

## Шкала оценки тяжести коронарной микрососудистой обструкции (no-reflow) при чрескожных коронарных вмешательствах у пациентов с инфарктом миокарда

### Для корреспонденции:

Алексей Александрович Фролов,  
[frolov-al-al@yandex.ru](mailto:frolov-al-al@yandex.ru)

Поступила в редакцию 15 мая 2023 г.  
Исправлена 27 сентября 2023 г.  
Принята к печати 24 октября 2023 г.

**Цитировать:** Фролов А.А., Починка И.Г., Фролов И.А., Кузьмичев К.В., Мухин А.С., Шарабрин Е.Г., Синютин В.Н. Шкала оценки тяжести коронарной микрососудистой обструкции (no-reflow) при чрескожных коронарных вмешательствах у пациентов с инфарктом миокарда. *Патология кровообращения и кардиохирургия*. 2023;27(4):52-63. <https://dx.doi.org/10.21688/1681-3472-2023-4-52-63>

### Финансирование

Исследование выполнено в рамках программы стратегического академического лидерства «Приоритет-2030».

### Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

### Вклад авторов

Концепция и дизайн работы: А.А. Фролов, Е.Г. Шарабрин, И.Г. Починка  
Сбор и анализ данных: А.А. Фролов, И.А. Фролов, К.В. Кузьмичев  
Статистическая обработка данных: А.А. Фролов, И.А. Фролов, К.В. Кузьмичев  
Написание статьи: А.А. Фролов, И.Г. Починка, И.А. Фролов  
Исправление статьи: И.Г. Починка, А.С. Мухин, Е.Г. Шарабрин, В.Н. Синютин  
Утверждение окончательного варианта статьи: все авторы

### ORCID

А.А. Фролов, <https://orcid.org/0000-0001-7228-7563>  
И.Г. Починка, <https://orcid.org/0000-0001-5709-0703>

А.А. Фролов<sup>1,2</sup>, И.Г. Починка<sup>1,2</sup>, И.А. Фролов<sup>2</sup>, К.В. Кузьмичев<sup>1,2</sup>, А.С. Мухин<sup>1</sup>, Е.Г. Шарабрин<sup>1</sup>, В.Н. Синютин<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Приволжский исследовательский медицинский университет» Министерства здравоохранения Российской Федерации, Нижний Новгород, Российская Федерация

<sup>2</sup> Государственное бюджетное учреждение здравоохранения Нижегородской области «Городская клиническая больница № 13 Автозаводского района города Нижнего Новгорода», Нижний Новгород, Российская Федерация

<sup>3</sup> Общество с ограниченной ответственностью «Аспектус фарма», поселок Развилка Ленинского городского округа Московской области, Российская Федерация

### Аннотация

**Актуальность.** Нет шкалы, объединяющей традиционные критерии коронарной микрососудистой обструкции (no-reflow) для эффективной оценки тяжести и прогноза данного осложнения.

**Цель.** Разработать и изучить прогностическую ценность шкалы оценки тяжести коронарной микрососудистой обструкции в ходе чрескожных коронарных вмешательств при инфаркте миокарда.

**Методы.** В когортное исследование включено 203 пациента с инфарктом миокарда 1-го типа и коронарной микрососудистой обструкцией при чрескожном коронарном вмешательстве по критерию кровотока < 3 баллов по Thrombolysis in Myocardial Infarction (TIMI) flow grade. По предложенной шкале оценки тяжести коронарной микрососудистой обструкции (ШОТ-КМСО) выделены 3 группы. Коронарная микрососудистая обструкция 1-й степени (умеренная): TIMI flow grade 2 балла, Myocardial blush grade 2–3 балла, резольюция сегмента ST после чрескожного коронарного вмешательства > 70 %. Коронарная микрососудистая обструкция 2-й степени (средней тяжести): TIMI flow grade 2 балла, Myocardial blush grade 0–1 балл или резольюция сегмента ST < 70 %. Коронарная микрососудистая обструкция 3-й степени (тяжелая): TIMI flow grade 0–1 балл.

**Результаты.** Распределение групп с коронарной микрососудистой обструкцией 1-й, 2-й и 3-й степеней: 65 (32 %) / 88 (43 %) / 50 (25 %) пациентов соответственно. Госпитальные исходы по группам: острая сердечная недостаточность III–IV класса — 2 (3 %) / 11 (13 %) / 14 (28 %),  $p < 0,001$ ; фракция выброса — 48 [44; 53] % / 46 [40; 50] % / 42 [39; 49] %,  $p = 0,004$ ; госпитальная смерть — 1 (1,5 %) / 12 (13,6 %) / 16 (32,0 %),  $p < 0,001$ ; смерть в течение двух лет — 8 (12,3 %) / 19 (21,6 %) / 22 (44,0 %),  $p < 0,001$ . Многофакторный анализ: отношение шансов смерти в течение двух лет для ШОТ-КМСО — 2,40 [95% доверительный интервал 1,23–5,17],  $p = 0,009$ . Вероятность выжить за двухлетний период при КМСО 1-й степени по ШОТ-КМСО — 87,7 %, 2-й — 78,4 %, 3-й — 56,0 % ( $p < 0,001$ ).

И.А. Фролов, <https://orcid.org/0000-0003-2955-304X>  
 К.В. Кузьмичев, <https://orcid.org/0000-0002-1513-0313>  
 А.С. Мухин, <https://orcid.org/0000-0003-2336-8900>  
 Е.Г. Шарабрин, <https://orcid.org/0000-0001-5326-7233>  
 В.Н. Синютин, <https://orcid.org/0009-0002-0408-2659>

© Фролов А.А., Починка И.Г., Фролов И.А., Кузьмичев К.В.,  
 Мухин А.С., Шарабрин Е.Г., Синютин В.Н., 2023



**Заключение.** Степень тяжести коронарной микрососудистой обструкции, оцененная с помощью предложенной шкалы, ассоциирована с развитием неблагоприятных госпитальных исходов и является независимым предиктором смерти в течение двух лет.

**Ключевые слова:** инфаркт миокарда; коронарная микрососудистая обструкция; чрескожное коронарное вмешательство; no-reflow

## Введение

Примерно у 10 % пациентов с инфарктом миокарда (ИМ) при выполнении экстренного чрескожного коронарного вмешательства (ЧКВ) развивается синдром коронарной микрососудистой обструкции (КМСО, англ. coronary microvascular obstruction), или no-reflow [1]. Формирование КМСО ассоциировано с различными факторами, в том числе с тактикой и методикой проведения ЧКВ [1; 2]. Ключевым патогенетическим компонентом данного осложнения является интра- и экстравазальная обструкция микрососудистого русла, которая препятствует реперфузии миокарда несмотря на восстановление просвета эпикардальной коронарной артерии (КА) в ходе ЧКВ [3; 4]. Развитие КМСО является стойким предиктором смерти и других неблагоприятных исходов в раннем и отдаленном периодах лечения инфаркта миокарда [5].

Наиболее часто для диагностики КМСО используется определение Европейского общества кардиологов (англ. European Society of Cardiology) [6], согласно которому для подтверждения диагноза необходим хотя бы один из следующих критериев: 1) кровоток по Thrombolysis in Myocardial Infarction (TIMI) flow grade (TFG) [3; 6] в инфаркт-ответственной артерии (ИОА) менее 3 баллов; 2) перфузия по Myocardial blush grade (MBG) [3; 6] менее 2 баллов; 3) резолуция изменений сегмента ST (rST) на электрокардиограмме менее 70 % в течение 60–90 мин после чрескожного коронарного вмешательства.

С позиции патофизиологии выраженность КМСО, а соответственно и прогноз ИМ, зависят от объема поврежденного микрососудистого русла [2; 3; 5]. Каждая из трех указанных выше шкал характеризует тяжесть КМСО, но подходит к этому по-разному и имеет свою прогностическую ценность [7–9]. У одного пациента может быть различное сочетание оценок по обсуждаемым шкалам (в том числе и разнонаправленное), что затрудняет определение тяжести и прогноза осложнения.

В рамках данной работы нами предпринята попытка объединить указанные выше критерии в одну шкалу, которая позволит эффективно оценивать тяжесть и прогноз КМСО, развивающейся в ходе ЧКВ у пациентов с инфарктом миокарда.

