

Аспирационная тромбэктомия при остром инфаркте миокарда через призму критического анализа современных исследований: обзор литературы

Для корреспонденции: Иван Владимирович Суслов, traiker.acer@gmail.com

Поступила в редакцию 25 сентября 2024 г.
Исправлена 29 ноября 2024 г. Принята к печати 2 декабря 2024 г.

Цитировать: Гергерт Е.С., Пекарский С.Е., Баев А.Е., Тарасов М.Г., Суслов И.В., Гороховский А.А., Султанов С.М., Богданов Ю.И. Аспирационная тромбэктомия при остром инфаркте миокарда через призму критического анализа современных исследований: обзор литературы. *Патология кровообращения и кардиохирургия*. 2024;28(4):18-32. <https://doi.org/10.21688/1681-3472-2024-4-18-32>

Финансирование

Исследование не имело спонсорской поддержки.

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Вклад авторов

Концепция и дизайн работы: все авторы
Сбор и анализ данных: Е.С. Гергерт, С.Е. Пекарский, И.В. Суслов, А.А. Гороховский
Написание статьи: Е.С. Гергерт, И.В. Суслов, А.А. Гороховский
Исправление статьи: все авторы
Утверждение окончательного варианта статьи: все авторы

ORCID

Е.С. Гергерт, <https://orcid.org/0000-0001-9464-3354>
С.Е. Пекарский, <https://orcid.org/0000-0002-4008-4021>
А.Е. Баев, <https://orcid.org/0000-0002-8163-1618>
М.Г. Тарасов, <https://orcid.org/0000-0001-5263-9488>
И.В. Суслов, <https://orcid.org/0000-0002-0288-4191>
А.А. Гороховский, <https://orcid.org/0000-0003-3909-9282>
С.М. Султанов, <https://orcid.org/0000-0002-1569-2914>
Ю.И. Богданов, <https://orcid.org/0000-0003-2939-6291>

© Гергерт Е.С., Пекарский С.Е., Баев А.Е., Тарасов М.Г., Суслов И.В., Гороховский А.А., Султанов С.М., Богданов Ю.И., 2024



Е.С. Гергерт, С.Е. Пекарский, А.Е. Баев, М.Г. Тарасов, И.В. Суслов, А.А. Гороховский, С.М. Султанов, Ю.И. Богданов

Научно-исследовательский институт кардиологии — филиал Федерального государственного бюджетного научного учреждения «Томский национальный исследовательский медицинский центр Российской академии наук», Томск, Российская Федерация

Аннотация

Цель. Оценить данные об эффективности и безопасности аспирационной тромбэктомии и перспективы более частого ее применения в рутинной клинической практике при остром тромбозе коронарных артерий.

Методы. Выполнили поиск в базах данных Medline (PubMed), Cochrane Library и Web of Science за период с 2000 по 2024 г. Ключевые слова: “thrombectomy”, “thrombus aspiration”, “thromboaspiration”, “myocardial infarction”. Включали рандомизированные контролируемые испытания, проспективные когортные и регистровые исследования, метаанализы. Исключали экспериментальные исследования, работы с небольшими выборками (менее 50 пациентов), где тромбэктомию проводили без стандартизированных методов или устройств. Критически анализировали критерии эффективности тромбаспирации как таковой, а также оценивали влияние устройства и его дизайна на эффективность и безопасность вмешательства.

Результаты. Из 230 результатов поиска в обзор вошли 45 оригинальных публикаций, соответствующих критериям отбора. В большинстве исследований анализ эффективности/безопасности не учитывал того, что приблизительно в 20–30 % случаев аспирационная тромбэктомия из коронарных артерий технически неуспешна, что вполне достаточно для недооценки ее эффективности.

Заключение. Вероятной причиной неоднозначных результатов исследований аспирационной тромбэктомии является большая доля случаев технически неуспешной процедуры, при которой не удается получить тромботическое содержимое из аспирационного катетера. Аспирационная тромбэктомия — этиологический метод лечения острого тромбоза коронарных артерий, а оптимизация дизайна тромбаспирационных катетеров и операционной техники может значительно повысить техническую эффективность и полностью раскрыть потенциал данного способа лечения инфаркта миокарда.

Ключевые слова: аспирационная тромбэктомия; инфаркт миокарда с подъемом сегмента ST; острый коронарный синдром; тромбаспирационный катетер; тромбоз коронарных артерий; тромбэкстракция; чрескожное коронарное вмешательство

Aspiration thrombectomy for the treatment of acute myocardial infarction in the light of critical analysis of contemporary trials: a review

Corresponding author: Ivan V. Suslov,
straiker.acer@gmail.com

Received 25 September 2024. Revised
 29 November 2024. Accepted 2 December 2024.

How to cite: Gergert E.S., Pekarskiy S.E., Baev A.E., Tarasov M.G., Suslov I.V., Gorokhovskiy A.A., Sultanov S.M., Bogdanov Yu.I. Aspiration thrombectomy for the treatment of acute myocardial infarction in the light of critical analysis of contemporary trials: a review. *Patologiya krovoobrashcheniya i kardiokhirurgiya = Circulation Pathology and Cardiac Surgery*. 2024;28(4):18-32. (In Russ.)
<https://doi.org/10.21688/1681-3472-2024-4-18-32>

Funding

The study did not have sponsorship.

Conflict of interest

The authors declare no conflict of interest.

Contribution of the authors

Conception and study design: E.S. Gergert, S.E. Pekarskiy, A.E. Baev, M.G. Tarasov, I.V. Suslov, A.A. Gorokhovskiy, S.M. Sultanov, Yu.I. Bogdanov
 Data collection and analysis: E.S. Gergert, S.E. Pekarskiy, I.V. Suslov, A.A. Gorokhovskiy
 Drafting the article: E.S. Gergert, I.V. Suslov, A.A. Gorokhovskiy
 Critical revision of the article: E.S. Gergert, S.E. Pekarskiy, A.E. Baev, M.G. Tarasov, I.V. Suslov, A.A. Gorokhovskiy, S.M. Sultanov, Yu.I. Bogdanov
 Final approval of the version to be published:
 E.S. Gergert, S.E. Pekarskiy, A.E. Baev, M.G. Tarasov, I.V. Suslov, A.A. Gorokhovskiy, S.M. Sultanov, Yu.I. Bogdanov

ORCID

E.S. Gergert, <https://orcid.org/0000-0001-9464-3354>
 S.E. Pekarskiy, <https://orcid.org/0000-0002-4008-4021>
 A.E. Baev, <https://orcid.org/0000-0002-8163-1618>
 M.G. Tarasov, <https://orcid.org/0000-0001-5263-9488>
 I.V. Suslov, <https://orcid.org/0000-0002-0288-4191>
 A.A. Gorokhovskiy, <https://orcid.org/0000-0003-3909-9282>
 S.M. Sultanov, <https://orcid.org/0000-0002-1569-2914>
 Yu.I. Bogdanov, <https://orcid.org/0000-0003-2939-6291>

© 2024 Gergert et al.



Egor S. Gergert, Stanislav E. Pekarskiy, Andrei E. Baev, Mikhail G. Tarasov, Ivan V. Suslov, Alexei A. Gorokhovskiy, Sirgak M. Sultanov, Yuri I. Bogdanov

Cardiology Research Institute, Tomsk National Research Medical Center, Russian Academy of Sciences, Tomsk, Russian Federation

Abstract

Objective: The study was aimed at assessing the available data on the efficacy and safety of thromboaspiration in acute coronary syndrome and its prospects for more frequent using in routine clinical practice.

Methods: A search was performed in the Medline (PubMed), Cochrane Library and Web of Science databases for the period from 2000 to 2024 using the following keywords: “thrombectomy”, “thrombus aspiration”, “thromboaspiration” and “myocardial infarction”. Randomized controlled trials, prospective cohort and registry studies, and meta-analyses were included in the study, while experimental studies and studies with small samples (less than 50 patients) were excluded. The criteria for the efficacy of thromboaspiration itself were critically analyzed, as well as the impact of the device and its design on the efficacy and safety of thromboaspiration were assessed.

Results: Of the 230 search results, 45 original publications that met the selection criteria were included in the review. Most studies assessing the efficacy/safety of therapy did not take into account the fact that 20-30% of thromboaspiration from coronary arteries were technically unsuccessful that is quite enough to underestimate its efficacy.

Conclusion: The probable reason for the inconsistent results of thromboaspiration trials is high proportion of cases of technically unsuccessful outcomes related to the failure of extracting thrombotic contents from the aspiration catheter. Thromboaspiration is an etiological method for treating acute coronary artery thrombosis, and optimization of the design of thromboaspiration catheters and surgical techniques can significantly improve its efficacy and fully reveal the potential of this method for treating myocardial infarction.

Keywords: Acute Coronary Syndrome; Myocardial Infarction; Percutaneous Coronary Intervention; PubMed; ST Elevation Myocardial Infarction; Thrombectomy; Thrombosis

Введение

Причиной инфаркта миокарда с подъемом сегмента ST (ИМпST) в подавляющем большинстве случаев является острая тромботическая окклюзия коронарной артерии, возникающая в зоне инфаркт-образующего поражения. Разрыв тонкостенной атеромы, эрозия бляшки (дефект эндотелия) или протрузия кальциевого узла в просвет артерии вызывают массивную локальную активацию тромбоцитов и коагуляционного каскада с формированием внутрипросветного тромба, блокирующего кровотока. В отсутствие кровотока прекращается поступление кислорода и питательных веществ к клеткам зависимой области сердца, нарушается клеточный метаболизм и происходит некроз (инфаркт) тканей [1]. Данный процесс зависит от скорости развития окклюзии и выраженности коллатерального кровообращения, вследствие чего может быть полностью или частично обратимым при восстановлении кровотока в период до 12 ч от его начала.

