

Эндоваскулярная профилактика развития дистальной эмболии в патогенезе развития феномена *no-reflow* при выполнении чрескожного коронарного вмешательства больным с острым коронарным синдромом с подъемом сегмента ST

© Г.В. САЗАНОВ¹, З.Х. ШУГУШЕВ²

¹ГБУЗ СК «Ставропольская краевая клиническая больница», Ставрополь, Россия;

²ФГАОУ ВО «Российский университет дружбы народов им. Патриса Лумумбы», Москва, Россия

Резюме

Патогенетическая природа феномена *no/slow-reflow* при чрескожном коронарном вмешательстве (ЧКВ) больным с острым коронарным синдромом с элевацией сегмента ST (ОКСнСТ) требует от медицинского сообщества постоянного углубленного изучения. В настоящее время известно, что процесс развития феномена *no-reflow* является сложным и может быть запущен в комбинации следующих факторов: 1) дистальная эмболия инфаркт-связанной коронарной артерии (ИСКА); 2) ишемическое повреждение миокарда в зоне кровоснабжения ИСКА; 3) реперфузионное поражение миокарда; 4) генетическая предрасположенность к повреждению микроциркуляторного русла. Риск развития феномена *no-reflow* или *slow-reflow* присутствует на любом этапе выполнения ЧКВ. Чаше всего феномен *no-reflow* происходит вследствие более дистальной эмболии атеротромбомасс, которая вызывается инфляцией баллонного катетера при выполнении преддилатации или имплантацией стента. Дистальная эмболия ИСКА в результате фрагментации и миграции атеротромботического конгломерата или его отдельных фрагментов при выполнении эндоваскулярной коронарной реваскуляризации считается достаточно изученной. Эндоваскулярные методы предотвращения феномена *slow/no-reflow* в разные годы развития рентгенэндоваскулярной хирургии имели место, и некоторые востребованы и в настоящий момент. В разное время хирурги использовали стенты с дополнительным сетчатым покрытием (*mesh-covered stent*), мануальную и реолитическую тромбаспирацию, защиту с помощью фильтра-ловушки, проксимальную защиту посредством временной окклюзии ИСКА с помощью баллонного катетера для протекции дистального коронарного русла от эмболии. Однако на данный момент свою нишу занимает мануальная тромбаспирация, показания к которой ограничены. Наиболее эффективным и распространенным фармакологическим методом лечения и профилактики феномена *slow* или *no-reflow* в настоящее время остается внутривенное введение ингибиторов гликопротеина IIb/IIIa рецепторов тромбоцитов. Существует предположение, что прямое стентирование ИСКА без преддилатации способствует уменьшению риска дистальной эмболии. Именно поэтому данная стратегия может рассматриваться как метод выбора реваскуляризации у больных с ОКСнСТ с целью снижения риска эмболизации микроциркуляторного русла.

Ключевые слова: феномен *no-reflow*, прямое стентирование, острый коронарный синдром с подъемом сегмента ST, чрескожное коронарное вмешательство.

Информация об авторах:

Сазанов Г.В. — <https://orcid.org/0000-0003-0277-1880>

Шугушев З.Х. — <https://orcid.org/0000-0002-5335-5062>

Автор, ответственный за переписку: Сазанов Г.В. — e-mail: mc_sagr@mail.ru

Как цитировать:

Сазанов Г.В., Шугушев З.Х. Эндоваскулярная профилактика развития дистальной эмболии в патогенезе развития феномена *no-reflow* при выполнении чрескожного коронарного вмешательства больным с острым коронарным синдромом с подъемом сегмента ST. *Кардиологический вестник*. 2024;19(1):23–28. <https://doi.org/10.17116/Cardiobulletin20241901123>

Endovascular prevention of distal embolism in pathogenesis of no-reflow phenomenon in percutaneous coronary interventions in patients with ST-segment elevation acute coronary syndrome

© G.V. SAZANOV¹, Z.KH. SHUGUSHEV²

¹Stavropol Regional Clinical Hospital, Stavropol, Russia;

²Peoples' Friendship University of Russia, Moscow, Russia

Abstract

Pathogenesis of *no/slow-reflow* phenomenon following percutaneous coronary intervention (PCI) in patients with acute coronary syndrome and ST-segment elevation (STEMI) requires constant and in-depth study. It is known that *no-reflow* phenomenon is com-

plex and can be triggered by combination of the following factors: 1) distal embolism of infarct-related coronary artery; 2) myocardial ischemic damage in appropriate coronary basin; 3) myocardial reperfusion injury; 4) genetic predisposition to microvascular damage. The risk of no-reflow or slow-reflow phenomenon is present at any stage of PCI. Most often, no-reflow phenomenon occurs due to distal embolism following balloon inflation during pre-dilatation or stent implantation. Distal embolism of infarct-related coronary artery due to fragmentation and migration of atherothrombotic conglomerate during PCI is sufficiently studied. Endovascular prevention of slow/no-reflow phenomenon took place in different years of development of endovascular surgery, and some ones are used now. At various times, surgeons used mesh-covered stents, manual and rheolytic thrombaspiration, protection by filter traps, proximal protection from distal embolism by temporary occlusion of infarct-related coronary artery. However, manual thrombaspiration currently occupies its niche, and indications for this procedure are limited. Intravenous administration of platelet glycoprotein IIb/IIIa receptor inhibitors is the most effective and common pharmacological method for the treatment and prevention of no-reflow or slow-reflow phenomenon. Some authors suppose that direct stenting of infarct-related coronary artery without pre-dilatation reduces the risk of distal embolism. That is why this strategy may be preferable for revascularization in STEMI patients to reduce the risk of microvascular embolization.