Цель — разработать и изучить прогностическую ценность шкалы оценки тяжести синдрома КМСО (no-reflow), развивающегося при выполнении ЧКВ у пациентов с инфарктом миокарда.

## Методы

### Дизайн исследования

Проведено ретроспективное когортное исследование, в ходе которого предложена и клинически оценена классификация тяжести синдрома КМСО при выполнении ЧКВ у пациентов с ИМ. Включение и наблюдение больных выполняли в ГБУЗ НО «ГКБ № 13 Автозаводского района» (Нижний Новгород, Россия).

### Исследуемая группа

В исследование включили пациентов, последовательно поступивших с начала 2013 г. по конец 2020 г. Критерии включения: 1) поступление с ИМ 1-го типа; 2) выполнение экстренного ЧКВ; 3) развитие синдрома КМСО в ходе вмешательства.

Диагноз ИМ 1-го типа ставили в соответствии с универсальным определением ИМ [10]. Выполнение ЧКВ подразумевало успешную имплантацию стента в ИОА с восстановлением проходимости ее эпикардальной части [6]: остаточный стеноз менее 50 %, исключены окклюзирующая диссекция, перфорация, стойкий спазм или наличие крупного тромбоза в просвете артерии.

Синдром КМСО диагностировали при кровотоке по TFG [3; 6] в ИОА менее 3 баллов на момент окончания ЧКВ. Дополнительными показателями, характеризующими тяжесть развившейся КМСО, были: 1) перфузия миокарда после ЧКВ по MBG [3; 6] менее

2 баллов; 2) rST на электрокардиограмме менее 70 % в течение 60–90 мин после ЧКВ. В исследование не включали лиц с исходным ограничением перфузии миокарда вследствие кардиогенного шока, развившегося до чрескожного коронарного вмешательства.

### Анализируемые показатели

В ходе проведения исследования оценивали различные исходы. На этапе госпитализации фиксировали: 1) летальный исход; 2) развитие острой сердечной недостаточности (ОСН) III (отек легких) или IV (кардиогенный шок) класса по Киллипу (Killip) [1] во время ЧКВ; 3) фибрилляцию желудочков; 4) показатели эхокардиографии (ЭхоКГ) при выписке. С помощью ЭхоКГ оценивали фракцию выброса левого желудочка по Симпсону [6], конечный систолический и конечный диастолический объемы левого желудочка. Период отдаленного наблюдения составил 2 года (720 дней) с момента проведения ЧКВ, в течение которых отслеживали летальные исходы. Смерть в отдаленном периоде фиксировали на основании телефонного контакта.

С целью предотвращения искажения (смещения, англ. bias) результатов исследования контролировали различные показатели, которые потенциально связаны с течением и исходами ИМ и могли выступать в роли вмешивающихся факторов (конфаундеров, англ. confounder).

Анализировали демографические и анамнестические показатели: возраст, пол, наличие в анамнезе ишемической болезни сердца, ИМ, сахарного диабета, артериальной гипертензии, острого нарушения мозгового кровообращения. Клинические параметры: тип ИМ при поступлении (с подъемом или без подъема сегмента ST в соответствии с текущими рекомендациями) [6], применение системной тромболитической терапии, время от начала ангинозного статуса до ЧКВ («боль – баллон»). Во всех случаях тромболитическую терапию проводили препаратом проурокиназа рекомбинантная (по схеме).

В ходе селективной коронароангиографии оценивали: скорость кровотока в ИОА до ЧКВ по TFG, выраженность тромбоза ИОА до ЧКВ по TIMI thrombus grade [3], тяжесть поражения КА по шкале SYNTAX Score [6] (в общем и отдельно для ИОА), выраженность коллатералей к ИОА по классификации Рентропа (Rentrop) [3], развитие ИМ вследствие дестабилизации атеросклеротической бляшки в стволе левой КА или передней межжелудочковой артерии.

При проведении ЧКВ фиксировали параметры: мануальная вакуумная тромбаспирация, предила-

тация и постдилатация «баллоном высокого давления» (англ. noncompliant balloon); внутриаортальная баллонная контрпульсация; интракоронарное введение изосорбида динитрата и верапамила гидрохлорида; применение блокаторов гликопротеиновых IIb/IIIa рецепторов тромбоцитов; использование «слабого» (клопидогрел) или «сильного» (тикагрелор, прасугрел) блокатора P2Y<sub>12</sub>-рецепторов тромбоцитов; использование стента с антипролиферативным покрытием или без него; установка трех и более стентов; проведение ЧКВ более чем на одной коронарной артерии.

Техника интракоронарного введения в случае изосорбида динитрата подразумевала медленное введение 100 мкг препарата селективно через направляющий катетер. В случае верапамила гидрохлорида — медленное введение 200 мкг препарата суперселективно (в дистальный сегмент ИОА) через микрокатетер, баллонный или аспирационный катетер. Из блокаторов гликопротеиновых IIb/IIIa рецепторов тромбоцитов применяли эптифибатид, из блокаторов P2Y<sub>12</sub> — клопидогрел и тикагрелор. Контрастирование осуществляли неионным низкоосмолярным йодсодержащим рентгеноконтрастным препаратом йогексол-350 с содержанием йода 350 мг/мл. Среди стентов с антипролиферативным покрытием использовали системы с зотаролимусом и эверолимусом в составе.

Для анализа лабораторных показателей проводили тесты, доступные на момент поступления: гемоглобин, нейтрофилы, скорость клубочковой фильтрации, глюкоза, сердечный тропонин I.

Указанные выше данные взяты из различных источников. Ангиографические показатели и аспекты проведенного ЧКВ получены путем анализа ангиографических снимков в формате DICOM и операционных заключений. Демографические, анамнестические, клинические и лабораторные параметры извлечены из единой внутриведомственной базы данных пациентов с острым коронарным синдромом и верифицированы с помощью истории болезни.

### Описание предлагаемой шкалы

Нами разработана оригинальная система оценки тяжести и прогноза КМСО — шкала оценки тяжести КМСО (ШОТ-КМСО; англ. coronary microvascular obstruction severity scale, CMVO-SS), включающая четыре степени:

- нулевая степень: TFG 3 балла (нет КМСО);
- первая степень: TFG 2 балла, MBG 2–3 балла и rST > 70 % (умеренная КМСО);

- вторая степень: TFG 2 балла в сочетании с MBG 0–1 балл или rST < 70 % (КМСО средней тяжести);
- третья степень: TFG 0–1 балл (тяжелая КМСО).

Оценивать ангиографические показатели следует на момент окончания ЧКВ (после завершения всех интракоронарных манипуляций и окончания периоперационной медикаментозной терапии КМСО).

Поскольку кровоток, равный 3 баллам по TFG, означает отсутствие выраженной КМСО [6] и, по свидетельствам многих авторов [1–3], ассоциирован с более благоприятным прогнозом ИМ, пациентов с кровотоком TFG 3 балла (нулевая степень КМСО по предлагаемой классификации) в исследовании не включали.

### Статистический анализ

Объем выборки определило количество пациентов, соответствовавших критериям включения/исключения, за указанный период набора испытуемых в исследование.

При статистическом анализе нормальность распределения непрерывных переменных проверяли критерием Лиллиефорса. Учитывая характер распределения и количество групп сравнения, для оценки статистической значимости различий количественных данных использовали критерий Крускала – Уоллиса с последующим попарным *post-hoc* анализом групп с помощью критерия Манна – Уитни. Оценку статистической значимости различий качественных данных проводили критерием хи-квадрат с поправкой Йейтса и точным критерием Фишера (в зависимости от ожидаемой частоты событий и количества групп сравнения). Для *post-hoc* анализа парных групп по качественным признакам использовали критерий хи-квадрат с поправкой Йейтса и точный критерий Фишера (в зависимости от ожидаемой частоты событий). Различия считали статистически значимыми при  $p < 0,05$ . Множественные сравнения проводили с помощью поправки Бонферрони. С целью анализа выживаемости строили кривые Каплана – Майера и применяли логранговый критерий. Количественные данные представлены в виде медиан и интерквартильных интервалов (Me [Q1; Q3]). Качественные данные — в виде абсолютных значений и процентных долей.

