback Pre-Angioplasty Predicts Hemodynamic Outcome Without Wedge Pressure in Human Coronary Artery Disease), где у 128 пациентов с ангиографически тандемными и/или диффузными поражениями использование ангиокорегистрации МРК в 1/3 случаев привело к изменению исходной стратегии лечения [10]. Также в работе Matsuo A, et al. (2021) у 70 пациентов со стабильной ИБС и множественным характером поражения целевой артерии результаты МРК с обратной протяжкой изменили процедурное планирование реваскуляризации у каждого третьего пациента (37,1%) [11].

Обычно предполагается, что хороший ангиографический результат после ЧКВ эквивалентен хорошему физиологическому результату. В исследовании DEFINE PCI (Physiologic Assessment of Coronary Stenosis Following PCI) у 467 пациентов с различными типами поражения, в т.ч. локальными, изучали остаточную ишемию после стандартного ангиографически контролируемого ЧКВ. У 24,0% пациентов после успешного по ангиографическим критериям ЧКВ наблюдался итоговый МРК  $\leq 0,89$ , при этом процедура завершалась без возможности дополнительных манипуляций для повышения МРК [16]. В нашем исследовании у 19 (19%) больных в конце процедуры был зафиксирован МРК  $\leq 0,89$ , несмотря на дополнительные манипуляции, направленные на оптимизацию результатов ЧКВ, включавшие дилатации баллонами высокого давления и баллонами большего размера, имплантации дополнительных стентов. Причина-

ми этого могут быть выраженный кальциноз сосудистой стенки, локализация бляшек в дистальных отделах КА, малый диаметр диффузно измененных КА. При анализе ангиокорегистратий МРК в конце вмешательства у больных с низкой МРК в 52,6% (n=10) случаев наблюдали диффузное распределение градиентов, без значимых локальных участков снижения давлений. У этих больных кривая изменения давления имела пологий характер от дистального сегмента до устья артерии, в связи с чем определить наиболее значимый участок артерии, потенциально требующий дополнительных вмешательств, не представлялось возможным. В 31,6% (n=6) случаев участки с  $\Delta\text{МРК} \geq 0,03$  выявлялись в зонах имплантированных стентов. Нами исследованы более сложные пациенты и, в отличие от DEFINE PCI, мы имели возможность проводить дополнительные оптимизации для достижения  $\text{МРК} \geq 0,90$ , но сам факт наличия остаточной ишемии при ангиографически приемлемых результатах ЧКВ представляется перспективным для дальнейшего изучения.

По нашим данным, частота недостижения оптимальных физиологических результатов ЧКВ была связана с исходно физиологически диффузным типом поражения и ограниченными возможностями для оптимизации посредством дальнейшего вмешательства. При однофакторном регрессионном анализе физиологически диффузный и сочетанный типы поражений ассоциировались с увеличением в 6 раз шансов недостижения  $\text{МРК} \geq 0,90$  относительно локального типа. И хотя в исследование DEFINE PCI результат  $\text{МРК}$  после ЧКВ  $\geq 0,95$  (достигнут в 39% случаев) был связан со значительным снижением ККТ (кардиальная смерть, ИМ, реваскуляризация целевой артерии) по сравнению с  $\text{МРК} < 0,95$  (1,8 vs 5,7%;  $p=0,04$ ), достижение индекса  $\text{МРК} \geq 0,90$  в ситуации с протяженными поражениями является допустимой и реализуемой стратегией, особенно при ангиографически многоуровневых стенозах. Оптимизация ЧКВ при локальных стенозах для достижения  $\text{МРК} \geq 0,95$  видится перспективной, но данный подход требует подтверждения результатами более крупных клинических исследований. В свою очередь технические особенности выполнения ЧКВ больным с диффузным поражением коронарного

русла, такие как выбор оптимальной зоны имплантации стента, необходимого количества стентов, целесообразность применения внутрисосудистых методов исследования, также требуют дополнительного изучения. Результаты настоящей работы указывают на то, что по сравнению с многоуровневыми и локальными стенозами, коронарные артерии с диффузным поражением имеют меньшую вероятность достижения оптимального физиологического результата после ЧКВ.

**Ограничения исследования.** Во-первых, небольшой размер выборки исследования. Во-вторых, проведение исследования было ограничено одним центром. В-третьих, рандомизация не проводилась: в исследование включались пациенты из реальной клинической практики, подходящие под критерии включения и не имеющие критериев исключения.

## Заключение

Проведение ЧКВ под контролем ангиокорегистратии МРК у больных ИБС с диффузными и многоуровневыми поражениями КА привело к уменьшению количества и длины имплантированных стентов при сопоставимых показателях 12-мес. выживаемости по сравнению с стандартной ЧКВ, выполненной только на основании данных КАГ. Применение ангиокорегистратии МРК способствовало снижению на 32% количества стентированных поражений, преимущественно за счет отказа от ЧКВ на функционально незначимых стенозах в КА с исходно ангиографически многоуровневыми поражениями.

Диффузный тип поражения ассоциировался с 6-кратным увеличением шансов недостижения физиологически оптимального результата ЧКВ относительно локального типа, в т.ч. за счет остаточного диффузного распределения градиентов давления и ограниченными возможностями дальнейшей оптимизации. Необходимы более крупные рандомизированные исследования для определения окончательной роли оценки МРК с ангиокорегистратией в планировании и оптимизации ЧКВ.