Keywords: *no-reflow phenomenon, direct stenting, acute coronary syndrome with ST-segment elevation, percutaneous coronary intervention.*

Information about the authors:

Sazanov G.V. — <https://orcid.org/0000-0003-0277-1880>

Shugushev Z.Kh. — <https://orcid.org/0000-0002-5335-5062>

Corresponding author: Sazanov G.V. — e-mail: mc_sagr@mail.ru

To cite this article:

Sazanov GV, Shugushev ZKh. Endovascular prevention of distal embolism in pathogenesis of no-reflow phenomenon in percutaneous coronary interventions in patients with ST-segment elevation acute coronary syndrome. *Russian Cardiology Bulletin*. 2024;19(1):23–28. (In Russ.). <https://doi.org/10.17116/Cardiobulletin20241901123>

Введение

В настоящее время приоритетный метод восстановления кровотока у пациентов с острым коронарным синдромом с элевацией сегмента ST (ОКСпСТ) — чрескожное коронарное вмешательство (ЧКВ) [1]. Феномены *no/slow-reflow* являются наиболее распространенным осложнением, возникающим при эндоваскулярном восстановлении кровотока, характеризуются нарушением перфузии сердечной мышцы в зоне питания инфаркт-связанной коронарной артерии (ИСКА), что при выполнении ЧКВ проявляется отсутствием или замедлением уровня кровотока по шкале TIMI от 0 до 2 [2].

Известно, что существуют 4 основных патофизиологических механизма развития данного феномена: 1) дистальная эмболия ИСКА [2–6]; 2) ишемическое повреждение миокарда в зоне кровоснабжения ИСКА [1, 4, 7–9]; 3) реперфузионное поражение миокарда [10–12]; 4) генетическая предрасположенность к повреждению микроциркуляторного русла [4, 13].

Микроэмболизация дистального русла коронарных артерий (КА), вызывающая чаще всего феномен *no-* или *slow-reflow*, который в конечном итоге является фактором, провоцирующим последующий некроз клеток сердечной мышцы, является основной причиной снижения качества жизни и неблагоприятного исхода у пациентов [14]. В работе М. Claeys и соавт. продемонстрировано, что если при дистальной миграции тромбомасс окклюзия составляет >50% просвета капилляра, даже при диаметре тромба <200 мкм, то это можно считать необратимым снижением перфузии кровоснабжаемой зоны миокарда [15, 16]. Даже миграция атероматозного компонента бляшки во время выполнения баллонной ангиопластики (БАП) может приводить к дистальной эмболизации, которая в свою очередь провоцирует возникновение дополнительных микроинфарктов [17].

После возникновения описываемого феномена и окклюзии микрососудов элементами атеротромбомасс целостность капилляров нарушается из-за интерстициального отека и закупорки капилляров форменными элементами крови, что приводит к прогрессивному увеличению микроциркуляторного сопротивления, способствуя развитию микроинфарктов [18]. Кроме того, вышеуказанные процессы провоцируют высвобождение вазоактивных веществ, что приводит к повышению тонуса сосудистой стенки, которая также является фактором, ведущим к обструкции капилляров [19]. На коронароангиографии (КАГ) этот процесс характеризуется замедлением поступления контраста по ИСКА. Все эти процессы, вызванные фактором дистальной эмболии, приводят к ишемии миокарда и некрозу сердечной мышцы на тканевом уровне и могут оказывать отрицательное влияние на размер конечной зоны инфаркта миокарда и стратегию лечения [20].

Эмболизация элементами атеротромбомасс дистального русла КА губительна для крайне чувствительных к гипоксии кардиомиоцитов, в результате зона повреждения и некроза увеличивается, когда происходит обструкция мелких артериол и микрокапилляров окружающих кардиомиоцитов. Стоит отметить, что феномен *no-reflow*, вызванный по большей части фактором дистальной эмболии, может препятствовать доставке кардиопротекторных лекарственных препаратов и препаратов, необходимых для коррекции самого феномена *no-reflow* [21].

Длина тромбоза при выполнении диагностической КАГ является фактором, позволяющим определить степень вероятности последующего возникновения феномена *no-reflow* и дистальной эмболии тромботическими и атеротромботическими частицами поврежденной атеросклеротической бляшки (АСБ) и элементами тромба, индуцированной выполнением предварительно БАП перед стентированием [8, 22].

Во многих исследованиях прослеживается связь между развитием феномена *slow/no-reflow* и вероятностью дистальной эмболии компонентами поврежденной нестабильной АСБ. Р. Kariyanna и соавт. выдвигают гипотезу, которая предполагает, что БАП и непосредственно стентирование у больных с ОКСпСТ несут риски для возникновения эмболизации дистальных отделов и феномена *no-reflow* [23]. Другие авторы также имеют подобное мнение, что ЧКВ и любые манипуляции на ИСКА являются провоцирующими факторами риска развития эмболии микроциркуляторного коронарного русла [24, 25]. Это дает основания говорить о целесообразности сокращения времени и объема рентгенхирургического вмешательства не в ущерб качеству хирургии [26].