Для коррекции искажения (смещения) результатов вследствие влияния конфаундеров проводили многофакторный анализ методом логистической регрессии. Все модели логистической регрессии

использовали с применением метода уменьшения смещения Фёрта [11]. Предлагаемую шкалу учитывали в моделях как целую переменную, поскольку могли предполагать, что различия между соседними категориями «примерно одинаковы».

В данных присутствовали пропуски значений, соответствующие типу «случайные пропуски» (англ. *missing at random*, MAR). Для их обработки применяли многомерный способ заполнения отсутствующих данных с помощью цепных уравнений (англ. *multivariate imputation via chained equations*, MICE) с использованием деревьев классификации и регрессии (англ. *classification and regression trees*) [12].

Статистическую обработку проводили с помощью программ Statistica 12.0 (StatSoft, Талса, США), MedCalc 11.5 (MedCalc Software, Остенд, Бельгия) и языка программирования R (версия 4.3.0) в среде программирования RStudio (Posit Software, Бостон, США, версия 2023.03.0+386). Использовали библиотеки: *mice*, *ggplot2*, *sjPlot*, *ggstatsplot*, *ggpubr*, *logistf*, *reporter*.

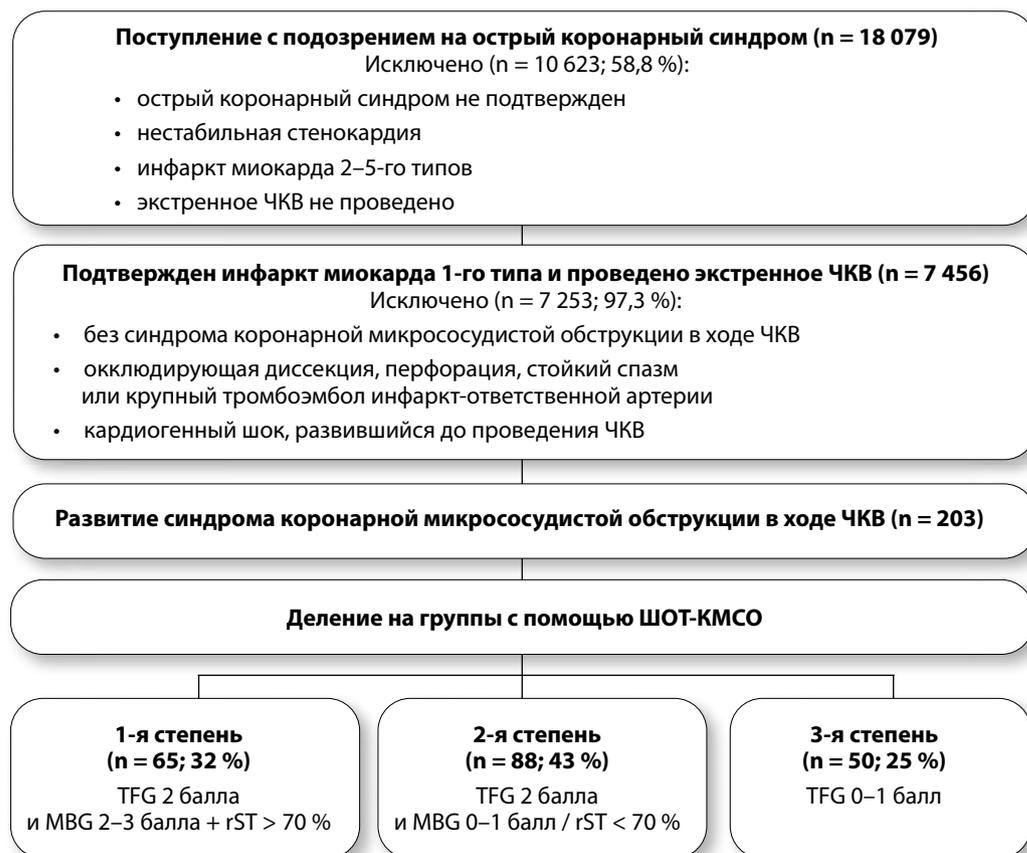
### Результаты

Согласно критериям включения/исключения из 18 079 пациентов, поступивших с острым коронарным синдромом, отобрали 7 456 (41,2 %) больных с ИМ 1-го типа и экстренным ЧКВ. Из них выделили 203 (2,7 %) пациента, у которых развился синдром КМСО в ходе выполнения экстренного ЧКВ. Медиана возраста испытуемых составила 64,8 [56,7; 71,9] года, 136 (67 %) мужчин и 67 (33 %) женщин.

Согласно представленной ранее классификации и критериям включения/исключения (больных с TFG 3 балла не рассматривали) выделили три группы сравнения: КМСО 1-й степени (умеренная) по ШОТ-КМСО — 65 (32 %) пациентов; КМСО 2-й степени (средней тяжести) — 88 (43 %); КМСО 3-й степени (тяжелая) — 50 (25 %). Схема включения и деления на группы представлена на рис. 1.

Продолжительность первичной госпитализации составила 12 [9; 14] дней. После выполнения ЧКВ и формирования КМСО у 27 (13 %) пациентов развилась ОШ III–IV класса. Фибрилляцию желудочков зарегистрировали у 16 (8 %) больных. Фракция выброса левого желудочка при выписке — 46 [41; 50] %, конечный диастолический и конечный систолический объемы левого желудочка — 113 [90; 146] и 60 [45; 79] мл соответственно.

На этапе госпитализации смерть наступила в 29 случаях (14,3 % из 203 включенных в исследование).



**Рис. 1.** Включение пациентов в исследование

*Примечание.* ЧКВ — чрескожное коронарное вмешательство; ШОТ-КМСО — шкала оценки тяжести коронарной микрососудистой обструкции; MBG — Myocardial blush grade; rST — резольюция сегмента ST; TFG — Thrombolysis in Myocardial Infarction (TIMI) flow grade.

Причины смерти на госпитальном этапе: кардиогенный шок у 19 больных (66 % от 29 умерших), механические осложнения ИМ у 6 (21 %), острая левожелудочковая недостаточность у 2 (7 %), фибрилляция желудочков у 1 (3 %), тромбоэмболические осложнения у 1 (3 %).

После выписки и до окончания периода наблюдения зарегистрировано еще 20 случаев смерти (9,8 % из 203 включенных в исследование). У 12 больных (60 % от 20 умерших на данном этапе) причиной смерти стала декомпенсация хронической сердечной недостаточности, у 3 (15 %) — повторный ИМ, у 1 (5 %) — ургентная аритмия, у 1 (5 %) — ишемический инсульт, у 3 (15 %) причина смерти неизвестна.

Всего за период наблюдения зафиксировано 49 случаев смерти (24,1 % от 203 включенных в исследование). Оценить наступление летального исхода в течение двух лет удалось у всех пациентов

выборки, выбывших из-под наблюдения больных не было.

Пропуски данных отмечены в следующих показателях: нейтрофилы (пропущено 22,7 % значений), конечный систолический объем левого желудочка (20,2 %), конечный диастолический объем левого желудочка (19,7 %), сердечный тропонин I (16,7 %), фракция выброса левого желудочка (12,3 %), гемоглобин (3,9 %), глюкоза (3,9 %), скорость клубочковой фильтрации (3,4 %).