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

## Литература/References

- Pijls NH, Fearon WF, Tonino PA, et al. Fractional flow reserve versus angiography for guiding percutaneous coronary intervention in patients with multivessel coronary artery disease: 2-year follow-up of the FAME (Fractional Flow Reserve Versus Angiography for Multivessel Evaluation) study. *J Am Coll Cardiol.* 2010;56(3):177-84. doi:10.1016/j.jacc.2010.04.012.
- Enezate T, Omran J, Al-Dadah AS, et al. Fractional flow reserve versus angiography guided percutaneous coronary intervention: An updated systematic review. *Catheter Cardiovasc Interv.* 2018; 92(1):18-27. doi:10.1002/ccd.27302.
- Sen S, Escaned J, Malik IS, et al. Development and validation of a new adenosine-independent index of stenosis severity from coronary wave-intensity analysis: results of the ADVISE (ADenosine Vasodilator Independent Stenosis Evaluation) study. *J Am Coll Cardiol.* 2012;59(15):1392-402. doi:10.1016/j.jacc.2011.11.003.
- Vrints C, Andreotti F, Koskinas KC, et al. 2024 ESC Guidelines for the management of chronic coronary syndromes [published correction appears in *Eur Heart J.* 2025;46(16):1565. doi:10.1093/eurheartj/ehaf079]. *Eur Heart J.* 2024;45(36):3415-537. doi:10.1093/eurheartj/ehae177.

5. Barbarash OL, Karpov YuA, Panov AV, et al. 2024 Clinical practice guidelines for Stable coronary artery disease. Russian Journal of Cardiology. 2024;29(9):6110. (In Russ.) Барбараш О.Л., Карпов Ю.А., Панов А.В. и др. Стабильная ишемическая болезнь сердца. Клинические рекомендации 2024. Российский кардиологический журнал. 2024;29(9):6110. doi:10.15829/1560-4071-2024-6110. EDN: HHJJUT.
6. 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 [published correction appears in Circulation. 2022 Mar 15;145(11):e771. doi:10.1161/CIR.0000000000001061.]. Circulation. 2022;145(3):e4-e17. doi:10.1161/CIR.0000000000001039.
7. Davies JE, Sen S, Dehbi HM, et al. Use of the Instantaneous Wave-free Ratio or Fractional Flow Reserve in PCI. N Engl J Med. 2017;376(19):1824-34. doi:10.1056/NEJMoa1700445.
8. Götzberg M, Christiansen EH, Gudmundsdottir IJ, et al. Instantaneous Wave-free Ratio versus Fractional Flow Reserve to Guide PCI. N Engl J Med. 2017;376(19):1813-23. doi:10.1056/NEJMoa1616540.
9. Nijjer SS, Sen S, Petraco R, et al. Pre-angioplasty instantaneous wave-free ratio pullback provides virtual intervention and predicts hemodynamic outcome for serial lesions and diffuse coronary artery disease. JACC Cardiovasc Interv. 2014;7(12):1386-96. doi:10.1016/j.jcin.2014.06.015.
10. Kikuta Y, Cook CM, Sharp ASP, et al. Pre-Angioplasty Instantaneous Wave-Free Ratio Pullback Predicts Hemodynamic Outcome In Humans With Coronary Artery Disease: Primary Results of the International Multicenter iFR GRADIENT Registry. JACC Cardiovasc Interv. 2018;11(8):757-67. doi:10.1016/j.jcin.2018.03.005.
11. Matsuo A, Kasahara T, Ariyoshi M, et al. Utility of angiography-physiology coregistration maps during percutaneous coronary intervention in clinical practice. Cardiovasc Interv Ther. 2021;36(2):208-18. doi:10.1007/s12928-020-00668-0.
12. Bubnov DS, Atanesyan RV, Kardanakhishvili ZB, et al. Angiographic registration of instantaneous wave-free ratio using "virtual stenting" and results of real stenting in patients with coronary artery disease and diffuse coronary artery lesions. Russian Cardiology Bulletin. 2023;18(4):92-101. (In Russ.) Бубнов Д.С., Атанесян Р.В., Карданахишвили З.Б. и др. Сравнение результатов ангиокорегистрации моментального резерва кровотока с "виртуальным стентированием" и фактического стентирования при диффузном и многоуровневом поражении коронарных артерий. Кардиологический вестник. 2023;18(4):92-101. doi:10.17116/Cardiobulletin20231804192.
13. Oh PC, Han SH. Diffuse Long Coronary Artery Disease is Still an Obstacle for Percutaneous Coronary Intervention in the Second-Generation Drug-Eluting Stent Era? Korean Circ J. 2019;49(8):721-3. doi:10.4070/kcj.2019.0150.
14. Paszek E, Zajdel W, Musiałek P, et al. Percutaneous management of long and diffused coronary lesions using newer generation drug-eluting stents in routine clinical practice: long-term outcomes and complication predictors. Pol Arch Intern Med. 2019;129(6):392-8. doi:10.20452/pamw.14864.
15. Bubnov DS, Atanesyan RV, Kardanakhishvili ZB, et al. Reproducibility of instantaneous wave-free ratio and angiography coregistration in patients with coronary heart disease and diffuse and multilevel coronary artery lesion. Eurasian Heart J. 2023;(4):32-40. (In Russ.) Бубнов Д.С., Атанесян Р.В., Карданахишвили З.Б. и др. Воспроизводимость ангиокорегистрации моментального резерва кровотока у больных ИБС с диффузным и многоуровневым поражением коронарных артерий. Евразийский кардиологический журнал. 2023;(4):32-40. doi:10.38109/2225-1685-2023-4-32-40.
16. 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. doi:10.1016/j.jcin.2019.05.054.