Аспирационная тромбэктомия (АТ) представляет собой эндоваскулярное удаление внутрипросветных тромбов из инфаркт-связанной артерии через катетер, к которому приложено отрицательное давление (с помощью шприца или насоса). Процедура является методом истинного этиологического лечения ИМпST, поскольку устраняет его причину. В серии небольших исследований продемонстрирована эффективность АТ в реперфузионной терапии у пациентов с ИМпST по косвенным критериям: нормализации ST (англ. ST Resolution, STR), повышению интенсивности тканевого контрастирования (англ. Myocardial Blush Grade, MBG) [2–4]. В 2008 г. в большом рандомизированном исследовании TAPAS ($n = 1\ 071$) доказана эффективность АТ в снижении общей смертности больных ИМпST в течение 1 года после вмешательства [5]. Опираясь на эти данные, Американская коллегия кардиологов (англ. American College of Cardiology, ACC) совместно с Американской ассоциацией сердца (англ. American Heart Association, АНА) и Обществом сердечно-сосудистой ангиографии и интервенционных вмешательств (Society for Cardiovascular Angiography and Interventions, SCAI) в 2011 г., а затем и Европейское общество кардиологов (англ. European Society of Cardiology, ESC) в 2012 г. рекомендовали этот метод как рутинную процедуру при ИМпST с классом рекомендаций IIa [6; 7].

Однако первоначальный энтузиазм сменился разочарованием после публикации результатов последовавших за TAPAS еще более крупных исследований TASTE (2014, $n = 7\ 244$) и TOTAL (2015,

$n = 10\ 732$), в которых не удалось доказать эффективность АТ при ИМпST. В TOTAL, кроме того, был получен отрицательный эффект в виде повышения частоты инсультов [8; 9]. В дополнительном анализе ($n = 18\ 222$) регистра SWEDEHEART, в котором применили критерии отбора исследования TASTE, также не выявили различий в риске смерти и инфаркта миокарда (ИМ) между группами с АТ и без нее через 1 и 3 года после вмешательства [10].

В свете новых данных в специальном обновлении руководства ACC/AHA/SCAI по первичному чрескожному коронарному вмешательству (ЧКВ) у пациентов с ИМпST 2015 г. [11] и руководстве ESC по лечению ИМпST 2017 г. класс рекомендаций для АТ сменился на III: «рутинная АТ не рекомендуется» [12]. С тех пор данная рекомендация остается без изменений во всех обновлениях соответствующих руководств. При этом не уточняется, какое использование АТ следует считать не «рутинным», зато регулярно подтверждается, что высокая тромботическая нагрузка является независимым предиктором смерти. На практике имплантация стента при больших тромбах часто сопровождается дистальной эмболией, нарушением перфузии и неблагоприятными исходами, что по-прежнему заставляет операторов применять АТ. В частности, согласно анализу данных регистра ORPKI, включавшему 116 873 пациента, с 2015 по 2020 г. вмешательство продолжали избирательно выполнять со стабильной частотой 11,6 % случаев [13]. В японском регистре J-PCI ($n = 282\ 606$) с 2016 по 2018 г. частота проведения процедуры была даже выше — 29,5 % — и также оставалась стабильной, несмотря на результаты TASTE и TOTAL [14]. Таким образом, вопрос использования метода при ИМпST не решен.

В отличие от TAPAS, в исследованиях TASTE и TOTAL авторы не учитывали непосредственный успех АТ в смысле удаления тромбов, то есть факт получения тромботического содержимого из катетера. Соответственно, группа АТ включала пациентов как с успешным удалением тромбов, так и с неуспешными попытками, при которых исходы вмешательства как минимум не лучше, чем в контрольной группе. По данным TAPAS и других работ, частота неуспешной АТ при ИМпST составляет 20–30 %, что вполне достаточно, чтобы снизить различия между группами процедуры и контрольного лечения в исследованиях TASTE и TOTAL до статистически незначимого уровня и таким образом обеспечить существенную недооценку эффективности метода. В свою очередь, высокая частота неудачной АТ при ИМпST, вероятнее всего, обусловлена



Рис. 1. Отбор исследований для включения в обзор литературы

субоптимальной конструкцией аспирационных катетеров и неадекватной операционной техникой. В отличие от катетеров для церебральной и периферической АТ, катетеры для коронарной тромбэктомии имеют косой срез, то есть в большей степени представляют собой бужи, а аспирация рекомендована в виде многократного прохождения катетером за место окклюзии, где нет тромбов и нечего аспирировать, то есть также в виде бужирования, что принципиально отличается от, например, рекомендуемой техники церебральной АТ — подведения катетера к окклюзии и затем осторожного движения через окклюзию, чтобы не вызвать дислокацию фрагментов тромба в дистальное русло.

Цель обзора — оценить имеющиеся данные об эффективности и безопасности АТ и перспективы более частого ее применения в рутинной клинической практике. В обзоре также представлен критический анализ результатов исследований TASTE и TOTAL, ставших причиной повсеместного отказа от применения АТ при остром ИМ, и обсуждаются перспективы и методы совершенствования этого вмешательства.

Методы

Мы выполнили компьютеризированный поиск в базах данных PubMed (Medline), Cochrane Library и Web of Science, в который вошли публикации на английском языке за период с 2000 г. по февраль 2024 г. Использовали термины “throm-

bectomy”, “thrombus aspiration”, “thromboaspiration” и “myocardial infarction”. Включали рандомизированные контролируемые исследования (РКИ), проспективные когортные и регистровые исследования. Также рассмотрели ранее опубликованные мета-анализы и ссылки на опубликованные исследования, чтобы убедиться в отсутствии пропущенных работ. Из анализа исключали экспериментальные исследования, исследования с небольшими выборками (менее 50 пациентов), где тромбэктомию проводили без стандартизированных методов или устройств. Поиск по ключевым словам дал 230 результатов. После удаления дубликатов 45 оригинальных публикаций, соответствующих критериям отбора, включили в обзор. Критически оценили исследования TASTE и TOTAL, на которых основаны действующие официальные рекомендации. Схема отбора публикаций представлена на рис. 1.

Результаты

Влияние на реперфузию

В исследовании REMEDIA (2005, n = 100) АТ, особенно у пациентов с замедленным кровотоком по шкале TIMI (англ. Thrombolysis In Myocardial Infarction) и высокой тромботической нагрузкой, увеличивала долю пациентов с MBG ≥ 2 на 23 % и с STR ≥ 70 % (нормализация сегмента ST не менее чем на 70 % по отношению к исходному повышению) на 21 % по сравнению с ЧКВ без АТ [2; 15; 16].

Аналогичные результаты были получены в исследовании DEAR-MI (2006, n = 148), где после АТ полная STR наблюдалась у 68 % больных, в то время как в группе без АТ этот показатель составил 50 %, а MBG 3 был достигнут у 88 против 44 % [17]. В работах PIHRATE (2007, n = 196), VAMPIRE (2008), С.-L. Chao и соавт. (2009), EXPIRA (2009, n = 175), MUSTELA (2012, n = 218) получен аналогичный эффект процедуры, что подтвердило ее эффективность [18–22]. В исследовании TAPAS зафиксировано увеличение доли пациентов с MBG 2 или 3 после ЧКВ с АТ до 56,6 против 44,2 % в контрольной группе ($p < 0,001$) [5]. В. Chevalier и соавт. (2008) в работе с участием 24 центров в Европе и Индии также продемонстрировали улучшение миокардиальной перфузии, что выразилось в повышении частоты MBG 3 и/или STR > 50 % (85,0 против 71,9 %, $p = 0,025$) [3]. В исследовании TOTAL частота STR ≥ 70 % была определена у 7 654 из 10 732 пациентов и оказалась меньше в группе АТ + ЧКВ, чем в группе только ЧКВ: 27,0 против 30,2 % ($p < 0,001$) [9], при этом неполная нормализация (STR < 70 %) была значимым предиктором совокупной частоты неблагоприятных событий (сердечно-сосудистая смерть (ССС), повторный ИМ, кардиогенный шок, возникновение или прогрессирование сердечной недостаточности до IV функционального класса по классификации Нью-Йоркской кардиологической ассоциации (англ. New York Heart Association, NYHA) в течение 1 года после вмешательства) [23]. S. Desch и соавт. (2016) не выявили значимых различий в степени MBG 3 между группами АТ и стандартного ЧКВ (70,0 против 64,9 %, $p = 0,83$) у больных, поступивших в период 12–48 ч после начала симптомов, что может указывать на неэффективность как АТ, так и ЧКВ в отношении реперфузии в указанные сроки [24]. В целом в работах с использованием качественных и полуколичественных суррогатных критериев в виде STR и MBG отмечена эффективность АТ при ИМпСТ в соответствующие сроки. Однако негативный результат исследования TOTAL, в котором размер выборки был сравним с суммарным количеством пациентов в предшествующих исследованиях, не позволяет сделать однозначный вывод в пользу АТ. Вероятная причина парадоксального результата TOTAL и ее влияние на оценку эффективности процедуры представлены в разделе «Влияние на отдаленные исходы».

Современные методы оценки интракоронарной физиологии и магнитно-резонансной томографии (МРТ) с контрастным усилением позволяют непосредственно оценить тканевый кровоток (микро-

циркуляцию) и его восстановление у пациентов с ИМпСТ, в том числе и за счет снижения тромботических осложнений, связанных с дистальной эмболизацией. S.-I. Woo и соавт. (2011, n = 63) с помощью внутрикоронарного измерения давления и объемной скорости кровотока методом термодилуции показали снижение индекса микроциркуляторного сопротивления (англ. index of microcirculatory resistance) до $23,5 \pm 10,2$ единицы в группе с АТ, в отличие от $34,2 \pm 21,7$ единицы в контрольной группе ($p = 0,018$) [25]. Данный индекс является маркером жизнеспособности миокарда и предиктором восстановления левого желудочка после первичного ЧКВ у пациентов с острым ИМ [26]. В исследовании EXPIRA с помощью МРТ с контрастным усилением выявили почти двукратно более высокую частоту и степень микроваскулярной обструкции (англ. microvascular obstruction) в группе ЧКВ без АТ в сравнении с ЧКВ + АТ (72,9 против 31,5 %, $p = 0,0005$ и $3,7 \pm 2,6$ г против $1,7 \pm 1,9$ г, $p = 0,0003$ соответственно) [21]. Авторы исследования MUSTELA, в котором также использована МРТ, зафиксировали значительное снижение частоты случаев микроваскулярной обструкции в группе с АТ (11,4 против 26,7 %, $p = 0,02$) через 3 мес. после ЧКВ [22]. Таким образом, данные работ с прямыми измерениями тканевого кровотока свидетельствуют об эффективности АТ в отношении реперфузии у пациентов с ИМпСТ, что предполагает высокий потенциал улучшения клинических исходов.