Характеристика общей выборки и сравнение исследуемых групп (в том числе post-hoc анализ) по анамнестическим, клиническим и лабораторным показателям представлены в табл. 1, характеристика и сравнение (в том числе post-hoc анализ) по ангиографическим параметрам и методике проведения ЧКВ — в табл. 2. Результаты однофакторного анализа продемонстрировали, что пациенты с различной степенью тяжести КМСО разнятся по уровню

Табл. 1. Анамнестические, клинические и лабораторные показатели

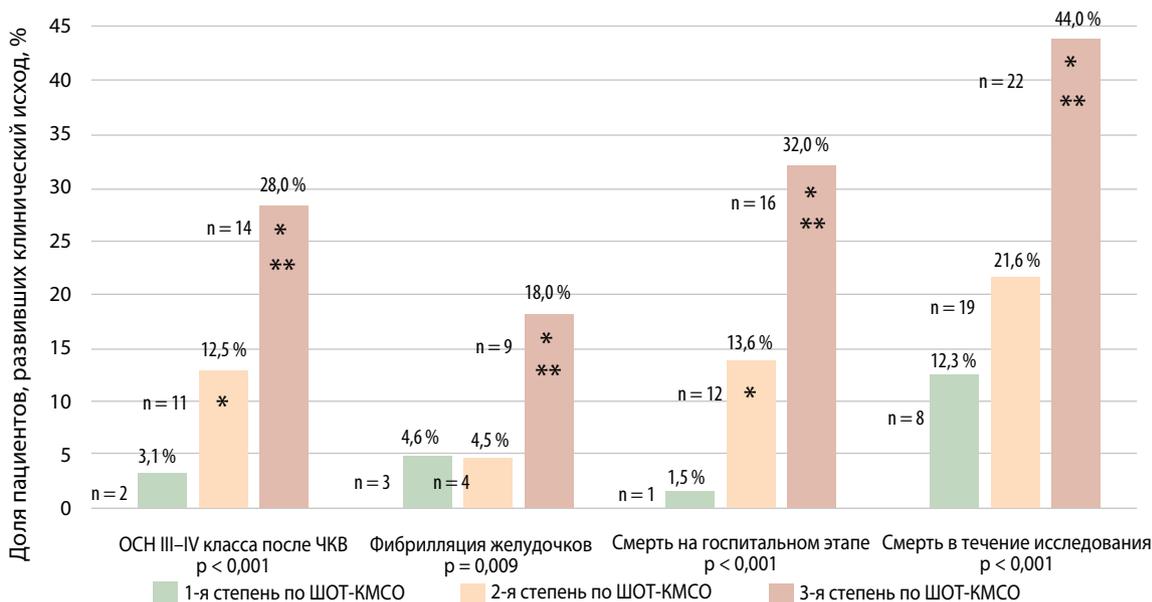
Показатель	Общая выборка (n = 203)	Группа 1, КМСО 1-й степени (умеренная) (n = 65)	Группа 2, КМСО 2-й степени (средней тяжести) (n = 88)	Группа 3, КМСО 3-й степени (тяжелая) (n = 50)	p (для групп)
Возраст, лет (Ме [Q1; Q3])	64,8 [56,7; 71,9]	64,1 [57,7; 71,1]	63,8 [55,0; 68,4]	66,9 [58,4; 78,2]	0,09
Мужчин/женщин, n (%)	136 (67)/67 (33)	46 (71)/19 (29)	58 (66)/30 (34)	32 (64)/18 (36)	0,72
Артериальная гипертензия, n (%)	164 (81)	53 (82)	73 (83)	38 (76)	0,60
Сахарный диабет, n (%)	56 (28)	15 (23)	26 (30)	15 (30)	0,62
Ишемическая болезнь сердца в анамнезе, n (%)	69 (34)	26 (40)	27 (31)	16 (32)	0,46
ИМ в анамнезе, n (%)	34 (17)	9 (14)	15 (17)	10 (20)	0,68
ОНМК в анамнезе, n (%)	19 (9)	5 (8)	9 (10)	5 (10)	0,85
ИМпST, n (%)	183 (90)	56 (86)	80 (91)	47 (94)	0,36
Системная ТЛТ, n (%)	63 (31)	16 (25)	29 (33)	18 (36)	0,37
Время «боль – баллон», ч (Ме [Q1; Q3])	9,0 [4,7; 15,9]	10,3 [5,0; 14,6]	7,6 [4,2; 16,2]	9,7 [5,2; 16,0]	0,63
Гемоглобин, г/л (Ме [Q1; Q3])	143 [135; 156]	143 [133; 157]	143 [137; 155]	143 [135; 159]	0,80
<b>Нейтрофилы, 10<sup>9</sup> ед./л (Ме [Q1; Q3])</b>	<b>5,1 [4,0; 6,8]</b>	<b>4,7 [3,9; 6,3]<sup>3</sup></b>	<b>5,1 [3,9; 6,3]</b>	<b>5,7 [4,6; 8,4]<sup>1</sup></b>	<b>0,02</b>
<b>СКФ, мл/мин/1,73 м<sup>2</sup> (Ме [Q1; Q3])</b>	<b>73 [55; 86]</b>	<b>77 [61; 87]<sup>3</sup></b>	<b>74 [57; 89]<sup>3</sup></b>	<b>63 [48; 78]<sup>1,2</sup></b>	<b>0,003</b>
Глюкоза, ммоль/л (Ме [Q1; Q3])	8,3 [7,0; 10,9]	7,8 [6,9; 9,6]	8,8 [7,4; 11,8]	8,7 [6,9; 12,1]	0,10
Сердечный тропонин I, нг/мл (Ме [Q1; Q3])	0,6 [0,1; 6,8]	0,6 [0,1; 5,0]	0,6 [0,1; 4,0]	0,8 [0,2; 9,5]	0,42

Примечание. <sup>1,2</sup> или <sup>3</sup> — значение показателя статистически значимо с учетом поправки Бонферрони (p < 0,017 = 0,05 / 3) отличается от идентичного показателя из групп 1, 2 или 3 соответственно при post-хос анализе; ИМ — инфаркт миокарда; ИМпST — ИМ с подъемом сегмента ST; КМСО — коронарная микрососудистая обструкция; ОНМК — острое нарушение мозгового кровообращения; СКФ — скорость клубочковой фильтрации; ТЛТ — тромболитическая терапия.

Табл. 2. Ангиографические параметры и методика проведения чрескожного коронарного вмешательства

Показатель	Общая выборка (n = 203)	Группа 1, КМСО 1-й степени (умеренная) (n = 65)	Группа 2, КМСО 2-й степени (средней тяжести) (n = 88)	Группа 3, КМСО 3-й степени (тяжелая) (n = 50)	p (для групп)
<b>SYNTAX Score, баллы (Ме [Q1; Q3])</b>	<b>16 [9; 22]</b>	<b>14 [8; 19]<sup>3</sup></b>	<b>16 [10; 23]</b>	<b>21 [12; 25]<sup>1</sup></b>	<b>0,004</b>
<b>SYNTAX Score в ИОА, баллы (Ме [Q1; Q3])</b>	<b>10 [7; 15]</b>	<b>8 [6; 14]<sup>3</sup></b>	<b>10 [7; 15]</b>	<b>14 [8; 21]<sup>1</sup></b>	<b>0,002</b>
ИОА — ствол ЛКА или ПМЖА, n (%)	95 (47)	24 (37)	43 (49)	28 (56)	0,11
TIMI flow grade до ЧКВ, степень (Ме [Q1; Q3])	0 [0; 0]	0 [0; 2]	0 [0; 0]	0 [0; 1]	0,24
TIMI thrombus grade в ИОА до ЧКВ, степень (Ме [Q1; Q3])	5 [4; 5]	5 [2; 5]	5 [5; 5]	5 [4; 5]	0,36
Выраженность коллатералей к ИОА, степень (Ме [Q1; Q3])	0 [0; 0]	0 [0; 0]	0 [0; 0]	0 [0; 0]	0,73
Предилатация ИОА, n (%)	169 (83)	51 (79)	73 (83)	45 (90)	0,26
Постдилатация ИОА «баллоном высокого давления», n (%)	27 (13)	10 (15)	13 (15)	4 (8)	0,44
Мануальная вакуумная тромбаспирация, n (%)	45 (22)	12 (19)	19 (22)	14 (28)	0,47
Внутриаортальная вакуумная тромбаспирация, n (%)	13 (6)	0 (0)	8 (9)	5 (10)	0,04
Изосорбида динитрат интракоронарно, n (%)	81 (40)	23 (36)	40 (45)	18 (36)	0,37
Верапамила гидрохлорид интракоронарно, n (%)	46 (23)	19 (28)	20 (23)	8 (16)	0,33
Блокатор гликопротеиновых IIb/IIIa рецепторов, n (%)	5 (3)	1 (2)	3 (3)	1 (2)	0,74
«Сильный» блокатор P2Y <sub>12</sub> , n (%)	42 (21)	13 (20)	23 (26)	6 (12)	0,14
Стент с антипролиферативным покрытием, n (%)	44 (22)	17 (26)	21 (24)	6 (12)	0,15
<b>Имплатация трех и более стентов, n (%)</b>	<b>31 (15)</b>	<b>10 (15)</b>	<b>8 (9)<sup>3</sup></b>	<b>13 (26)<sup>2</sup></b>	<b>0,03</b>
ЧКВ более чем на одной КА, n (%)	7 (4)	3 (5)	1 (1)	3 (6)	0,26

Примечание. <sup>1,2</sup> или <sup>3</sup> — значение показателя статистически значимо с учетом поправки Бонферрони (p < 0,017 = 0,05 / 3) отличается от идентичного показателя из групп 1, 2 или 3 соответственно при post-хос анализе; блокатор P2Y<sub>12</sub> — блокатор P2Y<sub>12</sub>-рецепторов тромбоцитов; ИОА — инфаркт-ответственная артерия; КА — коронарная артерия; КМСО — коронарная микрососудистая обструкция; ЛКА — левая КА; ПМЖА — передняя межжелудочковая артерия; ЧКВ — чрескожное коронарное вмешательство; TIMI — Thrombolysis in Myocardial Infarction.



