



Реваскуляризация миокарда у пациентов с кальцинозом коронарных артерий: систематический обзор и метаанализ

Пашаев Р. А., Ширяев А. А., Миронов В. М., Курбанов С. К., Власова Э. Е., Ганаев К. Г., Курбанов Г. М., Андреев А. В., Васильев В. П., Галаяутдинов Д. М., Акчурин Р. С.

Цель. Анализ и обобщение госпитальных результатов реваскуляризации миокарда у больных с кальцинозом коронарных артерий.

Материал и методы. При первичном отборе найдено 470 публикаций, среди которых 354 из базы Pubmed на английском языке и 116 из базы E-library на русском языке. Отобрано 13 исследований, соответствующих критериям поиска. Среди них 5 исследований для коронарного шунтирования (n=932) и 8 для эндоваскулярного вмешательства (n=5758). В качестве конечных точек изучена 30-дневная смертность и периперационный инфаркт миокарда (ПИМ).

Результаты. Встречаемость ПИМ у больных с кальцинозом коронарных артерий при проведении чрескожного коронарного вмешательства с использованием методик атерэктомии составляет 4,4%, госпитальная смертность — 0,9%. Встречаемость ПИМ при коронарном шунтировании с использованием сложных коронарных реконструкций в этой группе больных составляет 2,6%, госпитальная смертность — 0,7%.

Заключение. Реваскуляризация миокарда больных с коронарным кальцинозом может быть выполнена эндоваскулярным и открытым способом с использованием расширенных методик коронарной реконструкции. Госпитальные результаты представляются удовлетворительными, выводы о преимуществах того или иного метода требуют проведения сравнительных исследований.

Ключевые слова: кальциноз коронарных артерий, реконструкция коронарных артерий.

Отношения и деятельность: нет.

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

Пашаев Р. А.* — аспирант OCCX, ORCID: 0000-0003-0737-7698, Ширяев А. А. — д.м.н., профессор, член-корр. РАН, руководитель лаборатории микрохирургии сердца и сосудов OCCX, ORCID: 0000-0002-3325-9743, Миронов В. М. — к.м.н., врач отделения рентгенохирургических методов диагностики и лечения, ORCID: 0000-0002-2323-4059, Курбанов С. К. — к.м.н., врач кардиолог,

м.н.с. лаборатории микрохирургии сердца и сосудов, ORCID: 0000-0001-7767-1695, Власова Э. Е. — к.м.н., врач кардиолог, с.н.с. лаборатории микрохирургии сердца и сосудов OCCX, ORCID: 0000-0003-2925-244X, Ганаев К. Г. — к.м.н., врач кардиолог, м.н.с. лаборатории микрохирургии сердца и сосудов OCCX, ORCID: 0000-0002-8438-2450, Курбанов Г. М. — аспирант OCCX, ORCID: 0009-0006-4727-4959, Андреев А. В. — к.м.н., зав. операционным блоком, врач сердечно-сосудистый хирург OCCX, ORCID: 0000-0001-7759-049X, Васильев В. П. — к.м.н., с.н.с. лаборатории микрохирургии сердца и сосудов, врач сердечно-сосудистый хирург, зав. OCCX, ORCID: 0000-0002-2297-6026, Галаяутдинов Д. М. — к.м.н., с.н.с. лаборатории искусственного и вспомогательного кровообращения, врач сердечно-сосудистый хирург OCCX, ORCID: 0000-0002-0257-1398, [Акчурин Р. С.] — д.м.н., профессор, академик РАН, зам. генерального директора по хирургии и руководитель отдела OCCX, ORCID: 0000-0002-2105-8258.

*Автор, ответственный за переписку (Corresponding author): rasul.568@mail.ru

КА — коронарная артерия, ККА — кальциноз коронарных артерий, КШ — коронарное шунтирование, ПИМ — периперационный инфаркт миокарда, СО — систематическая ошибка, ЧКВ — чрескожные коронарные вмешательства.