Влияние на ремоделирование миокарда

Ремоделирование миокарда после ИМпСТ — важный процесс, влияющий на прогноз и выживаемость больных. АТ может способствовать уменьшению ишемического повреждения миокарда, что теоретически может благоприятно воздействовать на ремоделирование [25; 27; 28]. В исследовании L. De Luca и соавт. (2006, n = 76) через 6 мес. после ИМпСТ конечные систолический и диастолический объемы левого желудочка были значительно выше у пациентов, получавших стандартное лечение, по сравнению с группой АТ (конечный систолический объем 82 против 75,3 мл, $p < 0,0001$; конечный диастолический объем 152,5 против 138,1 мл, $p < 0,0001$) [27]. F. Liistro и соавт. (2009, n = 111) также продемонстрировали, что АТ способствовала значительному улучшению фракции выброса левого желудочка (ФВ ЛЖ) (48 ± 6 % до 55 ± 7 % против 48 ± 7 % до 49 ± 8 %, $p < 0,0001$) и индекса wall-motion score ($1,59 \pm 0,13$ до $1,30 \pm 0,19$ против $1,64 \pm 0,20$ до $1,51 \pm 0,26$, $p = 0,008$) через 6 мес., что может указы-

вать на положительное влияние данной процедуры на ремоделирование миокарда [28]. В исследовании S.-I. Woo и соавт. при шестимесячном наблюдении ФВ ЛЖ увеличилась на 3,33 % в группе АТ и на 0,73 % в группе без АТ, что, однако, не было статистически значимо [25]. M. Ciszewski и соавт. (2011, n = 137) получили подтверждение потенциальной пользы АТ: конечный размер зоны инфаркта, оцененный с помощью однофотонной эмиссионной компьютерной томографии, был меньше у пациентов, прошедших АТ ($23,1 \pm 13,3$ % против $28,9 \pm 10,2$ % в контрольной группе, $p = 0,002$) [29]. В исследовании EXPIRA размер инфаркта через 3 мес. также уменьшился в группе АТ (с 14 ± 12 % до $9 \pm 4,5$ %, $p = 0,001$), в то время как для стандартной ЧКВ значимых изменений не обнаружили [21].

В то же время авторы исследования MUSTELA не выявили статистически значимого преимущества АТ по сравнению со стандартным ЧКВ в отношении размера инфаркта ($20,4 \pm 10,5$ % против $19,3 \pm 10,6$ %, $p = 0,54$) и трансмуральности ($11,9 \pm 12,0$ % против $11,6 \pm 12,7$ %, $p = 0,92$), что ставит под вопрос эффективность процедуры [22]. ФВ ЛЖ, конечный диастолический объем и ударный объем были одинаковыми между группами. N.H. Andersen и соавт. (2007, n = 215) тоже не поддержали гипотезу о положительном влиянии АТ на ремоделирование миокарда (ФВ ЛЖ 47 ± 14 % против 51 ± 12 %, p незначимо) [30]. Существенных различий в диастолической функции между двумя группами не было. Кроме того, A. Kalltoft и соавт. (2006, n = 215) обнаружили, что АТ ассоциировалась с увеличением конечного размера инфаркта, оцениваемого по сцинтиграфии (медиана (Me) 15 % [межквартильный размах (англ. interquartile range, IQR) 4; 25] против 8 % [IQR 2; 18], $p = 0,004$) [31]. Размер инфаркта, определенный по сцинтиграфии, и показатель трансмуральности по МРТ в исследовании J. Lipiecki и соавт. (2009, n = 44) были сопоставимы между группами АТ и только ЧКВ ($30,6 \pm 15,8$ % против $28,5 \pm 17,9$ %, $p = 0,7$ и $2,03 \pm 1,05$ против $2,16 \pm 1,21$, $p = 0,7$) [32].

Таким образом, АТ, вероятно, благоприятно влияет на постинфарктное ремоделирование левого желудочка, однако этот эффект зависит от различных процедурных и непроцедурных факторов, включая время ишемии, целевой сосуд и используемое устройство. Польза АТ для жизнеспособности миокарда представляется более выраженной в определенных клинических контекстах, например, у больных с высокой тромботической нагрузкой, где этот метод может значительно снизить ССС по сравнению с только чрескожным вмешательством [33].

Влияние на отдаленные исходы

Авторы исследования TAPAS впервые попытались выяснить, может ли эффективность АТ в отношении восстановления перфузии миокарда при ИМпСТ транслироваться в улучшение клинических исходов. Совокупная частота ССС или нефатального повторного ИМ в течение первого года после вмешательства была значимо меньше в группе АТ, чем в группе только ЧКВ: 3,6 и 6,7 % соответственно [5]. Как было указано выше, именно благодаря этой работе АТ получила класс IIa в рекомендациях ACC/AHA/SCAI по ЧКВ и ИМпСТ 2011 г. [6]. В исследовании EXPIRA частота серьезных неблагоприятных сердечно-сосудистых событий (англ. Major Adverse Cardiac Events, MACE) в течение 24 мес. после вмешательства также была меньше в группе АТ: 4,5 против 13,7 % ($p = 0,038$), в том числе ССС 0 против 6,8 % ($p = 0,012$) [4]. При этом наблюдалась тесная корреляция между риском ССС и эффективностью реперфузии по суррогатным критериям STR и MBG. Однако в исследовании ADMIT (n = 100) значимых различий в ранних и поздних клинических исходах не отмечено (25,0 против 19,5 %, $p = 0,61$) [34].

В крупном исследовании TASTE частота неблагоприятных исходов также оказалась меньше в группе ЧКВ + АТ, чем в группе только ЧКВ, например, общая смертность — 5,3 против 5,6 %, а совокупная частота смерти от всех причин, повторной госпитализации по поводу ИМ или тромбоза стента — 8,0 против 8,5 % соответственно. Однако межгрупповые различия не достигли статистической значимости, и результаты были интерпретированы как отсутствие положительного эффекта АТ на исходы лечения ИМпСТ [8]. Тем не менее в отношении части исходов такая интерпретация представляется слишком консервативной. Например, частота госпитализаций по поводу повторного ИМ в течение 30 дней различалась почти в 2 раза: 0,5 и 0,9 % в группах ЧКВ + АТ и только ЧКВ соответственно (отношение рисков (ОР) 0,61; 95% доверительный интервал (ДИ) 0,34–1,07; $p = 0,09$), а частота тромбоза стента — в 2,5 раза: 0,2 и 0,5 % соответственно (ОР 0,47; 95% ДИ 0,20–1,02; $p = 0,06$). То есть вероятность нулевой гипотезы об отсутствии влияния АТ на вышеуказанные исходы (ошибка 1-го рода) при таких межгрупповых различиях составила менее 10 % (9 и 6 % соответственно), что очень близко к выбранному уровню значимости 5 % ($p < 0,05$). В наиболее масштабном исследовании TOTAL совокупная частота ССС, рецидива ИМ, кардиогенного шока или сердечной недостаточности IV функционального класса по NYHA в течение 180 дней после вмешательства

была 6,9 % (347 из 5 033 пациентов) в группе АТ + ЧКВ и 7,0 % (351 из 5 030 пациентов) в группе только ЧКВ (ОР 0,99; 95% ДИ 0,85–1,15; $p = 0,86$); частота ССС — 3,1 и 3,5 % соответственно (ОР 0,90; 95% ДИ 0,73–1,12; $p = 0,34$) [9]. Эти результаты продемонстрировали принципиальное отличие от предыдущих работ: практическое отсутствие количественных различий в отдаленных клинических исходах между группами АТ + ЧКВ и только чрескожного коронарного вмешательства.

Очевидно, что вышеуказанные нейтральные (или интерпретированные таким образом) результаты исследований АТ представляют собой явный парадокс, поскольку удаление тромбов является истинно этиологическим лечением ИМпST, то есть потенциально наиболее эффективным. Предполагаем, что эти данные в большей степени отражают технические проблемы выполнения вмешательства и/или недостатки проведения исследований, чем свидетельствуют о принципиальной неэффективности метода. Наиболее вероятной причиной парадоксальных результатов TASTE и TOTAL может быть то, что, в отличие от предыдущих работ, технический успех АТ в них оценивали только по появлению кровотока, а фактическую эффективность аспирации тромбов через аспирационный катетер — получение тромботического содержимого — не учитывали, что при достаточной частоте неуспешной тромбаспирации (с исходами такими же, как у ЧКВ без АТ, или хуже) могло привести к серьезной недооценке положительных эффектов успешной АТ. Неуспешная АТ приводит к разрушению тромба и смещению его фрагментов в дистальное русло [32; 35]. Появление кровотока в инфаркт-связанной артерии, в том числе TIMI 3, возможно при восстановлении проходимости только части дистального русла, в то время как его значительная часть может оставаться заблокированной вследствие макро- и микроэмболизации. Это обусловлено тем, что по определению шкала TIMI оценивает исключительно линейную скорость кровотока. Объемная скорость кровотока и, как следствие, перфузия (в соответствии с принципом непрерывности кровотока) зависят как от линейной скорости, так и от площади просвета или диаметра артерии дистальнее инфаркт-образующего поражения. Если кровоток соответствует TIMI 3, а диаметр артерии дистальнее поражения меньше, чем непосредственно перед ним, то объемный кровоток или перфузия восстановлены не полностью — пропорционально отношению этих диаметров, главным образом из-за блокады дистального русла.