В разное время использовались различные интервенционные методы профилактики феномена *no-reflow* у пациентов с ОКСпСТ:

1. Изучалась эффективность стента MGuard (стент без лекарственного покрытия с дополнительной ультратонкой сеткой) при его имплантации пациентам с ОКСпСТ в проспективном, рандомизированном, мультицентровом исследовании MASTER. Авторы исследования делают вывод о его эффективности при использовании у пациентов с ОКСпСТ, но была зафиксирована высокая частота осложнений боковых ветвей, что, вероятно, связано с дизайном стента [27]. В настоящее время не доказано убедительных преимуществ от данного метода лечения, поэтому от использования данного стента решено отказаться.

2. Еще одним прорывным методом профилактики дистальной эмболии и феномена *no-reflow* была попытка внедрения в рутинную практику мануальной тромбаспирации (МТА). В рандомизированном исследовании TOTAL, проводившемся на 10 732 пациентах с ОКСпСТ, обозначалась первичная конечная точка: кардиальная смерть, повторный инфаркт миокарда, кардиогенный шок или хроническая сердечная недостаточность (ХСН) IV степени по NYHA в первые 180 дней от момента ЧКВ. Первичная конечная точка в группе с использованием МТА была достигнута у 347 (6,9%) из 5033 человек, в группе без МТА — у 351 (7,0%) из 5030 больных, без достоверных различий между группами. Что принципиально важно, в группе с МТА установлена достоверно большая частота возникновения инсульта спустя 180 сут: у 50 (1%) пациентов в группе с МТА против 25 (0,5%) больных без МТА, $p=0,002$ [28]. В связи с этим рутинная МТА стала применяться реже в связи с тем, что не выявлено положительного влияния на 30-дневную смертность у пациентов с ОКСпСТ [14].

В настоящий момент в клинических рекомендациях европейского и американского кардиологического общества рутинное применение аспирации тромба считается нецелесообразным [29, 30].

3. Реологическая тромбаспирация (РТА) на практике была реализована и применялась системой AngioJet, с которой связывали определенные надежды в борьбе с дистальной эмболией и феноменом *no-reflow*. В исследовании Y. Huang и соавт. через 1 год наблюдения частота сердечно-сосудистых событий (ССС) была значительно ниже у пациентов после РТА по сравнению с пациентами после стандартной ЧКВ (11,1% против 21,6%; ОР 0,483; 95% ДИ 0,270—0,863; $p=0,014$). Смертность от всех причин составила 4,3 и 12,8% соответственно (ОР 3,127; 95% ДИ 1,251—7,818; $p=0,015$). По уровню смертности и частоте возникновения инсульта не было значимых различий между группа-

ми пациентов ($p<0,30$). Не выявлено значительного влияния РТА на развитие ХСН, повторную госпитализацию и реваскуляризацию целевой КА [31]. Тем не менее, как и в случае с МТА, при отсутствии прорывной клинической эффективности от использования РТА имеет место значительное удорожание ЧКВ, что также может отрицательно отразиться на эффективности медицинского вмешательства и системе здравоохранения и, как следствие, крайне редком использовании системы AngioJet.

4. Также изучен подход использования устройств-фильтров для снижения риска развития дистальной эмболии. Через 1 год наблюдения в исследовании K. Hibi и соавт. среди пациентов, которым были имплантированы стенты с лекарственным покрытием, частота ССС не имела статистически значимых различий (8,1 и 3,9% соответственно, $p=0,32$) [32]. На данный момент устройства-фильтры не рекомендовали себя как эффективный метод профилактики дистальной эмболии и феномена *slow/no-reflow* с медико-экономической и клинической точек зрения.

В настоящее время эффективно подтвержденных эндоваскулярных методов профилактики и лечения феномена *no-reflow* не найдено. Доказанным и эффективным методом лечения феномена невосстановленного коронарного кровотока является применение ингибиторов гликопротеинов IIb/IIIa рецепторов тромбоцитов. Исходя из действующих клинических рекомендаций Европейского общества кардиологов, ингибиторы гликопротеинов IIb/IIIa должны рассматриваться при наличии феномена *no/slow-reflow* или других тромботических осложнений [33].

Эффективным методом, сокращающим время и объем манипуляций и при этом достигающим цели успешной реваскуляризации, может быть прямое стентирование ИСКА. Считается, что прямое стентирование КА без преддилатации во время первичной реваскуляризации способствует уменьшению обструкции микровазкулярного русла вследствие дистальной эмболии. Рандомизированные контролируемые исследования, сравнивающие две стратегии реваскуляризации, немногочисленны [34—38]. Метаанализ этих исследований, включавший 754 пациента, показал более высокую частоту снижения сегмента ST (69% против 60%; $p=0,05$) и более низкую частоту внутрибольничной сердечно-сосудистой смерти (0,3% против 2,1%; $p=0,02$) в группе прямого стентирования, чем в группе БАП [39]. В связи с этим представляется правильным проводить дальнейшие рандомизированные исследования с более крупной выборкой пациентов для выявления влияния прямого стентирования на риск развития феномена *slow/no-reflow*.