Рукопись получена 15.11.2023

Рецензия получена 02.05.2024

Принята к публикации 08.07.2024



Для цитирования: Пашаев Р. А., Ширяев А. А., Миронов В. М., Курбанов С. К., Власова Э. Е., Ганаев К. Г., Курбанов Г. М., Андреев А. В., Васильев В. П., Галаяутдинов Д. М., Акчурин Р. С. Реваскуляризация миокарда у пациентов с кальцинозом коронарных артерий: систематический обзор и метаанализ. *Российский кардиологический журнал*. 2024;29(11S):5694. doi: 10.15829/1560-4071-2024-5694. EDN ZEBDJ

Myocardial revascularization in patients with coronary artery calcification: a systematic review and meta-analysis

Pashayev R. A., Shiryayev A. A., Mironov V. M., Kurbanov S. K., Vlasova E. E., Ganayev K. G., Kurbanov G. M., Andreyev A. V., Vasilyev V. P., Galyautdinov D. M., Akchurin R. S.

Aim. To analyze and generalize in-hospital outcomes of myocardial revascularization in patients with coronary artery calcification.

Material and methods. The primary selection yielded 470 publications, including 354 from the Pubmed database in English and 116 from the E-library database in Russian. Thirteen studies were selected that met the search criteria. Among them, 5 studies were for coronary artery bypass grafting (n=932) and 8 for endovascular intervention (n=5758). The endpoints were 30-day mortality and perioperative myocardial infarction (PMI).

Results. PMI incidence in patients with coronary artery calcification in percutaneous coronary intervention using atherectomy techniques is 4,4%, while in-hospital mortality — 0,9%. PMI incidence in coronary artery bypass grafting using complex coronary interventions in this group of patients is 2,6%, while in-hospital mortality — 0,7%.

Conclusion. Myocardial revascularization in patients with coronary calcification can be performed by endovascular and open approaches using advanced coronary surgery techniques. In-hospital outcomes seem satisfactory. Conclusions about the advantages of one method or another require comparative studies.

Keywords: coronary artery calcification, coronary artery reconstruction.

Relationships and Activities: none.

Chazov National Medical Research Center of Cardiology, Moscow, Russia.

Pashayev R. A.* ORCID: 0000-0003-0737-7698, Shiryayev A. A. ORCID: 0000-0002-3325-9743, Mironov V. M. ORCID: 0000-0002-2323-4059, Kurbanov S. K.

ORCID: 0000-0001-7767-1695, Vlasova E. E. ORCID: 0000-0003-2925-244X, Ganayev K. G. ORCID: 0000-0002-8438-2450, Kurbanov G. M. ORCID: 0009-0006-4727-4959, Andreyev A. V. ORCID: 0000-0001-7759-049X, Vasilyev V. P. ORCID: 0000-0002-2297-6026, Galyautdinov D. M. ORCID: 0000-0002-0257-1398, Akchurin R. S. ORCID: 0000-0002-2105-8258.

*Corresponding author: rasul.568@mail.ru

Received: 15.11.2023 Revision Received: 02.05.2024 Accepted: 08.07.2024

For citation: Pashayev R. A., Shiryayev A. A., Mironov V. M., Kurbanov S. K., Vlasova E. E., Ganayev K. G., Kurbanov G. M., Andreyev A. V., Vasilyev V. P., Galyautdinov D. M., Akchurin R. S. Myocardial revascularization in patients with coronary artery calcification: a systematic review and meta-analysis. *Russian Journal of Cardiology*. 2024;29(11S):5694. doi: 10.15829/1560-4071-2024-5694. EDN ZEBDYU

Ключевые моменты

- Впервые выполнено обобщение результатов исследований, изучавших результаты реваскуляризации миокарда у больных с кальцинозом коронарных артерий.
- Наличие кальциноза коронарных артерий не следует рассматривать в качестве критерия отказа от эндоваскулярной или открытой реваскуляризации миокарда.