Табл. 1. Частота неуспешной тромбаспирации в исследованиях с изучением морфологии тромбов

Исследование	Аспират получен, %	Аспират не получен, %
TAPAS [5]	72,9	27,1
Kramer M.C.A. и соавт. [36]	75,2	24,8
EMERALD [37]	73,0	27,0
Blasco A. и соавт. [38]	66,1	33,9
Среднее значение	71,8	28,2

Частоту технически неуспешной тромбаспирации можно косвенно оценить по данным работ, в которых проводили морфологические исследования тромбов и оценивали частоту получения тромботического содержимого из аспирационного катетера (табл. 1) [5; 36–38].

Таким образом, даже в строго контролируемых клинических исследованиях АТ технически неуспешна примерно в 30 % случаев с исходами, аналогичными или худшими по сравнению с ЧКВ без тромбаспирации из-за дополнительных рисков и осложнений, связанных с удлинением процедуры и дополнительными манипуляциями, несущими риск диссекций, перфораций, тромбообразования в направляющем катетере и так далее. Это способно нейтрализовать различия в частоте событий между группами АТ + ЧКВ и только чрескожного вмешательства.

Если принять долю неуспешной АТ в исследованиях TASTE и TOTAL как 30 % и скорректировать расчеты с учетом того, что исходы у этих пациентов из группы АТ + ЧКВ эквивалентны исходам у больных группы без АТ, то различия между группами становятся статистически значимыми для многих конечных точек, особенно для тех, которые прямо связаны с успехом чрескожного коронарного вмешательства.

Пусть частота событий в группе АТ равна F_{mp} , частота в группе ЧКВ без АТ равна F_o , доля случаев технически неуспешной АТ равна $0,3$ (30 %), а частота событий при неуспешной АТ равна частоте событий в контрольной группе ЧКВ без АТ F_o .

Тогда реальную частоту событий X у пациентов с успешной АТ можно оценить следующим образом: частота событий в группе АТ $F_{mp} = 0,7 \times X + 0,3 \times F_o$, то есть складывается из частоты X у 70 % участников данной группы, у которых АТ была успешна, и частоты F_o у 30 %, у которых она была неуспешна. Преобразуя данную формулу, получаем:

Табл. 2. Частота отдаленных событий при расчетной успешной аспирационной тромбэктомии

Показатель	Группа АТ	Группа без АТ	Δ	р	АТ*	Δ*	р*
TASTE [8]							
Количество пациентов	3 621	3 623			2 535		
Общая смертность, %	2,8	3,0	0,2	0,63	2,7	0,3	0,49
Госпитализация по поводу повторного ИМ, %	0,5	0,9	0,4	0,09	0,3	0,6	0,004
Тромбоз стента, %	0,2	0,5	0,3	0,06	0,1	0,4	0,005
TOTAL [9]							
Количество пациентов	5 033	5 030			3 523		
Сердечно-сосудистая смерть в течение 180 дней, %	3,1	3,5	0,4	0,34	2,9	0,6	0,09
Повторный ИМ в течение 180 дней, %	2,0	1,8	0,2	0,62	2,1	0,3	0,14
Тромбоз стента, %	1,5	1,7	0,2	0,42	1,4	0,3	0,004

Примечание. В правой части таблицы представлены расчетные значения для участников с успешной аспирационной тромбэктомией при условии, что такая доля составляет 70 %. * — скорректированные значения, жирным шрифтом выделены статистически значимые различия; АТ — аспирационная тромбэктомия; ИМ — инфаркт миокарда. Статистический анализ при использовании показателей, рассчитанных с учетом 70% успеха аспирационной тромбэктомии, выполнен аналогично использованному в самих исследованиях как сравнение долей в двух выборках с помощью критерия хи-квадрат и точного теста Фишера при значениях долей менее 5 %.

$$X = (F_{mp} - 0,3 \times F_o) / 0,7.$$

То есть частота событий X у пациентов с успешной АТ явно меньше частоты F_{mp} .

Если мы применим полученную оценку к результатам TASTE и TOTAL (то есть сравним частоту событий у больных с истинно успешной АТ и частоту в группе без АТ), то различия по крайней мере для части конечных точек становятся значимыми в пользу АТ (табл. 2). При этом появление значимых различий зависит от специфичности конечной точки для эффекта АТ. Так, тромбоз стента и повторный ИМ по большей части прямо связаны с успехом ЧКВ, а общая и сердечно-сосудистая смерть в большей степени зависят от тяжести исходного состояния, обширности ИМ, коморбидности и в меньшей степени от успеха чрескожного коронарного вмешательства.

R. Moxham и соавт. в дополнительном анализе TOTAL показали, что отсутствие эффекта АТ на клинические исходы не связано со временем ишемии [39]. K. Konstantinou и соавт. ($n = 128$) оценили эффект АТ на исходы ЧКВ у пациентов с ИМпСТ в современных условиях широкого применения мощных антитромботических препаратов — блокаторов P2Y₁₂ и новой генерации стентов с лекарственным покрытием. Анализируя данные регистра ИМпСТ в Эссексе с использованием псевдорандомизации, они показали, что вероятность ССС или реваскуляризации целевого поражения в течение 1 000 дней после вмешательства не различалась между груп-

пами ЧКВ + АТ и только чрескожного вмешательства [40].

Таким образом, первоначальные данные об эффективности АТ в отношении клинических исходов ИМпСТ, полученные в исследованиях TAPAS и EXPIRA, подверглись сомнению по результатам последующих работ TASTE и TOTAL. Высока вероятность, что причина расхождений в том, что, в отличие от ранних исследований, ни в одном из более поздних не оценивали непосредственный успех процедуры в отношении получения тромботического содержимого из катетера. Соответственно, анализ различий игнорировал тот факт, что группа ЧКВ + АТ в этих исследованиях включала пациентов с неуспешной тромбаспирацией, у которых тромбы не извлекались, а механически разрушались внутри артерии, как и в группе только ЧКВ, со значительным эффектом дистальной эмболизации. При этом АТ занимала дополнительное время, а многократное прохождение катетером через тромб, безусловно, увеличивало риск его дислокации, фрагментации и более интенсивной дистальной эмболизации, что в конечном счете предполагает худшие исходы, чем в случаях только чрескожного вмешательства.

Дополнительный риск инсульта при аспирационной тромбэктомии

Аспирация тромба из коронарной артерии несет риск эмболического инсульта [9]. Тем не менее в исследованиях TAPAS и TASTE недостаточно данных для анализа частоты инсультов после АТ. В TAPAS

инсульт не был заранее определен как исход, и информация о нем не была систематически собрана, что ограничивает возможность оценки этого важного осложнения. В TASTE, хотя частота инсультов была зарегистрирована, анализ основывался на регистрационных данных с использованием кодов диагнозов при выписке, что не предполагало независимую верификацию и могло привести к неточности результатов.

В отличие от этих публикаций, в TOTAL учтены указанные недостатки. Инсульт был заранее определен как конечная точка безопасности, и все случаи его развития были зарегистрированы перспективно с независимой верификацией неврологами, не знающими о том, какой вариант вмешательства выполняли конкретному больному. Это обеспечило более точное и надежное сравнение частоты инсультов между группами. Кроме того, TOTAL имело большую мощность для выявления статистически значимых различий, что позволило установить увеличение частоты инсультов после АТ, особенно в первые 48 ч после процедуры. Несмотря на достигнутую статистическую значимость различий между группами по частоте возникновения инсульта, клиническая релевантность этих различий не очевидна. Всего из более чем 10 000 пациентов инсульт развился у 49: 33 из 5 033 в группе ЧКВ + АТ (0,7 %) и 16 из 5 030 в группе только ЧКВ (0,3 %), то есть в обеих группах менее 1 % случаев. Мерой клинической значимости относительных различий в риске осложнений является показатель Number Needed to Harm (NNH), оценивающий вред в абсолютных числах. В частности, он показывает, сколько нужно пролечить пациентов, чтобы получить одно осложнение. В данном случае значение $NNH = 1 / (0,0066 - 0,0032) = 296$ означает, что инсульт возникает примерно в каждом 296-м случае проведения АТ при ИМпСТ, то есть во многих клиниках — далеко не каждый год. При этом сегодня в большинстве рентгенхирургических отделений можно предупредить или вылечить данное осложнение интраоперационно, выполнив церебральную АТ. Рекомендуемое пороговое значение клинической значимости для $NNH < 70$, чтократно меньше, чем 296, то есть характеризует инсульт при АТ как редкое клинически нерелевантное осложнение. Кроме того, это исследование показало, что пожилой возраст, женский пол, инсульт в анамнезе, диабет и заболевания периферических сосудов являются независимыми предикторами инсульта, и, кроме диабета, все эти факторы были более распространены в группе АТ. Это позволя-

ет предположить, что исходные факторы риска инсульта не были сбалансированы между двумя группами. Разница в частоте инсульта в исследовании TOTAL продолжает увеличиваться в течение 1 года наблюдения, что тоже ставит под сомнение причинно-следственную связь с тромбэктомией [9].

Похожие результаты получили в ретроспективном когортном исследовании Е.А. Secemsky и соавт., которые проанализировали 683 584 случая ЧКВ у пациентов с ИМпСТ, выполненных в период с 2009 по 2016 г., по данным NCDR CathPCI Registry, и обнаружили значимое, но очень малое по величине относительное увеличение частоты инсультов при проведении АТ (скорректированная разница рисков 0,14 %; 95% ДИ 0,01–0,30; $p = 0,03$) [41]. В этом случае $NNH = 1 / 0,0014 = 714$, что также указывает на отсутствие клинической релевантности связи АТ с риском инсульта.

Сравнение механической и аспирационной тромбэкстракции

В проспективном РКИ TREAT-MI с включением 201 пациента авторы сравнивали тромбаспирационный катетер Export (Medtronic, Миннеаполис, США) с системой механической тромбэктомии X-sizer (eV3, Уайт-Бэр-Лейк, США) [42]. В качестве первичной конечной точки указали комбинированную точку, включающую ССС, повторный острый ИМ или реваскуляризацию целевого сосуда в течение 3 лет после индексной процедуры. Катетер Export оказался лучше только в отношении частоты успеха установки, в остальном статистически значимой разницы не было (22,2 против 18,6 %; ОР 1,20; 95% ДИ 0,65–2,22; $p = 0,35$). Иными словами, несмотря на лучший процедурный успех тромбаспирационного катетера, разница по твердым конечным точкам отсутствовала.