Стратегия прямого стентирования изучалась различными авторами, и некоторые результаты отражают снижение риска развития прогнозируемых осложнений [40]. Другие авторы, например В. Kim и соавт., в проспективном рандомизированном исследовании не выявили значительного влияния на риск развития дистальной эмболии тактики прямого стентирования без предварительной дилатации [41]. В любом случае можно говорить о том, что феномен *no-reflow*, индуцированный микрососудистой дисфункцией, реже наблюдается у пациентов, перенесших БАП без стентирования [2]. Отдельные исследования показывали даже улучшение перфузии миокарда при выполнении прямого стентирования, что проявлялось в виде деэлевации сегмента ST и уменьшения вероятности развития феномена *no-reflow* [42]. В ретроспективном исследовании А. Kallayci и соавт. пациенты были разделены на группу прямо-

го стентирования ($n=597$) и группу изолированной БАП ($n=1709$), прослеживается связь БАП и феномена no-reflow. Как показывают результаты, у пациентов в группе прямого стентирования чаще кровотоки были восстановлены до уровня TIMI-3, кроме того, в исходе лечения они имели лучшую фракцию выброса левого желудочка по сравнению с пациентами с изолированной БАП [43].

Стратегию бужирования окклюзированной ИСКА предлагают авторы в исследовании 209 пациентов с ОКСпST. Риск возникновения феноменов slow/no-reflow у пациентов с кровотоком TIMI 0 в ИСКА статистически значимо ниже ($p=0,001$) в группе пациентов, которым для восстановления антеградного кровотока выполнено бужирование ИСКА, степень ХСН была также лучше у больных, которым выполнялось бужирование ИСКА ($p=0,001$), при этом фракция выброса левого желудочка была сохранена в сравнении с группой пациентов, которым для восстановления антеградного кровотока применялась баллонная ангиопластика ($p<0,001$) [44].

Необходимо изучать и отдаленные результаты лечения пациентов по другим клиническим аспектам. Рандомизированное исследование STRESSED доказало, что прямая имплантация стента с лекарственным покрытием не изменила частоту возникновения рестеноза у стабильных пациентов [45]. В исследовании J. Не и соавт. пациентам после интервенционного лечения острого коронарного синдрома с подъемом сегмента ST через 1 нед от дебюта заболевания была выполнена магнитно-резонансная томография, которая показала, что пациентам при прямом стентировании в большинстве случаев имплантировались стенты большего диаметра и меньшей длины и в конечном итоге

не выявлено каких-либо дополнительных преимуществ прямого стентирования [46].

Важно отметить, что влияние прямого стентирования на показатели выживаемости в среднеотдаленном и отдаленном периодах после инфаркта миокарда требует дальнейшего изучения [47]. По результатам анализа наблюдения Р. Скараго и соавт. продемонстрировано, что через 15 лет в группе прямого стентирования смертность от всех причин была ниже по сравнению с группой с предварительной дилатацией ИСКА (35,0 и 45,3% соответственно, $p=0,010$) [48].

Заключение

Таким образом, представленный обзор литературы демонстрирует, что влияние фактора дистальной эмболии на патогенез феномена no/slow-reflow является не до конца изученным процессом в интервенционной кардиологии. Существует гипотеза, что прямое стентирование ИСКА способно снизить частоту возникновения микроваскулярной обструкции. Эти данные открывают перспективу для проведения углубленного анализа, выявления или отсутствия преимуществ в протективном действии от дистальной эмболии прямого стентирования с оценкой степени антеградного кровотока по шкале TIMI после имплантации стента, наличия феномена no/slow-reflow, функционального состояния сердечной мышцы и качества жизни пациента.

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.
The authors declare no conflicts of interest.