Key messages

- For the first time, the results of studies on myocardial revascularization in patients with coronary artery calcification have been summarized.
- Coronary artery calcification should not be considered as a criterion for refusing endovascular or open myocardial revascularization.

Кальциноз коронарных артерий (ККА) у больных ишемической болезнью сердца связан с неблагоприятными краткосрочными и долгосрочными исходами, включая повышенную смертность у пациентов, перенёвших реваскуляризацию миокарда [1, 2]. Определение распространенности и степени тяжести ККА затруднительно, что связано с отсутствием общепринятого определения. Наиболее широко распространенная шкала оценки тяжести коронарного атеросклероза, включающего определение кальциноза — Syntax Score. Она является вспомогательным инструментом для консилиума врачей, т.к. отражает характер непосредственно атеросклеротического поражения и рисков развития осложнений в отдаленном периоде при проведении чрескожных коронарных вмешательств (ЧКВ) и коронарного шунтирования (КШ). Но дистальное русло, важное сердечно-сосудистым хирургам для формирования дистального анастомоза, не учитывается в шкале Syntax.

По некоторым данным встречаемость ККА умеренной и тяжелой степени достигает 18-26% [3]. Стандартное хирургическое лечение пациентов с ККА практически невозможно. Ограничения ЧКВ у пациентов с ККА заключаются в высоком риске развития диссекции и разрыва коронарной артерии (КА), недораскрытия стента, тромбоза и дистальной эмболии в месте ЧКВ кальцинированными компонентами атеросклеротической бляшки [4]. При наличии тяжелого ККА для оптимальной подготовки стеноза для установки стента используют ротационную атерэктомию [5] и орбитальную атерэктомию [6], которые также не лишены риска развития пе-

рипроцедурных осложнений (дистальная эмболизация компонентами разрушенной кальцинированной бляшки, сосудистый спазм и перфорация). Наиболее часто встречающимся осложнением является периперационный инфаркт миокарда (ПИМ) [7]. Наличие кальциноза в дистальном сегменте КА ограничивает выполнение стандартного анастомоза во время КШ и сопровождается неполной реваскуляризацией миокарда с худшими клиническими результатами. Попытка реваскуляризации миокарда требует использования сложных коронарных реконструкций, в частности коронарной эндартерэктомии — независимого предиктора развития ПИМ [8].

Отсутствие общепринятых критериев ККА, а также четких показаний к проведению атерэктомии при ЧКВ и эндартерэктомии при КШ создает трудности для интерпретации опубликованных работ и проведения унифицированных исследований. В большинстве случаев за маской изучения хирургического лечения при ККА скрывается оценка эффективности и безопасности реконструктивных методик, упомянутых выше. Целью обзора был анализ и обобщение данных литературы, посвященных реваскуляризации миокарда при ККА, включая использование ротационной и орбитальной атерэктомии и коронарной эндартерэктомии.

Материал и методы

Алгоритм поиска информации был разработан в соответствии с требованиями и положениями отчетности для систематических обзоров и метаанализов PRISMA [9]. Исследование не зарегистрировано в международных базах систематических обзоров.

Выполнен поиск публикаций в базе данных Pubmed и E-library на английском языке и русском