Исследование AIMI посвящено реолитической элиминации тромба с помощью консоли AngioJet (Boston Scientific, Мальборо, США), при которой происходят фрагментация и активная аспирация фрагментов тромба в катетер под действием высокоскоростной струи жидкости, направленной к проксимальной части артерии [43]. По результатам, несмотря на эффективное удаление тромба (88 % — полное удаление, 7 % — частичное), во время первичного ЧКВ применение AngioJet в сравнении с ЧКВ без механической тромбэкстракции увеличивало зону инфаркта ($9,8 \pm 10,9$ % против $12,5 \pm 12,13$ %, $p = 0,03$), не улучшало кровотока по шкале TIMI (TIMI 3: 91,8 против 97,0 %, $p < 0,02$), не демонстрировало значимых отличий в оценке тканевой миокарди-

альной перфузии (англ. tissue myocardial perfusion blush score), а также увеличивало 30-дневную частоту MACE (6,7 против 1,7 %, $p = 0,01$).

Сравнение аспирационной тромбэктомии с лекарственными препаратами, влияющими на систему свертывания крови

Исследование INFUSE-AMI включало сравнение 4 групп пациентов: (1) АТ с последующим интракоронарным болюсным введением абциксимаба, (2) АТ без абциксимаба, (3) интракоронарное болюсное введение абциксимаба без АТ, (4) без абциксимаба и АТ [44; 45]. Всем больным в дальнейшем выполняли первичное ЧКВ. АТ проводили при помощи катетера Export. В качестве первичной конечной точки рассматривали размер зоны инфаркта по данным МРТ сердца в группах «абциксимаб – без абциксимаба» через 30 дней. Основная вторичная конечная точка была обозначена как зона инфаркта в группах «АТ – без АТ» через 30 дней по данным МРТ сердца. При оценке первичной конечной точки у пациентов, рандомизированных в группу интракоронарного абциксимаба, выявили значимое снижение зоны инфаркта через 30 дней (Me 15,1 % [IQR 6,8; 22,7] против 17,9 % [10,3; 25,4], $p = 0,03$), а также значимое снижение абсолютной массы инфаркта (18,7 г [7,4; 31,3] против 24,0 г [12,1; 34,2], $p = 0,03$). Наилучший эффект достигнут в группе интракоронарного абциксимаба + АТ. В отношении основной вторичной конечной точки значимых различий не получили. Авторы сделали вывод, что зона инфаркта в первые 30 дней значительно снижается при применении интракоронарного абциксимаба, но не АТ. При этом индексы реперфузии (TIMI, MBG), STR и 30-дневные клинические события значимо не различались между группами.

INFUSE-AMI имеет ряд ограничений. Так, отсутствует информация об успехе АТ, а именно частоте получения тромботических масс. С учетом данных исследования TAPAS частота неуспешной АТ катетером Export составляет около 30 %. Наличие большой доли таких случаев, в которых, по сути, тромбэктомия не была выполнена (тромботические массы не извлечены из инфаркт-связанной артерии), существенно занижает общую эффективность в группах АТ и, таким образом, искажает оценку различий в эффективности вмешательства между группами с АТ и без нее. Соответственно, данное исследование повторяет недочеты TASTE и TOTAL.

В исследовании ITTI авторы сравнили эффективность АТ и тирофибана (блокатора гликопротеинового IIb/IIIa-комплекса) [46]. Сравнению подвергли

4 группы: (1) традиционное ЧКВ, (2) ЧКВ с АТ, (3) ЧКВ с инфузией тирофибана, (4) ЧКВ с АТ и инфузией тирофибана. Всего в группах было от 23 до 28 пациентов. АТ выполняли при помощи Thrombuster II (Kaneka, Осака, Япония). Первичной конечной точкой было достижение MBG 3. В группе АТ и тирофибана получили наилучшие результаты в сравнении с группой только АТ (MBG 3: 76,7 против 45,8 %, $p = 0,009$; полная STR: 70 против 41,7 %, $p = 0,036$). Тирофибан статистически значимо улучшал MBG и STR ($p = 0,003$ и $p = 0,037$ соответственно), АТ — только MBG ($p = 0,048$). Разницы в частоте MACE между группами не было.

S.-S. Zhou и соавт. оценивали эффективность комбинированной терапии для предотвращения развития феномена no-reflow у больных ИМ [47]. Сравнили группу пациентов высокого риска развития этого феномена с комбинированной терапией с группой высокого и низкого рисков. В группе с комбинированной терапией назначали аторвастатин 80 мг перед ЧКВ, аденозин интракоронарно, тирофибан интракоронарно и АТ с последующим стентированием. В остальных группах выполняли только стандартное ЧКВ с возможностью использования одного из дополнительных методов, описанных для исследовательской группы, по решению оператора. Высоким риском развития феномена no-reflow считали значение no-reflow score ≥ 10 . Первичной конечной точкой была частота наступления феномена no-reflow (после стентирования TIMI < 3) без заметной механической обструкции на финальной ангиограмме. Вторичными конечными точками были оценка миокардиальной перфузии через 72 ч и частота развития MACE в течение 6 мес. Частота наступления первичной конечной точки в исследовательской группе составила 2,8 %, что соответствовало группе низкого риска (2,7 %), и была ниже в сравнении с контрольной группой высокого риска (35,2 %, $p < 0,01$). Миокардиальная перфузия была больше в исследовательской группе. Частота наступления MACE также оказалась ниже в исследовательской группе (6,3 против 13,2 %, $p < 0,05$). Примечательны два ограничения: во-первых, наступление первичной конечной точки определяли по TIMI, для которой характерна высокая межоператорская вариабельность, во-вторых, невозможно отграничить вклад каждого элемента комбинированной терапии.

Альтернативные устройства для аспирационной тромбэктомии

Существует несколько способов выполнения АТ, альтернативных мануальной тромбаспирации.

Один из них — использование аспирационной системы Indigo CAT RX (Penumbra Inc., Аламеда, США), состоящей из тромбаспирационного катетера CAT RX и аспирационного насоса Penumbra. Катетер имеет просвет 1,2 мм и заводится по стандартному коронарному проводнику с помощью системы rapid exchange. Основное преимущество системы — возможность непрерывной аспирации благодаря насосу, что позволяет выполнять процедуру неограниченно долго. В исследовании СНЕЕТАН медиана длительности тромбаспирации составила 69 с [IQR 65; 124] [48]. Данное исследование, проведенное как многоцентровое регистровое постмаркетинговое, имело целью оценить целесообразность широкого применения устойчивой механической АТ. Основной конечной точкой был показатель MACE, а вторичными — TIMI flow grade после ЧКВ, TIMI thrombus grade, MBG, частота дистальной эмболизации и тромбоз стента в течение 180 дней. При включении 400 пациентов выяснилось, что основная конечная точка наступает в 3,60 % случаев, частота инсульта в течение 30 дней составляет 0,77 %. Показатели TIMI thrombus grade 0, TIMI flow grade 3 и MBG 3 достигли 99,50, 97,50 и 99,75 % соответственно, без ассоциированных с устройством осложнений. Несмотря на хорошие результаты, «старый» дизайн катетера сохраняет ранее описанные недостатки, хотя система исправляет проблему длительности тромбаспирации.

Растет популярность использования для извлечения тромбов стентов-ретриверов, особенно известных в нейроинтервенции. Эти устройства, представляющие собой ловушки, вводятся через микрокатетер в тромб и раскрываются внутри него, позволяя затем извлечь тромб из сосуда. Недавно было предложено устройство enVast (Vesalio, Нэшвилл, США), а в 2019 г. А. Spirito и соавт. провели исследование с участием 61 пациента с TIMI thrombus grade ≥ 3 , показав высокую безопасность метода. Единственной проблемой была эмболия боковой ветви, но и ее впоследствии решили с помощью вакуумной тромбаспирации [49].

Medtronic представила похожую систему саморасширяющегося устройства для тромбэкстракции из эктазированных участков артерий, которая пока описана в литературе только на основании клинических случаев [50]. В настоящее время проводится РКИ RETRIEVE-AMI, целью которого является оценка безопасности и эффективности этой технологии в сравнении с мануальной тромбэкстракцией у пациентов с большой тромботической нагрузкой (идентификатор ClinicalTrials.gov: NCT05307965) [51].

Обсуждение

Этиопатогенез ИМпСТ предполагает высокую эффективность АТ, однако в многочисленных клинических испытаниях данного метода продемонстрированы противоречивые результаты, а в наиболее крупных — TASTE и TOTAL — польза процедуры не доказана, в результате чего официальные руководства ведущих экспертных комитетов сегодня, по сути, не рекомендуют ее использование (не рекомендуют «рутинное» выполнение, но не уточняют, что такое «не рутинная» АТ). При этом они признают высокую тромботическую нагрузку значимым фактором риска при инфаркте миокарда.

Неопределенность и противоречивость рекомендаций серьезно затрудняют принятие решения о выполнении АТ в сложных условиях экстренного ЧКВ. С другой стороны, на практике нередки случаи, когда в ходе вмешательства на тромбозах проксимальных или средних сегментов коронарных артерий происходит дислокация тромбов с эмболической окклюзией дистальных ветвей. Эффективное восстановление кровотока в таких ситуациях представляет уже намного более трудную задачу, чем лечение исходных поражений, мотивируя операторов продолжать применение АТ в отсутствие ясных рекомендаций. По данным регистровых исследований, метод продолжает использоваться в реальной клинической практике в 10–30 % случаев, несмотря на III класс рекомендаций [13; 14].