ЛИТЕРАТУРА/REFERENCES

1. Алекаян Б.Г. Рентгенэндоваскулярная хирургия. Национальное руководство. Т. 2. М.: Литтерра; 2017;399-426.
Alekyan BG. Endovascular surgery. National leadership. T. 2. M.: Litterra. 2017;399-426. (In Russ.).
2. Сазанов Г.В., Белоконов О.С. Влияние преддилатации на частоту возникновения феномена no/slow-reflow у пациентов с острым коронарным синдромом с подъемом сегмента ST. Казанский медицинский журнал. 2020;101(2):284-288.
Sazanov GV, Belokon' OS. The effect of predilation on the incidence of the no/slow-reflow phenomenon in patients with acute coronary syndrome with ST segment elevation. Kazan medical journal. 2020;101(2):284-288. (In Russ.).
<https://doi.org/10.17816/KMJ2020-284>
3. Heusch G, Skyschally A, Kleinbongard P. Coronary microembolization and microvascular dysfunction. International Journal of Cardiology. 2018;258(5):17-23.
4. Montone RA, Camilli M, Del Buono MG, Meucci MC, Gurgoglione F, Russo M, Crea F, Niccoli G. «No-reflow»: update su diagnosi, fisiopatologia e strategie terapeutiche [No-reflow: update on diagnosis, pathophysiology and therapeutic strategies]. Giornale Italiano di Cardiologia. 2020;21(6 suppl 1):4S-14S. (In Italian).
<https://doi.org/10.1714/3373.33487>
5. Zhou H, He XY, Zhuang SW, Wang J, Lai Y, Qi WG, Yao YA, Liu XB. Clinical and procedural predictors of no-reflow in patients with acute myocardial infarction after primary percutaneous coronary intervention. World Journal of Emergency Medicine. 2014;5(2):96-102.
<https://doi.org/10.5847/wjem.j.issn.1920-8642.2014.02.003>
6. Журавлев А.С., Азаров А.В., Семитко С.П., Иоселиани Д.Г. Феномен no-reflow во время первичного чрескожного коронарного вмешательства у пациентов с острым инфарктом миокарда с подъемом сегмента ST, обусловленным массивным коронарным тромбозом. Патогенез и предикторы no-reflow. Кардиология. 2021;61(2):99-105.
Zhuravlev AS, Azarov AV, Semitko SP, Ioseliani DG. The no-Reflow Phenomenon During Primary Percutaneous Coronary Intervention in Patients With ST-Segment Elevation Myocardial Infarction due to Massive Coronary Thrombosis. Pathogenesis and Predictors of no-Reflow. Kardiologiya. 2021;61(2):99-105. (In Russ.).
<https://doi.org/10.18087/cardio.2021.2.n1175>
7. Yaméogo NV, Guenancia C, Porot G, Stamboul K, Richard C, Gudjoncik A, Hamblin J, Buffet P, Lorgis L, Cottin Y. Predictors of angiographically visible distal embolization in STEMI. Herz. 2020;45(3):288-292.
<https://doi.org/10.1007/s00059-018-4723-1>
8. Ганюков В.И., Азаров А.В., Бессонов И.С., Майсков В.В., Тарасов Р.С., Фролов А.А. Синдром невосстановленного коронарного кровотока. Красноярск: Версона; 2023. 23-50. ISBN 978-5-906477-45-3.
Ganyukov V.I., Azarov A.V., Bessonov I.S., Majskov V.V., Tarasov R.S., Frolov A.A. Syndrome of unrestored coronary blood flow. Krasnoyarsk: Versona; 2023. 23-50. ISBN 978-5-906477-45-3. (In Russ.).
9. Исхаков М.М., Тагиров Д.Р., Газизов Н.В., Нугайбекова Л.А., Сайфутдинов Р.Г. Феномен «no-reflow»: клинические аспекты неудачи реперфузии. Казанский медицинский журнал. 2015;96(3):391-396.
Iskhakov MM, Tagirova DR, Gazizov NV, Nugaibekova LA, Sayfutdinov RG. «No-reflow» phenomenon: clinical aspects of reperfusion failure. Kazan medical journal. 2015;96(3):391-396. (In Russ.).
<https://doi.org/10.17750/KMJ2015-391>
10. Li Y, Palmer A, Lupu L, Huber-Lang M. Inflammatory response to the ischaemia-reperfusion insult in the liver after major tissue trauma. European Journal of Trauma and Emergency Surgery. 2022;48(6):4431-4444.
<https://doi.org/10.1007/s00068-022-02026-6>
11. Wang J, Toan S, Zhou H. New insights into the role of mitochondria in cardiac microvascular ischemia/reperfusion injury. Angiogenesis. 2020;23(3):299-314.
<https://doi.org/10.1007/s10456-020-09720-2>