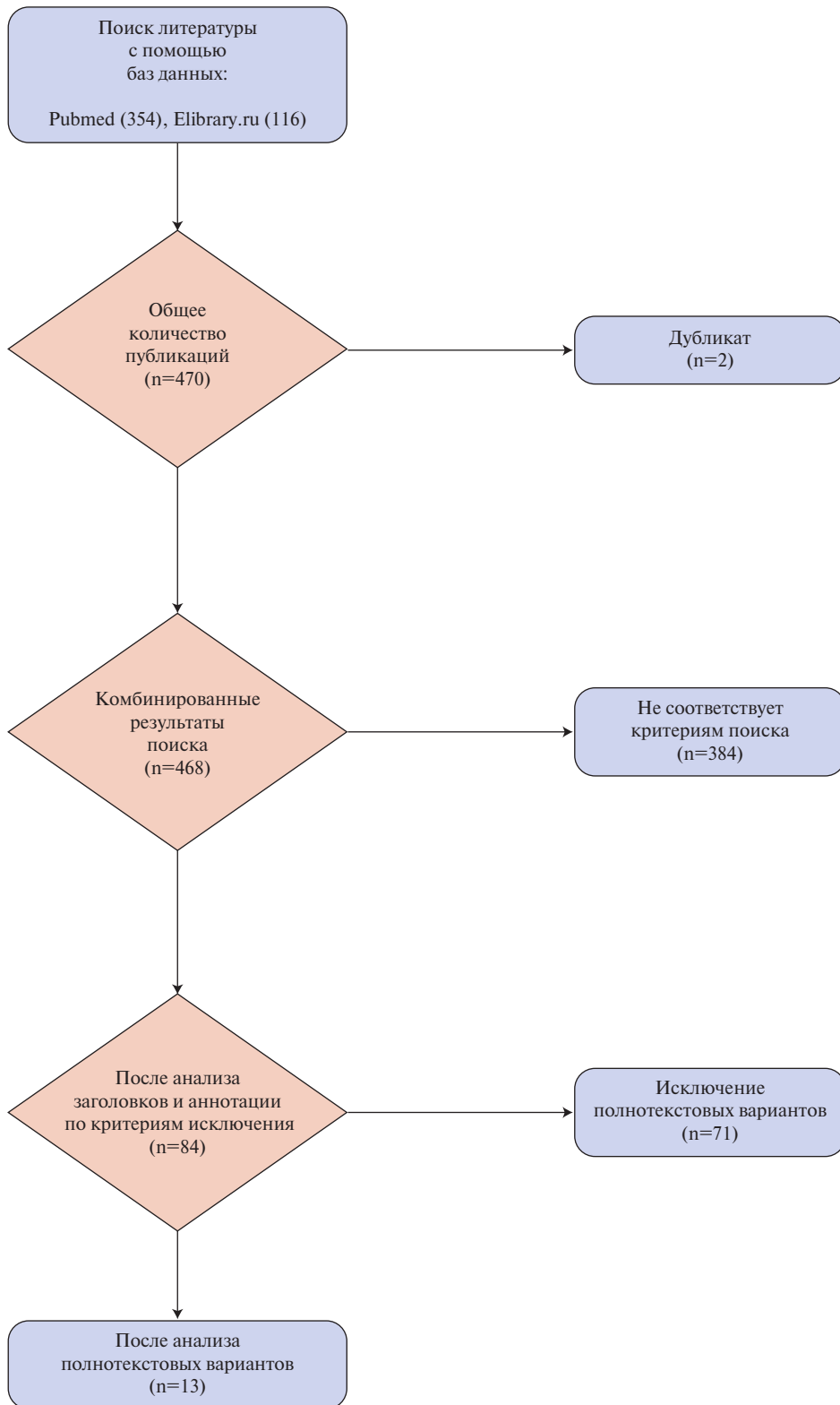


Рис. 1. Алгоритм отбора публикаций.

языке с использованием поисковых запросов, ключевых слов. В базе данных Pubmed использован следующий запрос: (coronary artery calcification) AND

(CABG) и ((coronary endarterectomy) AND (coronary artery)) NOT (carotid) и ((rotational atherectomy) AND (orbital atherectomy)) AND (coronary artery