Вероятной причиной неоднозначных результатов РКИ АТ является большая доля случаев технически неуспешной процедуры, при которой не удается получить тромботическое содержимое из аспирационного катетера (то есть удалить хотя бы часть тромба из инфаркт-связанной артерии). В свою очередь, технически неуспешная АТ наиболее вероятно обусловлена неоптимальным дизайном катетеров для интракоронарной аспирации, имеющих универсальный косой срез (затрудняет герметичное присасывание) и дополнительный боковой, то есть эксцентричный канал для проводника (при заведении по проводнику в таком канале последний центрируется в атеросклеротическое сужение, а основной аспирационный канал упирается либо в бляшку, либо в стенку артерии), а также неадекватной операционной техникой (множественное прохождение проводником за место тромбоза, где нет тромбов и нечего аспирировать, что представляет собой в большей степени бужирование, а не аспирацию). Соответственно, оптимизация дизайна и операционной техники (по типу церебральной аспирации) способна значительно

повысить техническую эффективность АТ и полностью раскрыть потенциал данного метода этиологического лечения ИМпСТ. Альтернативным направлением повышения эффективности тромбэкстракции при ИМпСТ может быть использование технологии стентов-ретриверов, продемонстрировавших высокую эффективность лечения тромбозов церебральных артерий.

Ограничения

Обзор не является в строгом смысле систематическим. Непосредственно числовые данные из включенных работ количественно не обобщались. Ввиду выраженных различий между исследованиями в отношении дизайна, конечных точек, периода от начала симптомов (а порой и отсутствия указаний на него), методик реваскуляризации и реперфузии (в частности использования блокаторов гликопротеиновых комплексов IIb/IIIa-рецепторов тромбоцитов), а также выраженного дисбаланса в количестве пациентов проводить систематический анализ в строгом смысле представляется невозможным либо неинформативным.

Заключение

Вероятной причиной неоднозначных результатов РКИ АТ является большая доля случаев технически неуспешной процедуры, при которой не удается получить тромботическое содержимое из аспирационного катетера. АТ — этиологический метод лечения острого тромбоза коронарных артерий, а оптимизация дизайна тромбаспирационных катетеров и операционной техники может значительно повысить техническую эффективность и полностью раскрыть потенциал данного способа лечения инфаркта миокарда.

Список литературы / References

1. Eisen A, Giugliano R.P, Braunwald E. Updates on acute coronary syndrome: a review. *JAMA Cardiol.* 2016;1(6):718-730. PMID: 27438381. <https://doi.org/10.1001/jamacardio.2016.2049>
2. Burzotta F, Trani C, Romagnoli E, Mazzari M.A., Rebuzzi A.G., De Vita M., Garramone B., Giannico F., Niccoli G., Biondi-Zoccai G.G., Schiavoni G., Mongiardo R., Crea F. Manual thrombus-aspiration improves myocardial reperfusion: the randomized evaluation of the effect of mechanical reduction of distal embolization by thrombus-aspiration in primary and rescue angioplasty (REMEDIA) trial. *J Am Coll Cardiol.* 2005;46(2):371-376. PMID: 16022970. <https://doi.org/10.1016/j.jacc.2005.04.057>
3. Chevalier B., Gilard M., Lang I., Commeau P., Roosen J., Hanssen M., Lefevre T., Carrié D., Bartorelli A., Montalescot G., Parikh K. Systematic primary aspiration in acute myocardial percutaneous intervention: a multicentre randomised controlled trial of the export aspiration catheter. *EuroIntervention.* 2008;4(2):222-228. PMID: 19110787. <https://doi.org/10.4244/eijv4i2a40>
4. Sardella G., Mancone M., Canali E., Di Roma A., Benedetti G., Stio R., Badagliacca R., Lucisano L., Agati L., Fedele F. Impact of thrombectomy with EXPort Catheter in Infarct-Related Artery during Primary Percutaneous Coronary Intervention (EXPIRA Trial) on cardiac death. *Am J Cardiol.* 2010;106(5):624-629. PMID: 20723635. <https://doi.org/10.1016/j.amjcard.2010.04.014>
5. Vlaar P.J., Svilaas T., van der Horst I.C., Diercks G.F., Fokkema M.L., de Smet B.J., van den Heuvel A.F., Anthonio R.L., Jessurun G.A., Tan E.-S., Suurmeijer A.J., Zijlstra F. Cardiac death and reinfarction after 1 year in the Thrombus Aspiration during Percutaneous coronary intervention in Acute myocardial infarction Study (TAPAS): a 1-year follow-up study. *Lancet.* 2008;371(9628):1915-1920. PMID: 18539223. [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(08\)60833-8](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(08)60833-8)
6. Levine G.N., Bates E.R., Blankenship J.C., Bailey S.R., Bittl J.A., Cercek B., Chambers C.E., Ellis S.G., Guyton R.A., Hollenberg S.M., Khot U.N., Lange R.A., Mauri L., Mehran R., Moussa I.D., Mukherjee D., Nallamothu B.K., Ting H.H. 2011 ACCF/AHA/SCAI Guideline for Percutaneous Coronary Intervention: a report of the American College of Cardiology Foundation/American Heart Association Task Force on Practice Guidelines and the Society for Cardiovascular Angiography and Interventions. *Circulation.* 2011;124(23):e574-e651. Erratum in: *Circulation.* 2012;125(8):e412. PMID: 22064601. <https://doi.org/10.1161/CIR.0b013e31823ba622>
7. Task Force on the management of ST-segment elevation acute myocardial infarction of the European Society of Cardiology (ESC); Steg P.G., James S.K., Atar D., Badano L.P., Blömmström-Lundqvist C., Borger M.A., Di Mario C., Dickstein K., Ducrocq G., Fernandez-Aviles F., Gershlick A.H., Giannuzzi P., Halvorsen S., Huber K., Juni P., Kastrati A., Knuuti J., Lenzen M.J., Mahaffey K.W., Valgimigli M., van't Hof A., Widimsky P., Zaher D. ESC Guidelines for the management of acute myocardial infarction in patients presenting with ST-segment elevation. *Eur Heart J.* 2012;33(20):2569-2619. PMID: 22922416. <https://doi.org/doi.org/10.1093/eurheartj/ehs215>
8. Fröbert O., Lagerqvist B., Olivecrona G.K., Omerovic E., Gudnason T., Maeng M., Aasa M., Angeräs O., Calais F., Danielewicz M., Erlinge D., Hellsten L., Jensen U., Johansson A.C., Kåregren A., Nilsson J., Robertson L., Sandhall L., Sjögren I., Ostlund O., Harnek J., James S.K.; TASTE Trial. Thrombus aspiration during ST-segment elevation myocardial infarction. *N Engl J Med.* 2013;369(17):1587-1597. Erratum in: *N Engl J Med.* 2014;371(8):786. PMID: 23991656. <https://doi.org/10.1056/NEJMoa1308789>
9. Bhindi R., Kajander O.A., Jolly S.S., Kassam S., Lavi S., Niemelä K., Fung A., Cheema A.N., Meeks B., Alexopoulos D., Kočka V., Cantor W.J., Kaivosoja T.P., Shestakovska O., Gao P., Stankovic G., Džavík V., Sheth T. Culprit lesion thrombus burden after manual thrombectomy or percutaneous coronary intervention-alone in ST-segment elevation myocardial infarction: the optical coherence tomography substudy of the TOTAL (Thrombectomy versus PCI Alone) trial. *Eur Heart J.* 2015;36(29):1892-1900. PMID: 25994742; PMCID: PMC5061563. <https://doi.org/10.1093/eurheartj/ehv176>
10. Matthews A.A., Dahabreh I.J., Fröbert O., Lindahl B., James S., Feyschtig M., Jernberg T., Berglund A., Hernán M.A. Benchmarking observational analyses before using them to address questions trials do not answer:

- an application to coronary thrombus aspiration. *Am J Epidemiol.* 2022;191(9):1652-1665. PMID: 35641151; PMCID: PMC9437817. <https://doi.org/10.1093/aje/kwac098>
11. Endorsed by the Latin American Society of Interventional Cardiology; PCI Writing Committee; Levine G.N., Bates E.R., Blankenship J.C., Bailey S.R., Bittl J.A., Cercek B., Chambers C.E., Ellis S.G., Guyton R.A., Hollenberg S.M., Khot U.N., Lange R.A., Mauri L., Mehran R., Moussa I.D., Mukherjee D., Ting H.H.; STEMI Writing Committee; O'Gara P.T., Kushner F.G., Ascheim D.D., Brindis R.G., Casey D.E. Jr., Chung M.K., de Lemos J.A., Diercks D.B., Fang J.C., Franklin B.A., Granger C.B., Krumholz H.M., Linderbaum J.A., Morrow D.A., Newby L.K., Ornato J.P., Ou N., Radford M.J., Tamis-Holland J.E., Tommaso C.L., Tracy C.M., Woo Y.J., Zhao D.X.; ACC/AHA Task Force members; Halperin J.L., Levine G.N., Anderson J.L., Albert N.M., Al-Khatib S.M., Birtcher K.K., Bozkurt B., Brindis R.G., Cigarroa J.E., Curtis L.H., Fleisher L.A., Gentile F., Gidding S., Hlatky M.A., Ikonidis J., Joglar J., Kovacs R.J., Magnus Ohman E., Pressler S.J., Sellke F.W., Shen W.-K., Wijeyesundera D.N. 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 intervention and the 2013 ACCF/AHA guideline for the management of ST-elevation myocardial infarction: a report of the American College of Cardiology/American Heart Association Task Force on Clinical Practice Guidelines and the Society for Cardiovascular Angiography and Interventions. *Catheter Cardiovasc Interv.* 2016;87(6):1001-1019. PMID: 26489034. <https://doi.org/10.1002/ccd.26325>
 12. Ibanez B., James S., Agewall S., Antunes M.J., Bucciarelli-Ducci C., Bueno H., Caforio A.L.P., Crea F., Goudevanos 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://doi.org/10.1093/eurheartj/ehx393>
 13. Rakowski T., Węgiel M., Malinowski K.P., Siudak Z., Zasada W., Zdzierak B., Tokarek T., Rzeszutko Ł., Dudek D., Bartuś S., Surdacki A., Dziewierz A. Thrombus containing lesions strategies during primary percutaneous coronary interventions in ST-segment elevation myocardial infarction: insights from ORPKI National Registry. *J Thromb Thrombolysis.* 2023;56(1):156-163. PMID: 37093352; PMCID: PMC10284931. <https://doi.org/10.1007/s11239-023-02811-z>
 14. Inohara T., Kohsaka S., Yamaji K., Iida O., Shinke T., Sakakura K., Ishii H., Amano T., Ikari Y. Use of thrombus aspiration for patients with acute coronary syndrome: insights from the nationwide J-PCI Registry. *J Am Heart Assoc.* 2022;11(16):e025728. PMID: 35946472; PMCID: PMC9496318. <https://doi.org/10.1161/JAHA.122.025728>
 15. Chesebro J.H., Knatterud G., Roberts R., Borer J., Cohen L.S., Dalen J., Dodge H.T., Francis C.K., Hillis D., Ludbrook P. Thrombolysis in Myocardial Infarction (TIMI) trial, phase I: A comparison between intravenous tissue plasminogen activator and intravenous streptokinase. Clinical findings through hospital discharge. *Circulation.* 1987;76(1):142-154. PMID: 3109764. <https://doi.org/10.1161/01.cir.76.1.142>
 16. van 't Hof A.W., Liem A., Suryapranata H., Hoorntje J.C., de Boer M.J., Zijlstra F. Angiographic assessment of myocardial reperfusion in patients treated with primary angioplasty for acute myocardial infarction: myocardial blush grade. Zwolle Myocardial Infarction Study Group. *Circulation.* 1998;97(23):2302-2306. PMID: 9639373. <https://doi.org/10.1161/01.cir.97.23.2302>
 17. Silva-Orrego P., Colombo P., Bigi R., Gregori D., Delgado A., Salvade P., Oreglia J., Orrico P., de Biase A., Piccalò G., Bossi I., Klugmann S. Thrombus aspiration before primary angioplasty improves myocardial reperfusion in acute myocardial infarction: the DEAR-MI (Dethrombosis to Enhance Acute Reperfusion in Myocardial Infarction) study. *J Am Coll Cardiol.* 2006;48(8):1552-1559. PMID: 17045887. <https://doi.org/10.1016/j.jacc.2006.03.068>
 18. Dudek D., Mielecki W., Burzotta F., Gasior M., Witkowski A., Horvath I.G., Legutko J., Ochala A., Rubartelli P., Wojdyla R.M., Siudak Z., Buchta P., Pregowski J., Aradi D., Machnik A., Hawranek M., Rakowski T., Dziewierz A., Zmudka K. Thrombus aspiration followed by direct stenting: a novel strategy of primary percutaneous coronary intervention in ST-segment elevation myocardial infarction. Results of the Polish-Italian-Hungarian RANdomized ThrombEctomy Trial (PIHRATE Trial). *Am Heart J.* 2010;160(5):966-972. PMID: 21095287. <https://doi.org/10.1016/j.ahj.2010.07.024>
 19. Ikari Y., Sakurada M., Kozuma K., Kawano S., Katsuki T., Kimura K., Suzuki T., Yamashita T., Takizawa A., Misumi K., Hashimoto H., Ishiki T.; VAMPIRE Investigators. Upfront thrombus aspiration in primary coronary intervention for patients with ST-segment elevation acute myocardial infarction: report of the VAMPIRE (VAcuum asPiration thrombus REmoval) trial. *JACC Cardiovasc Interv.* 2008;1(4):424-431. PMID: 19463340. <https://doi.org/10.1016/j.jcin.2008.06.004>
 20. Chao C.-L., Hung C.-S., Lin Y.-H., Lin M.-S., Lin L.-C., Ho Y.-L., Liu C.-P., Chiang C.-H., Kao H.-L. Time-dependent benefit of initial thrombosuction on myocardial reperfusion in primary percutaneous coronary intervention. *Int J Clin Pract.* 2008;62(4):555-561. PMID: 18067561. <https://doi.org/10.1111/j.1742-1241.2007.01542.x>
 21. Sardella G., Mancone M., Bucciarelli-Ducci C., Agati L., Scardala R., Carbone I., Francone M., Di Roma A., Benedetti G., Conti G., Fedele F. Thrombus aspiration during primary percutaneous coronary intervention improves myocardial reperfusion and reduces infarct size: the EXPIRA (thrombectomy with export catheter in infarct-related artery during primary percutaneous coronary intervention) prospective, randomized trial. *J Am Coll Cardiol.* 2009;53(4):309-315. PMID: 19161878. <https://doi.org/10.1016/j.jacc.2008.10.017>
 22. De Carlo M., Aquaro G.D., Palmieri C., Guerra E., Misuraca L., Giannini C., Lombardi M., Berti S., Petronio A.S. A prospective randomized trial of thrombectomy versus no thrombectomy in patients with ST-segment elevation myocardial infarction and thrombus-rich lesions: MUSTELA (MULTIdevice Thrombectomy in Acute ST-Segment Elevation Acute Myocardial Infarction) trial. *JACC Cardiovasc Interv.* 2012;5(12):1223-1230. PMID: 23257370. <https://doi.org/10.1016/j.jcin.2012.08.013>
 23. Sirén M., Leivo J., Anttonen E., Jolly S.S., Dzavik V., Koivumäki J., Tahvanainen M., Koivula K., Wang J., Cairns J.A., Niemelä K., Eskola M., Nikus K.C., Hernessniemi J. The prognostic significance of single-lead ST-segment resolution in ST-segment elevation myocardial infarction patients treated with primary PCI — a substudy of the randomized TOTAL trial. *Am Heart J.* 2024;269:149-157. PMID: 38109987. <https://doi.org/10.1016/j.ahj.2023.12.009>

24. Desch S., Stiermaier T., de Waha S., Lurz P., Gutberlet M., Sandri M., Mangner N., Boudriot E., Woinke M., Erbs S., Schuler G., Fuernau G., Eitel I., Thiele H. Thrombus aspiration in patients with ST-segment elevation myocardial infarction presenting late after symptom onset. *JACC Cardiovasc Interv.* 2016;9(2):113-122. PMID: 26793952. <https://doi.org/10.1016/j.jcin.2015.09.010>
25. Woo S.-I., Park S.-D., Kim D.-H., Kwan J., Shin S.-H., Park K.-S., Kim S.-H., Ko K.-Y., Hwang T.-H., Yoon G.-S., Choi W.-G., Kim S.-H. Thrombus aspiration during primary percutaneous coronary intervention for preserving the index of microcirculatory resistance: a randomised study. *EuroIntervention.* 2014;9(9):1057-1062. PMID: 24457277. <https://doi.org/10.4244/EIJV9I9A179>
26. McGeoch R., Watkins S., Berry C., Steedman T., Davie A., Byrne J., Hillis S., Lindsay M., Robb S., Dargie H., Oldroyd K. The index of microcirculatory resistance measured acutely predicts the extent and severity of myocardial infarction in patients with ST-segment elevation myocardial infarction. *JACC Cardiovasc Interv.* 2010;3(7):715-722. PMID: 20650433. <https://doi.org/10.1016/j.jcin.2010.04.009>
27. De Luca L., Sardella G., Davidson C.J., De Persio G., Beraldi M., Tommasone T., Mancone M., Nguyen B.L., Agati L., Gheorghiadu M., Fedele F. Impact of intracoronary aspiration thrombectomy during primary angioplasty on left ventricular remodelling in patients with anterior ST elevation myocardial infarction. *Heart.* 2006;92(7):951-957. PMID: 16251226; PMCID: PMC1860693. <https://doi.org/10.1136/hrt.2005.074716>
28. Liistro F., Grotti S., Angioli P., Falsini G., Ducci K., Baldassarre S., Sabini A., Brandini R., Capati E., Bolognese L. Impact of thrombus aspiration on myocardial tissue reperfusion and left ventricular functional recovery and remodeling after primary angioplasty. *Circ Cardiovasc Interv.* 2009;2(5):376-383. PMID: 20031746. <https://doi.org/10.1161/CIRCINTERVENTIONS.109.852665>
29. Ciszewski M., Pregowski J., Teresińska A., Karcz M., Kalińczuk Ł., Pracon R., Witkowski A., Rużyło W. Aspiration coronary thrombectomy for acute myocardial infarction increases myocardial salvage: single center randomized study. *Catheter Cardiovasc Interv.* 2011;78(4):523-531. PMID: 21234920. <https://doi.org/10.1002/ccd.22933>
30. Andersen N.H., Karlsen F.M., Gerdes J.C., Kaltoft A., Sloth E., Thuesen L., Bøtker H.E., Poulsen S.H. No beneficial effects of coronary thrombectomy on left ventricular systolic and diastolic function in patients with acute ST-elevation myocardial infarction: a randomized clinical trial. *J Am Soc Echocardiogr.* 2007;20(6):724-730. PMID: 17543743. <https://doi.org/10.1016/j.echo.2006.11.012>
31. Kaltoft A., Bøttcher M., Nielsen S.S., Hansen H.-H.T., Terkelsen C., Maeng M., Kristensen J., Thuesen L., Krusell L.R., Kristensen S.D., Andersen H.R., Lassen J.F., Rasmussen K., Rehling M., Nielsen T.T., Bøtker H.E. Routine thrombectomy in percutaneous coronary intervention for acute ST-segment-elevation myocardial infarction: a randomized, controlled trial. *Circulation.* 2006;114(1):40-47. PMID: 16801464. <https://doi.org/10.1161/CIRCULATIONAHA.105.595660>
32. Lipiecki J., Monzy S., Durel N., Cachin F., Chabrot P., Muliez A., Morand D., Maublant J., Ponsonnaille J. Effect of thrombus aspiration on infarct size and left ventricular function in high-risk patients with acute myocardial infarction treated by percutaneous coronary intervention. Results of a prospective controlled pilot study. *Am Heart J.* 2009;157(3):583.e1-7. PMID: 19249433. <https://doi.org/10.1016/j.ahj.2008.11.017>
33. Bianchini E., Lombardi M., Buonpane A., Ricchiuto A., Maino A., Laborante R., Anastasia G., D'Amario D., Aurigemma C., Romagnoli E., Leone A.M., D'Ascenzo F., Trani C., Crea F., Porto I., Burzotta F., Vergallo R. Impact of thrombus aspiration on left ventricular remodeling and function in patients with ST-segment elevation myocardial infarction: a meta-analysis of randomized controlled trials. *Int J Cardiol.* 2024;397:131590. PMID: 37979785. <https://doi.org/10.1016/j.ijcard.2023.131590>
34. Turgeman Y., Bushari L.I., Antonelli D., Feldman A., Yahalom M., Bloch L., Suleiman K. Catheter aspiration after every stage during primary percutaneous angioplasty; ADMIT trial. *Int J Angiol.* 2014;23(1):29-40. PMID: 24627615; PMCID: PMC3933502. <https://doi.org/10.1055/s-0033-1358782>
35. Алексеева Я.В., Вышлов Е.В., Марков В.А., Демьянов С.В. Отсроченное эндоваскулярное вмешательство при остром инфаркте миокарда с массивным тромбозом инфаркт-связанной коронарной артерии. *Сибирский журнал клинической и экспериментальной медицины.* 2018;33(2):16-20. <https://doi.org/10.29001/2073-8552-2018-33-2-16-20>
Alekseeva Ya.V., Vyshlov E.V., Markov V.A., Demyanov S.V. Deferred stent implantation in patients with ST-segment elevation myocardial infarction and massive coronary thrombosis. *Siberian Journal of Clinical and Experimental Medicine.* 2018;33(2):16-20. (In Russ.) <https://doi.org/10.29001/2073-8552-2018-33-2-16-20>
36. Kramer M.C.A., van der Wal A.C., Koch K.T., Ploegmakers J.P.H.M., van der Schaaf R.J., Henriques J.P.S., Baan J. Jr., Rittersma S.Z.H., Vis M.M., Piek J.J., Tijssen J.G.P., de Winter R.J. Presence of older thrombus is an independent predictor of long-term mortality in patients with ST-elevation myocardial infarction treated with thrombus aspiration during primary percutaneous coronary intervention. *Circulation.* 2008;118(18):1810-1816. PMID: 18852369. <https://doi.org/10.1161/CIRCULATIONAHA.108.780734>
37. Stone G.W., Webb J., Cox D.A., Brodie B.R., Qureshi M., Kalynych A., Turco M., Schultheiss H.P., Dulas D., Rutherford B.D., Antonucci D., Krucoff M.W., Gibbons R.J., Jones D., Lansky A.J., Mehran R.; Enhanced Myocardial Efficacy and Recovery by Aspiration of Liberated Debris (EMERALD) investigators. Distal microcirculatory protection during percutaneous coronary intervention in acute ST-segment elevation myocardial infarction: a randomized controlled trial. *JAMA.* 2005;293(9):1063-1072. PMID: 15741528. <https://doi.org/10.1001/jama.293.9.1063>
38. Blasco A., Bellas C., Goicolea L., Muñoz A., Abaira V., Royuela A., Mingo S., Oteo J.F., García-Touchard A., Goicolea F.J. Immunohistological analysis of intracoronary thrombus aspirate in STEMI patients: clinical implications of pathological findings. *Rev Esp Cardiol (Engl Ed).* 2017;70(3):170-177. (In Engl., Span.) PMID: 27745858. <https://doi.org/10.1016/j.rec.2016.09.006>
39. Moxham R., Džavík V., Cairns J., Natarajan M.K., Baine K.R., Akl E., Tsang M.B., Lavi S., Cantor W.J., Madan M., Liu Y.Y., Jolly S.S. Association of thrombus aspiration with time and mortality among patients with ST-segment elevation myocardial infarction: a post hoc analysis of the randomized TOTAL trial. *JAMA Netw Open.* 2021;4(3):e213505. PMID: 33769510; PMCID: PMC7998077. <https://doi.org/10.1001/jamanetworkopen.2021.3505>
40. Konstantinou K., Davies J.R., Alsanjari O., Kelly P.A., Tang K.H., Kassimis G., Alexopoulos D., Clesham G.J., Keeble T.R., Karamasis G.V. Clinical effectiveness of thrombus aspiration