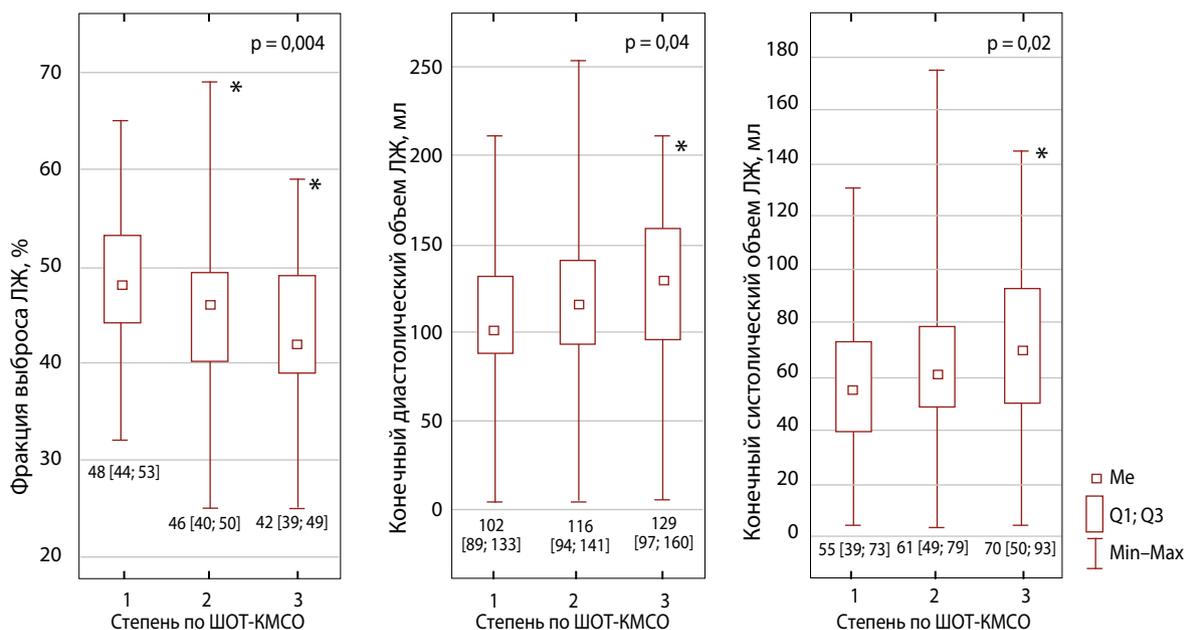
**Рис. 2.** Клинические исходы

*Примечание.* \* или \*\* — значение показателя статистически значимо с учетом поправки Бонферрони ( $p < 0,017 = 0,05 / 3$ ) отличается от идентичного показателя из групп 1 или 2 соответственно при post-hoc анализе; ОШН — острая сердечная недостаточность; ЧКВ — чрескожное коронарное вмешательство; ШОТ-КМСО — шкала оценки тяжести коронарной микрососудистой обструкции.

нейтрофилов, скорости клубочковой фильтрации, общему SYNTAX Score, SYNTAX Score в ИОА и доле больных с имплантацией трех и более стентов ( $p < 0,05$ ).

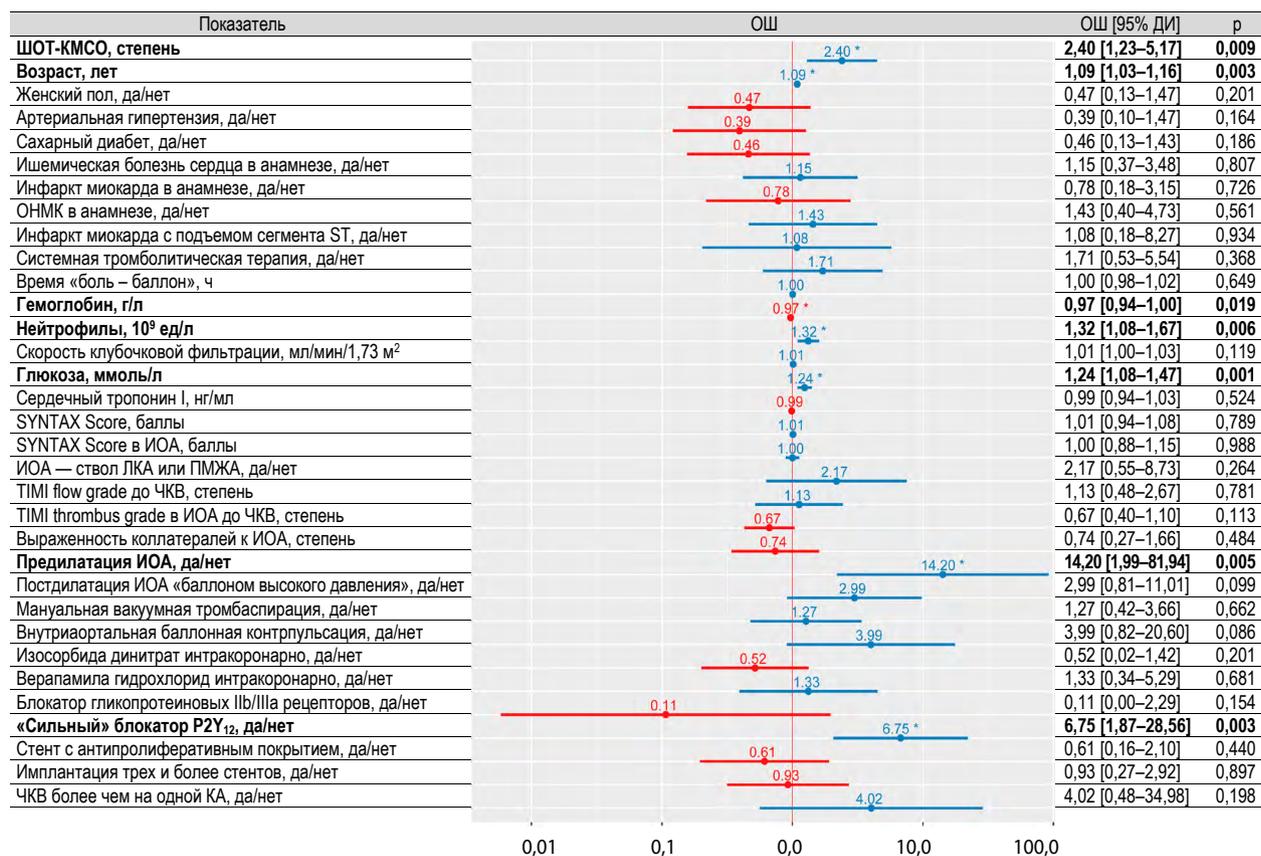
Также анализ показал, что больные с различной тяжестью КМСО, оцененной по предложенной шкале, статистически значимо различаются по всем

клиническим исходам (рис. 2) и показателям ЭхоКГ (рис. 3). Дальнейшие попарные сравнения (post-hoc анализ) продемонстрировали, что лица с тяжелой КМСО (3-й степени) имеют худший прогноз: данная группа отличалась от групп с КМСО 1-й и 2-й степеней по всем качественным исходам (рис. 2)



**Рис. 3.** Эхокардиографические показатели

*Примечание.* \* или \*\* — значение показателя статистически значимо с учетом поправки Бонферрони ( $p < 0,017 = 0,05 / 3$ ) отличается от идентичного показателя из групп 1 или 2 соответственно при post-hoc анализе; ЛЖ — левый желудочек; ШОТ-КМСО — шкала оценки тяжести коронарной микрососудистой обструкции.