Таблица 1

Синописис исследований, включенных в систематический обзор

Автор, год	N	Метод диагностики ККА	Критерий ПИМ	Наблюдение	Метод лечения	Тип стента	Риск СО
ORBIT II, 2014 [10]	443	коронарография (ВСУЗИ)	3 ВГН КК-МВ	30 сут.	ОАЭ	СЛП (90,3%)	низкий
Sareen N, et al., 2017 [11]	998	коронарография	1-е УОИМ [12]	6 мес.	РАЭ и ОАЭ	СЛП (97,6%)	низкий
Shlofmitz E, et al., 2017 [13]	438	коронарография	*	30 сут.	ОАЭ	СЛП (92,5%)	низкий
Lee MS, et al., 2018 [14]	548	коронарография	*	30 сут.	ОАЭ	—	низкий
Meraj PM, et al., 2018 [15]	907	—	3 ВГН КК-МВ или новый Q-зубец на ЭКГ	30 сут.	РАЭ и ОАЭ	—	низкий
Chambers JW, et al., 2019 [16]	177	—	—	30 сут.	РАЭ и ОАЭ	—	низкий
Barrett C, et al., 2020 [17]	1091	—	—	30 сут.	РАЭ и ОАЭ	СЛП (93,4%)	низкий
Sturm R, et al., 2020 [18]	1156	коронарография (ВСУЗИ)	*	30 сут.	ОАЭ	СЛП (100%)	низкий
Qiu Z, et al., 2018 [19]	238	—	—	3 года	КЭЭ	—	умеренный
Акчурин Р. С. и др., 2021 [20]	212	МСКТ-коронарография	4-е УОИМ [21]	1 год	КЭЭ	—	низкий
Tiemuyniyazi X, et al., 2021 [22]	198	—	4-е УОИМ [21]	35 мес.	КЭЭ	—	низкий
Ellouze M, et al., 2021 [23]	147	—	ЭКГ, Эхо-критерии или 5 ВГН КК-МВ	2 года	КЭЭ	—	низкий
Nishigawa K, et al., 2022 [24]	233	—	не изучался	5 лет	КЭЭ	—	низкий

Сокращения: ВГН — верхняя граница нормы, ВСУЗИ — внутрисосудистое ультразвуковое исследование, КК МВ — МВ фракция креатинфосфокиназы, ККА — кальциноз коронарных артерий, КЭЭ — коронарная эндартерэктомия, МСКТ — мультиспиральная компьютерная томография, ОАЭ — орбитальная атерэктомия, ПИМ — периперационный (послеоперационный) инфаркт миокарда, СЛП — стент с лекарственным покрытием, СО — систематическая ошибка, РАЭ — ротационная атерэктомия, УОИМ — универсальное определение инфаркта миокарда, ЭКГ — электрокардиограмма.

calcification). Поиск в базе данных E-library выполнен с использованием расширенного поиска по ключевым словам: "кальциноз коронарных артерий" и "коронарная эндартерэктомия" и "орбитальная атерэктомия" и "ротационная атерэктомия". В работу включались только полнотекстовые статьи в свободном доступе с упоминанием в тексте публикаций ККА. С целью поиска дополнительных источников информации использовался список литературы найденных публикаций, а также рекомендации базы данных Pubmed в разделе "similar articles". Поиск осуществлялся за последние 10 лет, с минимальным количеством включенных пациентов 100 (2013–2023).

Критерии соответствия. В систематический обзор включены когортные исследования, в которых изучались госпитальные результаты КШ и ЧКВ у пациентов с ККА. Включены исследования, посвященные изучению госпитальных результатов ЧКВ с использованием ротационной и орбитальной атерэктомии. Также включены работы, направленные на изучение результатов коронарной эндартерэктомии при ККА. В качестве конечной точки выполнена оценка 30-дневной смертности и/или ПИМ. Клинические случаи или серия случаев, исследования случай-контроль, а также тезисы и обзорные работы были исключены из анализа.