12. Wu MY, Yiang GT, Liao WT, Tsai AP, Cheng YL, Cheng PW, Li CY, Li CJ. Current Mechanistic Concepts in Ischemia and Reperfusion Injury. *Cellular Physiology and Biochemistry*. 2018;46(4):1650-1667. <https://doi.org/10.1159/000489241>
13. Yalcin Y, Biyik I, Akturk E, Hancer VS, Yalcin B, Tosu AR, Birant A, Er-turk M. Association between endothelial nitric oxide synthase gene polymorphism (glu298asp) and coronary no-reflow phenomenon in acute myocardial infarction. *Advances in Hygiene & Experimental Medicine*. 2019;73:529-535. <https://doi.org/10.5604/01.3001.0013.5253>
14. Niccoli G, Montone RA, Ibanez B, Thiele H, Crea F, Heusch G, Bul-luck H, Hausenloy DJ, Berry C, Stiermaier T, Camici PG, Eitel I. Opti-mized treatment of ST-elevation myocardial infarction. *Circulation Research*. 2019;125:245-258. <https://doi.org/10.1161/CIRCRESAHA.119.315344>
15. Claeys MJ, Bosmans J, De Ceuninck M, Beunis A, Vergauwen W, Vorlat A, Vrints CJ. Effect of intracoronary adenosine infusion during coronary inter-vention on myocardial reperfusion injury in patients with acute myocardial infarction. *American Journal of Cardiology*. 2004;94:9-13. <https://doi.org/10.1016/j.amjcard.2004.03.021>
16. Hori M, Inoue M, Kitakaze M, Koretsune Y, Iwai K, Tamai J, Ito H, Ki-tabatake A, Sato T, Kamada T. Role of adenosine in hyperemic response of coronary blood flow in microembolization. *American Journal of Physiolo-gy-Heart and Circulatory Physiology*. 1986;250(3 Pt 2):H509-518. <https://doi.org/10.1152/ajpheart.1986.250.3.H509>
17. Konijnenberg LSF, Damman P, Duncker DJ, Kloner RA, Nijveldt R, van Geuns RM, Berry C, Riksen NP, Escaned J, van Royen N. Pathophysiology and diagnosis of coronary microvascular dysfunction in ST-elevation myo-cardial infarction. *Cardiovascular Research*. 2020;116(4):787-805. <https://doi.org/10.1093/cvr/cvz301>
18. Sezer M, van Royen N, Umman B, Bugra Z, Bulluck H, Hausenloy DJ, Umman S. Coronary Microvascular Injury in Reperfused Acute Myocardial Infarction: A View From an Integrative Perspective. *Journal of the Ameri-can Heart Association*. 2018;7(21):e009949. <https://doi.org/10.1161/JAHA.118.009949>
19. Limbruno U, De Carlo M, Pistolesi S, Micheli A, Petronio AS, Camac-ci T, Fontanini G, Balbarini A, Mariani M, De Caterina R. Distal emboli-zation during primary angioplasty: Histopathologic features and predictabil-ity. *American Heart Journal*. 2005;150(1):102-108. <https://doi.org/10.1016/j.ahj.2005.01.016>
20. Reffelmann T, Kloner RA. The no-reflow phenomenon: A basic mecha-nism of myocardial ischemia and reperfusion. *Basic Research in Cardiology*. 2006;101(5):359-372. <https://doi.org/10.1007/s00395-006-0615-2>
21. Nair Rajesh G, Jayaprasad N, Madhavan S, Sudha Kumary V, Jay-aprakash K, Raihanathul Misiriya KJ, Jayaprakash VL, George R. Predic-tors and prognosis of no-reflow during primary percutaneous coronary inter-vention. *Proceedings (Baylor University. Medical Center)*. 2018;32(1):30-33. <https://doi.org/10.1080/08998280.2018.1509577>
22. Kumar R, Khan KA, Shah JA, Ammar A, Kumar D, Khowaja S, Sial JA, Kazmi S, Murtaza M, Karim M. Quantification Of Thrombus Burden As An Independent Predictor Of Intra-Procedural No-Reflow In Patients With St-Segment Elevation Myocardial Infarction Undergoing Primary Percu-taneous Coronary Revascularization. *Journal of Ayub Medical College Abbot-tabad*. 2022;34(2):288-294. <https://doi.org/10.55519/JAMC-02-9698>
23. Kariyanna PT, Ramalanjaona B, Al-Sadawi M, Jayarangaiah A, Hegde S, McFarlane IM. Coronary embolism and myocardial infarction: A Scoping Study. *American Journal of Medical Case Reports*. 2020;8(2):31-43. <https://doi.org/10.12691/ajmcr-8-2-1>
24. Henriques JP, Zijlstra F, van 't Hof AW, de Boer MJ, Dambrink JH, Goss-elink M, Hoorntje JC, Suryapranata H. Angiographic assessment of reper-fusion in acute myocardial infarction by myocardial blush grade. *Circulation*. 2003;107(16):2115-2119. <https://doi.org/10.1161/01.CIR.0000065221.06430.ED>
25. Neumann F-J, Gick M. Direct stenting in ST-elevation myocardial in-farction: convenient, but not improving outcomes. *European Heart Journal*. 2018;39(26):2480-2483. <https://doi.org/10.1093/eurheartj/ehy353>
26. Jolly SS, Cairns JA, Yusuf S, Meeks B, Pogue J, Rokoss MJ, Kedev S, Tha-bane L, Stankovic G, Moreno R, Gershlick A, Chowdhary S, Lavi S, Niemelä K, Steg PG, Bernat I, Xu Y, Cantor WJ, Overgaard CB, Naber CK, Cheema AN, Welsh RC, Bertrand OF, Avezum A, Bhindi R, Pancholy S, Rao SV, Natarajan MK, ten Berg JM, Shestakovska O, Gao P, Widimsky P, Džavik V; TOTAL Investigators. Randomized trial of primary PCI with or without routine manual thrombectomy. *The New England Journal of Medicine*. 2015;372(15):1389-1398. <https://doi.org/10.1056/NEJMoa1415098>