**Рис. 4.** Многофакторный анализ показателей, ассоциированных с летальным исходом в течение двух лет после развития коронарной микрососудистой обструкции в ходе чрескожного коронарного вмешательства при инфаркте миокарда

*Примечание.* Блокатор P2Y<sub>12</sub> — блокатор P2Y<sub>12</sub>-рецепторов тромбоцитов; ДИ — доверительный интервал; ИОА — инфаркт-ответственная артерия; КА — коронарная артерия; ЛКА — левая КА; ОНМК — острое нарушение мозгового кровообращения; ОШ — отношение шансов; ПМЖА — передняя межжелудочковая артерия; ЧКВ — чрескожное коронарное вмешательство; ШОТ-КМСО — шкала оценки тяжести коронарной микрососудистой обструкции; TIMI — Thrombolysis in Myocardial Infarction.

и от группы с КМСО 1-й степени по показателям ЭхоКГ (рис. 3). Для параметров «ОСН III–IV класса», «смерть на госпитальном этапе» и «фракция выброса левого желудочка» были получены статистически значимые межгрупповые различия при сравнении пациентов с КМСО 1-й и 2-й степеней (рис. 2, 3).

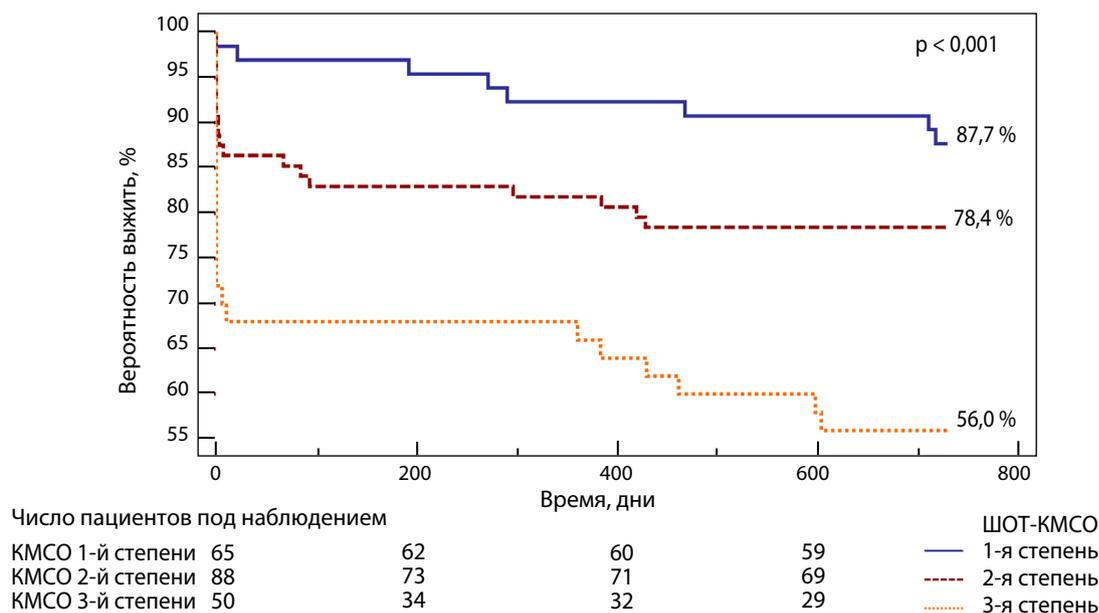
Исследуемые показатели (табл. 1 и 2) и ШОТ-КМСО были включены в многофакторный анализ. Его результаты подтвердили роль предложенной нами шкалы как независимого предиктора смерти в течение двух лет после индексного чрескожного коронарного вмешательства (рис. 4).

Сравнение двухлетних кривых выживаемости также подтвердило различия между пациентами с различной степенью тяжести КМСО по анализируемой шкале (рис. 5).

## Обсуждение

### Обсуждение ключевых результатов

В ходе исследования разработана шкала оценки тяжести синдрома КМСО, развивающегося в ходе проведения ЧКВ у пациентов с ИМ. Предлагаемая классификация учитывает и объединяет результаты оценки трех показателей, наиболее часто применяемых при диагностике КМСО: TFG, MBG и rST. Степень тяжести КМСО, оцененная с помощью данной шкалы, является независимым предиктором смерти в течение последующих двух лет и ассоциирована с выраженностью ОСН, риском фибрилляции желудочков и тяжестью дисфункции левого желудочка по данным ЭхоКГ на этапе индексной госпитализации.



**Рис. 5.** Двухлетние кривые выживаемости в зависимости от тяжести коронарной микрососудистой обструкции

*Примечание.* КМСО — коронарная микрососудистая обструкция; ШОТ-КМСО — шкала оценки тяжести коронарной микрососудистой обструкции.

### Интерпретация результатов

О существенном ухудшении прогноза ИМ в случае развития КМСО известно давно. Негативный эффект этого осложнения пролонгирован во времени и продолжает проявляться спустя многие годы [13]. Однако ряд вопросов прогнозирования и оценки тяжести синдрома остаются открытыми.

Любая отдельно взятая шкала для диагностики КМСО (TFG, MBG или rST) в той или иной степени ассоциирована с неблагоприятными исходами и имеет свою прогностическую ценность [5; 7–9]. При этом взаимосвязь данных шкал и влияние каждой из них на прогноз изучены мало. Существует только одна работа, где оценивался совместный вклад MBG и rST в развитие неблагоприятных исходов ИМ [14]. Кроме того, очевидно, что КМСО может иметь различную выраженность и, соответственно, должна оказывать ступенчатое влияние на прогноз. При этом в большинстве современных исследований рассмотрены только полярные градации КМСО: максимальный кровоток или перфузия против всех остальных оценок [7; 15]. У ряда больных ангиографически диагностированная микрососудистая обструкция может быть обратимой по электрокардиографическим критериям [2–3]. Как оценивать прогноз и тяжесть КМСО у пациента, имеющего противоположные результаты (позитивные и негативные) по разным шкалам, неясно.

Созданная нами ШОТ-КМСО является попыткой объединить ключевые диагностические критерии КМСО с целью структурирования данного осложнения и более четкого разделения по тяжести и прогнозу. За основу предложенной системы оценки взята TFG, так как данная шкала хорошо валидизирована, распространена, достаточно объективна и доступна для использования в любой операционной [7; 15]. Применение же MBG и rST вносит дополнительные оттенки и расширяет размерность модели. При этом подобное увеличение размерности не является самоцелью. Как было показано в проведенной работе, прогноз при различной степени тяжести КМСО статистически значимо различается, а зависимость между степенью и прогнозом носит линейный характер. Действительно, КМСО 3-й степени ассоциирована с наихудшим прогнозом, однако степени 1 и 2 также имеют существенные прогностические различия (рис. 2, 3, 5).

Отдельно отметим, что предложенная ШОТ-КМСО оказалась независимым предиктором смерти по результатам многофакторного анализа и учета перекрестного влияния всех потенциальных конфаундеров (рис. 4). Отношение шансов смерти в течение двух лет для ШОТ-КМСО было равным 2,40 [95% доверительный интервал 1,23–5,17],  $p = 0,009$ .

Любопытные тенденции можно увидеть при анализе кривых выживаемости (рис. 5). Наибольшее

расхождение кривых получено на госпитальном этапе. Ранний госпитальный период является самым опасным у пациентов с ИМ в общем и с КМСО в частности. На этом этапе максимально высок риск развития ОЧН и фибрилляции желудочков, что и было подтверждено в настоящей работе (рис. 2). В дальнейшем кривая выживаемости больных с КМСО 3-й степени имела самую негативную тенденцию. Вероятность выжить за двухлетний период при КМСО 1-й степени по ШОТ-КМСО — 87,7 %, 2-й — 78,4 %, а при 3-й — всего 56,0 % ( $p < 0,001$ ). Полагаем, это можно объяснить наибольшим прогрессированием хронической сердечной недостаточности у пациентов данной группы. На этапе индексной госпитализации больные с КМСО 3-й степени уже имели худшие эхокардиографические показатели из всех групп сравнения (рис. 3).