Извлечение данных. Первичный поиск проводился двумя авторами независимо друг от друга. При первичном отборе с использованием вышеописанных алгоритмов поиска было получено 354 публика-

ции в базе Pubmed и 116 публикаций в базе E-library. После анализа заголовков и их аннотаций было удалено 384 публикации. Из оставшихся 84 публикаций на основании анализа полнотекстового варианта было отобрано 13 статей (0,03%). Полученные публикации были обработаны с помощью статистического анализа. Результаты отбора изображены на рисунке 1.

Риск систематической ошибки. Оценка систематической ошибки (СО) проводилась по адаптированной шкале Ньюкасл-Оттава¹, в которой учтено 9 вопросов в следующих разделах: (1) формирование когорт, (2) сопоставимость когорт, (3) оценка исходов для когортных исследований. Риск СО расценивался как низкий для исследований с 8–9 баллами, умеренный для исследований с 6–7 баллами, для исследований с ≤5 баллами риск СО расценивался как высокий. Для однокрупных исследований сопоставимость когорт не оценивалась. Во всех исследованиях экспонированные и неэкспонированные когорты были репрезентативны и представлены из одной популяции, факт воздействия (хирургическое вмешательство) был четко установленным. В отдельных работах группы были не сопоставимы по ряду ключевых параметров, что явилось основным фактором, снижающим качество исследования. Критерии

¹ Реброва О. Ю., Федяева В. К. Вопросник для оценки риска систематических ошибок в нерандомизированных сравнительных исследованиях: русскоязычная версия шкалы Ньюкасл-Оттава. Медицинские технологии. 2016;(3):14–9.

Таблица 2

Клинико-демографическая характеристика больных в исследованиях

Автор, год	N	Операция	Возраст, M±SD	Мужской пол, n (%)	ПИКС, n (%)	ХСН, n (%)	ХПН, n (%)	СД, n (%)	ЧКВ в анамнезе, n (%)	Syntax Score, M±SD
ORBIT II, 2014 [10]	443	ОАЭ	71,4	286 (64,6)	99 (22,3)	—	—	160 (36,1)	—	—
Sareen N, et al., 2017 [11]	151	ОАЭ	71,0±10,8	115 (73,2)	34 (21,7)	—	51 (34,2)	60 (38,2)	—	16,6±11,6
	841	РАЭ	71,1±10,4	604 (71,8)	218 (25,9)	—	336 (42,5)	414 (49,2)	—	17,2±13,0
Shlofmitz E, et al., 2017 [13]	ФВ >40%, N=369	ОАЭ	73,6±9,5	249 (67,5)	47 (12,7)	—	58 (15,8)	147 (39,8)	133 (36,0)	—
	ФВ ≤40%, N=69	ОАЭ	73,8±12,3	49 (71,0)	22 (31,9)	—	25 (36,8)	35 (50,7)	25 (36,2)	—
Lee MS, et al., 2018 [14]	устевой стеноз, N=59	ОАЭ	78,5±8,2	39 (66,1)	11 (18,6)	—	18 (30,5)	20 (33,9)	25 (42,4)	—
	неустевой стеноз, N=489	ОАЭ	73,3±9,9	342 (70,0)	70 (18,0)	—	100 (20,4)	231 (47,2)	166 (33,9)	—
Meraj PM, et al., 2018 [15]	433	ОАЭ	71,0±11,2	277 (64,0)	151 (34,9)	6 (2,2)	31 (7,2)	224 (51,7)	194 (44,8)	—
	474	РАЭ	73,5±9,9	315 (66,5)	167 (35,2)	12 (4,7)	33 (7)	252 (53,2)	224 (47,3)	—
Chambers JW, et al., 2019 [16]	бифуркационный стеноз, N=72	ОАЭ, n=33	69,5±8,9	26 (78,8)	15 (45,5)	6 (18,2)	0	12 (36,4)	20 (60,6)	—
		РАЭ, n=39	71,6±8,3	28 (71,8)	10 (25,6)	8 (20,5)	2 (5,1)	20 (51,3)	27 (69,2)	—
	небифуркационный стеноз, N=105	ОАЭ, n=45	69,6±9,7	33 (73,3)	8 (17,8)	6 (13,3)	0	22 (48,9)	19 (42,2)	—
		РАЭ, n=60	72,2±9,8	33 (55)	17 (28,3)	10 (16,7)	5 (8,3)	21 (35)	27 (45)	—
Barrett C, et al., 2020 [17]	451	ОАЭ	70,9±8,1	445 (98,7)	214 (47,5)	198 (43,9)	143 (31,7)	—	—	—
	640	РАЭ	69,8±8,0	632 (98,8)	301 (47,0)	265 (41,4)	208 (32,5)	—	—	—
Sturm R, et al., 2020 [18]	бифуркационный стеноз, N=363	ОАЭ	70,7±10,5	274 (75,5)	99 (27,3)	72 (19,8)	100 (27,5)	158 (43,5)	151 (41,6)	—
	небифуркационный стеноз, N=793	ОАЭ	70,9±9,9	584 (73,6)	176 (22,2)	144 (18,2)	179 (22,6)	394 (49,7)	331 (41,7)	—
Qiu Z, et al., 2018 [19]	146	КШ on-pump	65,0±8,0	121 (82,9)	93 (63,7)	—	8 (5,5)	122 (83,6)	23 (15,8)	—
	92	КШ off-pump	63,0±9,0	80 (87,0)	55 (62,2)	—	4 (4,3)	76 (82,6)	15 (16,3)	—
Акчурин Р. С. и др., 2021 [20]	106	КШ с ККА	65,5±8,4	78 (73,5)	53 (50,0)	—	6 (5,5)	34 (33)	23 (21,7)	—
	106	КШ без ККА	64,8±7,4	71 (66,9)	58 (54,7)	—	3 (2,8)	25 (23,6)	22 (20,7)	—
Tiemuerniyazi X, et al., 2021 [22]	198	КШ	60,3±9,3	152 (75,4)	77 (38,9)	10 (5,1)	5 (2,5)	77 (38,9)	31 (15,7)	—
Elouze M, et al., 2021 [23]	147	КШ	67,0±10,0	120 (81,6)	—	—	4 (2,7)	76 (51,7)	32 (21,8)	—
Nishigawa K, et al., 2022 [24]	233	КШ	65,9±9,5	200 (85,8)	—	—	—	—	—	—