27. Stone GW, Abizaid A, Silber S, Dizon JM, Merkely B, Costa RA, Kor-nowski R, Abizaid A, Wojdyła R, Maehara A, Dressler O, Brenner SJ, Bar E, Dudek D. Prospective, Randomized, Multicenter Evaluation of a Polyeth-ylene Terephthalate Micronet Mesh-Covered Stent (MGuard) in ST-Seg-ment Elevation Myocardial Infarction: The MASTER Trial. *JACC: Journal of the American College of Cardiology*. 2012;60(19):1975-1984. <https://doi.org/10.1016/j.jacc.2012.09.004>
28. Jolly SS, Cairns JA, Yusuf S, Meeks B, Pogue J, Rokoss MJ, Kedev S, Thabane L, Stankovic G, Moreno R, Gershlick A, Chowdhary S, Lavi S, Niemelä K, Steg PG, Bernat I, Xu Y, Cantor WJ, Overgaard CB, Naber CK, Cheema AN, Welsh RC, Bertrand OF, Avezum A, Bhindi R, Pancholy S, Rao SV, Natarajan MK, ten Berg JM, Shestakovska O, Gao P, Widimsky P, Džavik V; TOTAL Investigators. Randomized trial of primary PCI with or without routine manual thrombectomy. *The New England Journal of Medi-cine*. 2015;372(15):1389-1398. <https://doi.org/10.1056/NEJMoa1415098>
29. Ibanez B, James S, Agewall S, Antunes MJ, Buiccarelli-Ducci C, Bueno H, Caforio ALP, Crea F, Goudevos JA, Halvorsen S, Hindricks G, Kastrati A, Lenzen MJ, Prescott E, Roffi M, Valgimigli M, Varenhorst C, Vranckx P, Widimsky P; ESC Scientific Document Group. 2017 ESC Guidelines for the management of acute myocardial infarction in patients presenting with ST-seg-ment elevation: The Task Force for the management of acute myocardial in-farction in patients presenting with ST-segment elevation of the European So-ciety of Cardiology (ESC). *European Heart Journal*. 2018;39(2):119-177. <https://doi.org/10.1093/eurheartj/ehx393>
30. Levine GN, Bates ER, Blankenship JC, Bailey SR, Jahn U, Cercek B, Chambers CE, Ellis SG, Guyton RA, Hollenbeck SM, Khot UN, Lange RA, Mauri L, Mehran R, Moussa ID, Mukherjee D, Ting HH, O'Gara PT, Kushner FG, Ascheim DD, Brindis RG, Casey DE Jr, Chung MK, de Le-mos JA, Diercks DB, Fang JC, Franklin BA, Granger CB, Krumholz HM, Linderbaum JA, Morrow DA, Newby LK, Ornato JP, Ou N, Radford MJ, Tamis-Holland JE, Tommaso CL, Tracy CM, Woo YJ, Zhao DX. 2015 ACC/AHA/SCAI Focused Update on Primary Percutaneous Coronary Intervention for Patients With ST-Elevation Myocardial Infarction: An Update of the 2011 ACCF/AHA/SCAI Guideline for Percutaneous Coronary Inter-vention and the 2013 ACCF/AHA Guideline for the Management of ST-El-elevation Myocardial Infarction. *JACC: Journal of the American College of Car-diology*. 2016;67(10):1235-1250. <https://doi.org/10.1016/j.jacc.2015.10.005>
31. Huang YX, Cao Y, Chen Y, Qiu YG, Zheng JY, Liu YM, He JC, Zhao L, Li TC. AngioJet rheolytic thrombectomy in patients with thrombolysis in myocardial infarction thrombus grade 5: an observational study. *Scientific Reports*. 2022;12(1):5462. <https://doi.org/10.1038/s41598-022-09507-z>
32. Hibi K, Kozuma K, Maejima N, Sonoda S, Endo T, Tanaka H, Kyono H, Koshida R, Ishihara T, Awata M, Kume T, Tanabe K, Morino Y, Tsukahara K, Ikari Y, Fujii K, Yamasaki M, Yamanaka T, Sumiyoshi T, Yoshino H, Kimura K, Isshiki T; VAMPIRE 3 Investigators. Long-Term Clinical Out-comes After Filter Protection During Percutaneous Coronary Intervention in Patients With Attenuated Plaque-1-Year Follow up of the VAMPIRE 3 (Vacuum Aspiration Thrombus Removal 3) Trial. *Circulation Journal*. 2020;85(1):44-49. <https://doi.org/10.1253/circj.CJ-20-0449>
33. Терещенко А.С., Меркулов Е.В., Самко А.Н. Применение ингибито-ров гликопротеиновых IIb/IIIa рецепторов у пациентов с инфарктом миокарда с подъемом сегмента ST и первичным чрескожным коро-нарным вмешательством. *Рациональная Фармакотерапия в Кардиоло-гии*. 2019;15(6):918-927. Tereshchenko AS, Merkulov EV, Samko AN. Glycoprotein IIb/IIIa Recep-tor Inhibitors in Patients with ST-Segment Elevation Myocardial Infarction and Primary Percutaneous Coronary Intervention. *Rational Pharmacother-apy in Cardiology*. 2019;15(6):918-927. (In Russ.). <https://doi.org/10.20996/1819-6446-2019-15-6-918-927>
34. Loubeyre C, Morice MC, Lefèvre T, Piéchaud JF, Louvard Y, Dumas P. A randomized comparison of direct stenting with conventional stent implan-tation in selected patients with acute myocardial infarction. *JACC: Journal of the American College of Cardiology*. 2002;39(1):15-21. [https://doi.org/10.1016/s0735-1097\(01\)01701-6](https://doi.org/10.1016/s0735-1097(01)01701-6)
35. Sabatier R, Hamon M, Zhao QM, Burzotta F, Lecluse E, Valette B, Groll-ier G. Could direct stenting reduce no-reflow in acute coronary syndromes? A randomized pilot study. *American Heart Journal*. 2002;143(6):1027-1032. <https://doi.org/10.1067/mhj.2002.122509>
36. Ballarín MA, Moreyra E Jr, Damonte A, Sampaioles A, Woodfield S, Pacheco G, Caballero G, Picabea E, Baccaro J, Tapia L, Lascano ER. Multicenter randomized comparison of direct vs. conventional stenting:

- the DIRECTO trial. *Catheterization and Cardiovascular Interventions*. 2003;58(4):434-440.
37. Gasior M, Gierlotka M, Lekston A, Wilczek K, Zebik T, Hawranek M, Wojnar R, Szkodziniski J, Piegza J, Dyrbus K, Kalarus Z, Zembala M, Polonski L. Comparison of outcomes of direct stenting versus stenting after balloon predilation in patients with acute myocardial infarction (DIRAMI). *American Journal of Cardiology*. 2007;100(5):798-805. <https://doi.org/10.1016/j.amjcard.2007.04.026>
 38. Ozdemir R, Sezgin AT, Barutcu I, Topal E, Gullu H, Acikgoz N. Comparison of direct stenting versus conventional stent implantation on blood flow in patients with ST-segment elevation myocardial infarction. *Angiology*. 2006;57(4):453-458. <https://doi.org/10.1177/0003319706290620>
 39. Alak A, Lugomirski P, Aleksova N, Jolly SS. A Meta-Analysis of Randomized Controlled Trials of Conventional Stenting Versus Direct Stenting in Patients With Acute Myocardial Infarction. *Journal of Invasive Cardiology*. 2015;27(9):405-409.
 40. Saad M, Stiermaier T, Fuernau G, Pöss J, de Waha-Thiele S, Desch S, Thiele H, Eitel I. Impact of direct stenting on myocardial injury assessed by cardiac magnetic resonance imaging and prognosis in ST-elevation myocardial infarction. *International Journal of Cardiology*. 2019;283:88-92. <https://doi.org/10.1016/j.ijcard.2018.11.141>
 41. Kim BG, Cho SW, Seo J, Kim GS, Jin MN, Lee HY, Byun YS, Kim BO. Effect of direct stenting on microvascular dysfunction during percutaneous coronary intervention in acute myocardial infarction: a randomized pilot study. *Journal of International Medical Research*. 2022;50(9):3000605221127888. <https://doi.org/10.1177/03000605221127888>
 42. Möckel M, Vollert J, Lansky AJ, Witenbichler B, Guagliumi G, Peruga JZ, Brodie BR, Kornowski R, Dudek D, Farkouh ME, Parise H, Mehran R, Stone GW, Horizons-AMI Trial Investigators. Comparison of direct stenting with conventional stent implantation in acute myocardial infarction. *American Journal of Cardiology*. 2011;108(12):1697-1703. <https://doi.org/10.1016/j.amjcard.2011.07.040>
 43. Kalayci A, Oduncu V, Karabay CY, Erkol A, Tanalp AC, Tanboga IH, Candan O, Gecmen C, Izgi IA, Kirma C. Outcomes of direct stenting in patients with ST-elevation myocardial infarction. *Herz*. 2018;43(5):447-454.
 44. Сазанов Г.В., Шугушев З.Х., Белоконов О.С., Ермаков С.В., Хрипунова А.А. Бужирование инфаркт-связанной коронарной артерии как метод снижения частоты встречаемости феномена no-reflow у пациентов с острым коронарным синдромом с подъемом сегмента ST. *Инновационная медицина Кубани*. 2023;(3):54-61.
 - Sazanov GV, Shugushev ZK, Belokon OS, Ermakov SV, Khripunova AA. Dilation of the infarct-related coronary artery to reduce the incidence of the no-reflow phenomenon in STEMI patients. *Innovative Medicine of Kuban*. 2023;(3):54-61. (In Russ.). <https://doi.org/10.35401/2541-9897-2023-26-3-54-61>
 45. Remkes WS, Somi S, Roolvink V, Rasoul S, Ottervanger JP, Gosselink AT, Hoorntje JC, Dambrink JH, de Boer MJ, Suryapranata H, van 't Hof AW, Acute Myocardial Infarction Study Group. Direct drug-eluting stenting to reduce stent restenosis: a randomized comparison of direct stent implantation to conventional stenting with pre-dilation or provisional stenting in elective PCI patients. *JACC: Cardiovascular Interventions*. 2014;7(7):751-758. <https://doi.org/10.1016/j.jcin.2014.02.012>
 46. He J, Kong LC, Zeng JT, Shi BZ, An DA, Chen BH, Ding S, Li Z, Yang F, Yang YN, Yan FH, Xiu JC, Wang HW, Xu JR, Ge H, Pu J. Comparison of direct stenting with conventional strategy on myocardial impairments in ST-segment elevation myocardial infarction: a cardiac magnetic resonance imaging study. *The International Journal of Cardiovascular Imaging*. 2020;36(6):1167-1175. <https://doi.org/10.1007/s10554-020-01812-w>
 47. Azzalini L, Millán X, Ly HQ, L'Allier PL, Jolicœur EM. Direct stenting versus pre-dilation in ST-elevation myocardial infarction: a systematic review and meta-analysis. *Journal of Interventional Cardiology*. 2015;28(2):119-131. <https://doi.org/10.1111/joic.12190>
 48. Scarparo P, Improta R, Wilschut J, Kardys I, Den Dekker WK, Daemen J, Zijlstra F, Van Mieghem NM, Diletti R. Very Long-Term Clinical Outcomes After Direct Stenting in Patients Presenting With ST-Segment Elevation Myocardial Infarction. *Cardiovascular Revascularization Medicine*. 2022;41:144-150. <https://doi.org/10.1016/j.carrev.2022.01.014>

Поступила 26.07.2023

Received 26.07.2023

Принята к публикации 28.08.2023

Accepted 28.08.2023