### Ограничения

Проведенное исследование имеет ряд ограничений. В работу было включено 203 пациента, что составило всего 2,7 % от общего числа потенциально доступных больных ИМ с проведенным ЧКВ. Небольшую долю лиц с развившейся КМСО можно объяснить ретроспективным характером исследования. Больных с КМСО первично отбирали по базе данных и затем верифицировали по ангиографии. Вероятно, этот факт стал причиной отбора в исследование пациентов с более выраженной и стойкой КМСО, которую большинство врачей чаще фиксировали в первичной документации (особенно на начальном этапе работы нашего отделения в 2013 г.). При этом большая часть больных была включена в 2018–2020 гг., когда коллектив отделения уже имел некоторую настороженность в отношении КМСО и более тщательно фиксировал ее развитие в операционных протоколах. Однако, поскольку работа охватывала значительный временной промежуток (2013–2020 гг.) и существенное количество пациентов ( $n = 7\ 456$ ), общая частота выявления КМСО оказалась относительно небольшой. При этом, хотя значение 2,7 % может и недостаточно объективно характеризовать частоту развития КМСО при ИМ, методология отбора больных была корректной, а полученные результаты, на наш взгляд, — объективными.

В клинической практике встречаются пациенты, имеющие неудовлетворительную перфузию по MBG и/или отсутствие rST при сохраненном кровотоке по TFG (3 балла). Согласно определению Европейского общества кардиологов, в таких случаях также можно говорить о развитии КМСО [3; 6]. Однако, учиты-

вая ретроспективный характер работы (подобных больных в выборке было очень мало) и тот факт, что пациенты с кровотоком по TFG 3 балла имеют хороший прогноз [1–3], мы решили не создавать специальную степень для данных больных в рамках предлагаемой классификации.

Среди включенных в исследование лиц была относительно малая доля пациентов с имплантацией стента с антипролиферативным покрытием (22 %), использованием «сильных» блокаторов P2Y<sub>12</sub>-рецепторов тромбоцитов (21 %), а также применением блокаторов гликопротеиновых IIb/IIIa рецепторов тромбоцитов (3 %). Влияние указанных факторов во многом нивелируется многофакторным анализом. Скорее всего, обсуждаемое ограничение связано с периодом набора больных (2013–2020 гг.), в течение которого клиническая практика и спектр доступных препаратов и инструментов изменились.

Также к ограничениям, обусловленным ретроспективным характером исследования, стоит отнести тот факт, что влияние ШОТ-КМСО на прогноз оценивали только с учетом госпитальных параметров. Такие показатели, как характер и регулярность приема последующей медикаментозной терапии, повторные плановые реваскуляризации КА, а также развитие неблагоприятных событий, обусловленных другими заболеваниями, не учитывали.

В анализируемых данных присутствовали пропущенные значения лабораторных показателей и результатов ЭхоКГ. Однако для большинства параметров количество пропусков было небольшим, а для решения проблемы использовали современный метод импутации данных (заполнения пропущенных значений).

### Обобщаемость (внешняя валидность)

Выборка пациентов, включенных в исследование, представляется репрезентативной больным с КМСО и ИМ в реальной клинической практике, поскольку: 1) работа выполнена в крупном сосудистом центре с существенным потоком больных, 2) ЧКВ и медикаментозную терапию ИМ проводили в соответствии с актуальными клиническими рекомендациями.

Ограничения не позволяют в должной мере оценить влияние на прогноз некоторых методик и препаратов (например, блокаторов гликопротеиновых IIb/IIIa рецепторов тромбоцитов).

Ретроспективный характер работы ограничил частоту выявления и отбора пациентов с КМСО, что могло привести к смещению при анализе

результатов, поэтому предлагаемую шкалу следует валидизировать в проспективном исследовании.

### Заключение

Разработана шкала оценки тяжести синдрома КМСО, развивающегося при ЧКВ у пациентов с ИМ. Предлагаемая классификация учитывает и объединяет результаты оценки трех показателей, наиболее часто применяемых при диагностике КМСО: TFG, MBG и rST. Степень тяжести КМСО, оцененная с помощью данной шкалы, ассоциирована с тяжестью госпитальных исходов и является независимым предиктором смерти в отдаленном периоде наблюдения.

### Список литературы / References

- Ciofani J.L., Allahwala U.K., Scarsini R., Ekmejian A., Banning A.P., Bhindi R., De Maria G.L. No-reflow phenomenon in ST-segment elevation myocardial infarction: still the Achilles' heel of the interventionalist. *Future Cardiol.* 2021;17(2):383-397. PMID: 32915083. <https://dx.doi.org/10.2217/fca-2020-0077>
- Konijnenberg L.S.F., Damman P., Duncker D.J., Kloner R.A., Nijveldt R., van Geuns R.-J.M., Berry C., Rixen N.P., Escaned J., van Royen N. Pathophysiology and diagnosis of coronary microvascular dysfunction in ST-elevation myocardial infarction. *Cardiovasc Res.* 2020;116(4):787-805. PMID: 31710673; PMCID: PMC7061278. <https://dx.doi.org/10.1093/cvr/cvz301>
- Kaur G., Baghdasaryan P., Natarajan B., Sethi P., Mukherjee A., Varadarajan P., Pai R.G. Pathophysiology, diagnosis, and management of coronary no-reflow phenomenon. *Int J Angiol.* 2021;30(1):15-21. PMID: 34025092; PMCID: PMC8128485. <https://dx.doi.org/10.1055/s-0041-1725979>
- Niccoli G., Montone R.A., Ibanez B., Thiele H., Crea F., Heusch G., Bulluck H., Hausenloy D.J., Berry C., Stiermaier T., Camici P.G., Eitel I. Optimized treatment of ST-elevation myocardial infarction. *Circ Res.* 2019;125(2):245-258. PMID: 31268854. <https://dx.doi.org/10.1161/circresaha.119.315344>
- Фролов А.А., Починка И.Г., Шахов Б.Е., Шарабрин Е.Г., Кузьмичев К.В. Феномен коронарной микрососудистой обструкции (no-reflow) при проведении чрескожных коронарных вмешательств у пациентов с инфарктом миокарда. *Патология кровообращения и кардиохирургия.* 2020;24(1):18-27. <https://dx.doi.org/10.21688/1681-3472-2020-1-18-27>  
Frolov A.A., Pochinka I.G., Shakhov B.E., Sharabrin E.G., Kuzmichev K.V. Coronary microvascular obstruction (the no-reflow phenomenon) during percutaneous coronary interventions in patients with myocardial infarction. *Patologiya krovoobrashcheniya i kardiokhirurgiya = Circulation Pathology and Cardiac Surgery.* 2020;24(1):18-27. (In Russ.) <https://dx.doi.org/10.21688/1681-3472-2020-1-18-27>
- Ibanez B., James S., Agewall S., Antunes M.J., Bucciarelli-Ducci C., Bueno H., Caforio A.L.P., Crea F., Goudevenos J.A., Halvorsen S., Hindricks G., Kastrati A., Lenzen M.J., Prescott E., Roffi M., Valgimigli M., Varenhorst C., Vranckx P., Widimský P.; ESC Scientific Document Group. 2017 ESC Guidelines for the management of acute myocardial infarction in patients presenting with ST-segment elevation: The Task Force for the management of acute myocardial infarction in patients presenting with ST-segment elevation of the European Society of Cardiology (ESC). *Eur Heart J.* 2018;39(2):119-177. PMID: 28886621. <https://dx.doi.org/10.1093/eurheartj/ehx393>
- Kim D.-W., Her S.-H., Park M.-W., Cho J.S., Kim T.-S., Kang H., Sim D.S., Hong Y.J., Kim J.H., Ahn Y., Chang K., Chung W.-S., Seung K.-B., Jeong M.-H., Rho T.-H. Impact of postprocedural TIMI flow on long-term clinical outcomes in patients with acute myocardial infarction. *Int Heart J.* 2017;58(5):674-685. PMID: 28966314. <https://dx.doi.org/10.1536/ihj.16-448>
- Rehman A.-U., Malik J., Javed N., Iftikhar I., Sharif H. Myocardial blush grade: a determinant of left ventricular ejection fraction and adverse outcomes in STEMI. *Scott Med J.* 2021;66(1):34-39. PMID: 32631149. <https://dx.doi.org/10.1177/0036933020941260>
- Bianco H.T., Povoja R., Izar M.C., Luna Filho B., Moreira F.T., Stefanini E., Fonseca H.A., Barbosa A.H.P., Alves C.M.R., Caixeta A.M., Gonçalves I. Jr, Moraes P.I.M., Lopes R.D., de Paola A.A.V., Almeida D., Moises V.A., Fonseca F.A.H. Accuracy of post-thrombolysis ST-segment reduction as an adequate reperfusion predictor in the pharmaco-invasive approach. *Arq Bras Cardiol.* 2021;117(1):15-25. PMID: 34320062; PMCID: PMC8294746. <https://dx.doi.org/10.36660/abc.20200241>
- Thygesen K., Alpert J.S., Jaffe A.S., Chaitman B.R., Bax J.J., Morrow D.A., White H.D.; Executive Group on behalf of the Joint European Society of Cardiology (ESC) / American College of Cardiology (ACC) / American Heart Association (AHA) / World Heart Federation (WHF) Task force for the Universal Definition of Myocardial Infarction. Fourth universal definition of myocardial infarction (2018). *Glob Heart.* 2018;13(4):305-338. PMID: 30154043. <https://dx.doi.org/10.1016/j.gheart.2018.08.004>
- Mansournia M.A., Geroldinger A., Greenland S., Heinze G. Separation in logistic regression: causes, consequences, and control. *Am J Epidemiol.* 2018;187(4):864-870. PMID: 29020135. <https://dx.doi.org/10.1093/aje/kwx299>
- Austin P.C., White I.R., Lee D.S., van Buuren S. Missing data in clinical research: a tutorial on multiple imputation. *Can J Cardiol.* 2021;37(9):1322-1331. PMID: 33276049; PMCID: PMC8499698. <https://dx.doi.org/10.1016/j.cjca.2020.11.010>
- Ndrepepa G., Tiroch K., Fusaro M., Keta D., Seyfarth M., Byrne R.A., Pache J., Alger P., Mehilli J., Schömig A., Kastrati A. 5-year prognostic value of no-reflow phenomenon after percutaneous coronary intervention in patients with acute myocardial infarction. *J Am Coll Cardiol.* 2010;55(21):2383-2389. PMID: 20488311. <https://dx.doi.org/10.1016/j.jacc.2009.12.054>
- Sorajja P., Gersh B.J., Costantini C., McLaughlin M.G., Zimetbaum P., Cox D.A., Garcia E., Tchong J.E., Mehran R., Lansky A.J., Kandzari D.E., Grines C.L., Stone G.W. Combined prognostic utility of ST-segment recovery and myocardial blush after primary percutaneous coronary intervention in acute myocardial infarction. *Eur Heart J.* 2005;26(7):667-674. PMID: 15734768. <https://dx.doi.org/10.1093/eurheartj/ehi167>
- Elakabawi K., Huang X., Shah S.A., Ullah H., Mintz G.S., Yuan Z., Guo N. Predictors of suboptimal coronary blood flow after primary angioplasty and its implications on short-term outcomes in patients with acute anterior STEMI. *BMC Cardiovasc Disord.* 2020;20(1):391. PMID: 32854618; PMCID: PMC7457271. <https://dx.doi.org/10.1186/s12872-020-01673-0>