- during percutaneous coronary intervention for stent thrombosis in a contemporary setting. *Hellenic J Cardiol.* 2022;66:11-18. PMID: 35304315. <https://doi.org/10.1016/j.hjc.2022.03.004>
41. Secemsky E.A., Ferro E.G., Rao S.V., Kirtane A., Tamez H., Zakrofsky P., Wojdyla D., Bradley S.M., Cohen D.J., Yeh R.W. Association of physician variation in use of manual aspiration thrombectomy with outcomes following primary percutaneous coronary intervention for ST-elevation myocardial infarction: the national cardiovascular data registry CathPCI Registry. *JAMA Cardiol.* 2019;4(2):110-118. PMID: 30624549; PMCID: PMC6439624. <https://doi.org/10.1001/jamacardio.2018.4472>
 42. Vink M.A., Patterson M.S., van Etten J., Ijsselmuiden A.J., Dirksen M.T., Amoroso G., Slagboom T., Laarman G., Kiemeneij F. A randomized comparison of manual versus mechanical thrombus removal in primary percutaneous coronary intervention in the treatment of ST-segment elevation myocardial infarction (TREAT-MI). *Catheter Cardiovasc Interv.* 2011;78(1):14-19. PMID: 21681888. <https://doi.org/10.1002/ccd.22932>
 43. Ali A., Cox D., Dib N., Brodie B., Berman D., Gupta N., Browne K., Iwaoka R., Azrin M., Stapleton D., Setum C., Popma J.; AIMI Investigators. Rheolytic thrombectomy with percutaneous coronary intervention for infarct size reduction in acute myocardial infarction: 30-day results from a multicenter randomized study. *J Am Coll Cardiol.* 2006;48(2):244-252. PMID: 16843170. <https://doi.org/10.1016/j.jacc.2006.03.044>
 44. Stone G.W., Witzensichler B., Godlewski J., Dambrink J.-H.E., Ochala A., Chowdhary S., El-Omar M., Neunteufl T., Metzger D.C., Dizon J.M., Wolff S.D., Brener S.J., Mehran R., Maehara A., Gibson C.M. Intracoronary abciximab and thrombus aspiration in patients with large anterior myocardial infarction: one-year results from the INFUSE-AMI trial. *Circ Cardiovasc Interv.* 2013;6(5):527-534. PMID: 24084626. <https://doi.org/10.1161/CIRCINTERVENTIONS.113.000644>
 45. Stone G.W., Maehara A., Witzensichler B., Godlewski J., Parise H., Dambrink J.-H.E., Ochala A., Carlton T.W., Cristea E., Wolff S.D., Brener S.J., Chowdhary S., El-Omar M., Neunteufl T., Metzger D.C., Karwoski T., Dizon J.M., Mehran R., Gibson C.M.; INFUSE-AMI Investigators. Intracoronary abciximab and aspiration thrombectomy in patients with large anterior myocardial infarction: the INFUSE-AMI randomized trial. *JAMA.* 2012;307(17):1817-1826. PMID: 22447888. <https://doi.org/10.1001/jama.2012.421>
 46. Liu C.-P., Lin M.-S., Chiu Y.-W., Lee J.-K., Hsu C.-N., Hung C.-S., Kao H.-L. Additive benefit of glycoprotein IIb/IIIa inhibition and adjunctive thrombus aspiration during primary coronary intervention: results of the Initial Thrombosuction and Tirofiban Infusion (ITTI) trial. *Int J Cardiol.* 2012;156(2):174-179. PMID: 21131072. <https://doi.org/10.1016/j.ijcard.2010.10.129>
 47. Zhou S.-S., Tian F., Chen Y.-D., Wang J., Sun Z.-J., Guo J., Jin Q.-H. Combination therapy reduces the incidence of no-reflow after primary percutaneous coronary intervention in patients with ST-segment elevation acute myocardial infarction. *J Geriatr Cardiol.* 2015;12(2):135-142. PMID: 25870616; PMCID: PMC4394328. <https://doi.org/10.11909/j.issn.1671-5411.2015.02.003>
 48. Mathews S.J., Parikh S.A., Wu W., Metzger D.C., Chambers J.W., Ghali M.G.H., Sumners M.J., Kolski B.C., Pinto D.S., Dohad S. Sustained mechanical aspiration thrombectomy for high thrombus burden coronary vessel occlusion: the multicenter CHEETAH study. *Circ Cardiovasc Interv.* 2023;16(2):e012433. PMID: 36802804; PMCID: PMC9944712. <https://doi.org/10.1161/CIRCINTERVENTIONS.122.012433>
 49. Spirito A., Quagliana A., Coiro M., Melaku G.D., Vandenberghe S., Leibundgut G., Häner J., Moccetti M., Araco M., Garcia-Garcia H.M., Valgimigli M. A prospective, first-in-human use of the NeVa mechanical thrombectomy device for patients with acute coronary syndromes. *EuroIntervention.* 2022;18(3):242-252. PMID: 34992050; PMCID: PMC9912965. <https://doi.org/10.4244/EIJ-D-21-00741>
 50. Bhoopalan K., Rajendran R., Alagarsamy S., Kesavamoorthy N. Successful extraction of refractory thrombus from an ectatic coronary artery using stent retriever during primary angioplasty for acute myocardial infarction: a case report. *Eur Heart J Case Rep.* 2019;3(1):yty161. PMID: 31020237; PMCID: PMC6439382. <https://doi.org/10.1093/ehjcr/yty161>
 51. Kotronias R.A., Marin F., Emfietzoglou M., Langrish J.P., Lucking A.J., Channon K.M., Banning A.P., De Maria G.L. Rationale and design of a randomized controlled pilot trial to assess stent retriever thrombectomy for thrombus burden reduction in patients with acute myocardial infarction: the RETRIEVE-AMI study. *Cardiovasc Revasc Med.* 2023;52:75-85. PMID: 36894360. <https://doi.org/10.1016/j.carrev.2023.02.012>