## Severity scale of coronary microvascular obstruction (no-reflow) during percutaneous coronary interventions in myocardial infarction patients

Alexey A. Frolov<sup>1,2</sup>, Ilya G. Pochinka<sup>1,2</sup>, Igor A. Frolov<sup>2</sup>, Kirill V. Kuzmichev<sup>1,2</sup>,  
Alexey S. Mukhin<sup>1</sup>, Evgeny G. Sharabrin<sup>1</sup>, Vadim N. Sinyutin<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Privolzhsky Research Medical University, Ministry of Health of Russian Federation, Nizhny Novgorod, Russian Federation

<sup>2</sup> City Clinical Hospital No. 13 of the Nizhny Novgorod Avtozavodsky District, Nizhny Novgorod, Russian Federation

<sup>3</sup> Aspectus Pharma LLC, Razvilka, Moscow Region, Russian Federation

**Corresponding author:** Alexey A. Frolov, [frolov-al-al@yandex.ru](mailto:frolov-al-al@yandex.ru)

### Abstract

**Introduction:** There is no scale that combines the traditional criteria of coronary microvascular obstruction (CMVO, no-reflow phenomenon) to effectively assess the severity and prognosis of this complication.

**Objective:** To develop and evaluate the severity scale of CMVO during percutaneous coronary intervention (PCI) for myocardial infarction (MI).

**Methods:** The cohort study included 203 patients diagnosed with type 1 MI and CMVO during PCI. The CMVO criterion was TIMI flow grade (TFG) <3 points. Using the proposed "CMVO Severity Scale" (CMVO-SS), three groups of patients were identified. CMVO grade 1 (mild): TFG 2 points, Myocardial blush grade (MBG) 2–3 points, ST segment resolution after PCI (rST) >70%. CMVO grade 2 (moderate): TFG 2 points, MBG 0–1 points or rST <70%. CMVO grade 3 (severe): TFG 0–1 points.

**Results:** Distribution of groups with CMVO of the 1st, 2nd, and 3rd grade is 65 (32%) / 88 (43%) / 50 (25%) patients, respectively. Outcomes by group: acute heart failure grade 3–4 — 2 (3%) / 11 (13%) / 14 (28%),  $P < .001$ ; ejection fraction — 48 [44; 53] % / 46 [40; 50] % / 42 [39; 49] %,  $P = .004$ ; in-hospital death — 1 (1.5%) / 12 (13.6%) / 16 (32.0%),  $P < .001$ ; two-year death — 8 (12.3%) / 19 (21.6%) / 22 (44.0%),  $P < .001$ . The multivariate analysis revealed a two-year death odds ratio for the CMVO-SS of 2.40 [95% CI 1.23–5.17],  $P = .009$ . Two-year survival probability with CMVO-SS grade 1 was 87.7%, grade 2 — 78.4%, grade 3 — 56.0% ( $P < .001$ ).

**Conclusion:** The proposed CMVO severity scale is associated with adverse in-hospital outcomes and two-year mortality.

**Keywords:** Cohort Studies; Coronary Occlusion; Myocardial Infarction; No-Reflow Phenomenon; Percutaneous Coronary Intervention

Received 15 May 2023. Revised 27 September 2023. Accepted 24 October 2023.

**Funding:** The study was supported by the "Priority 2030" program.

**Conflict of interest:** The authors declare no conflict of interest.

### Contribution of the authors

Conception and study design: A.A. Frolov, E.G. Sharabrin, I.G. Pochinka

Data collection and analysis: A.A. Frolov, I.A. Frolov, K.V. Kuzmichev

Statistical analysis: A.A. Frolov, I.A. Frolov, K.V. Kuzmichev

Drafting the article: A.A. Frolov, I.G. Pochinka, I.A. Frolov

Critical revision of the article: I.G. Pochinka, A.S. Mukhin, E.G. Sharabrin, V.N. Sinyutin

Final approval of the version to be published: A.A. Frolov, I.G. Pochinka, I.A. Frolov, K.V. Kuzmichev, A.S. Mukhin, E.G. Sharabrin, V.N. Sinyutin

### ORCID

A.A. Frolov, <https://orcid.org/0000-0001-7228-7563>

I.A. Frolov, <https://orcid.org/0000-0003-2955-304X>

A.S. Mukhin, <https://orcid.org/0000-0003-2336-8900>

V.N. Sinyutin, <https://orcid.org/0009-0002-0408-2659>

I.G. Pochinka, <https://orcid.org/0000-0001-5709-0703>

K.V. Kuzmichev, <https://orcid.org/0000-0002-1513-0313>

E.G. Sharabrin, <https://orcid.org/0000-0001-5326-7233>

**Copyright:** © 2023 Frolov et al.

**How to cite:** Frolov A.A., Pochinka I.G., Frolov I.A., Kuzmichev K.V., Mukhin A.S., Sharabrin E.G., Sinyutin V.N. Severity scale of coronary microvascular obstruction (no-reflow) during percutaneous coronary interventions in myocardial infarction patients. *Patologiya krovoobrashcheniya i kardiokhirurgiya = Circulation Pathology and Cardiac Surgery*. 2023;27(4):52-63. (In Russ.) <https://dx.doi.org/10.21688/1681-3472-2023-4-52-63>