Сокращения: ККА — кальциноз коронарных артерий, КШ — коронарное шунтирование, ОАЭ — орбитальная атерэктомия, ПИКС — постинфарктный кардиосклероз, РАЭ — ротационная атерэктомия, СД — сахарный диабет, ФВ — фракция выброса, ХПН — хроническая почечная недостаточность, ХСН — хроническая сердечная недостаточность, ЧКВ — чрескожное коронарное вмешательство.

оценки исхода в большинстве работ были убедительны, выбывания пациентов на момент достижения интересующего исхода не отмечалось. Таким образом, исследований высокого риска нет.

Статистический анализ. Статистическая обработка выполнялась в OpenMeta[Analyst] (Meta-Analyst software). Использована модель случайных эффектов, выполнена оценка размера эффекта и 95% доверительного интервала. Результаты метаанализа представлялись в виде блочнограммы (forest plot). Оценка статистической гетерогенности выполнялась с использованием критерия хи-квадрат Пирсона, а также индекса гетерогенности I^2 .

Результаты

Выполнен анализ 470 исследований из баз данных Pubmed и E-library, из них 386 работ были исключены по критериям поиска. Выполнен анализ оставшихся 84 работ, по результатам которого в исследование включено 13 публикаций, в 5 из которых изучали результаты КШ у пациентов с ККА в сочетании с использованием коронарной эндалтерэктомии или без неё, другие 8 — публикации, посвященные ЧКВ у пациентов с ККА с применением ротационной и/или орбитальной атерэктомии. Характеристика включенных исследований представлена в таблице 1.

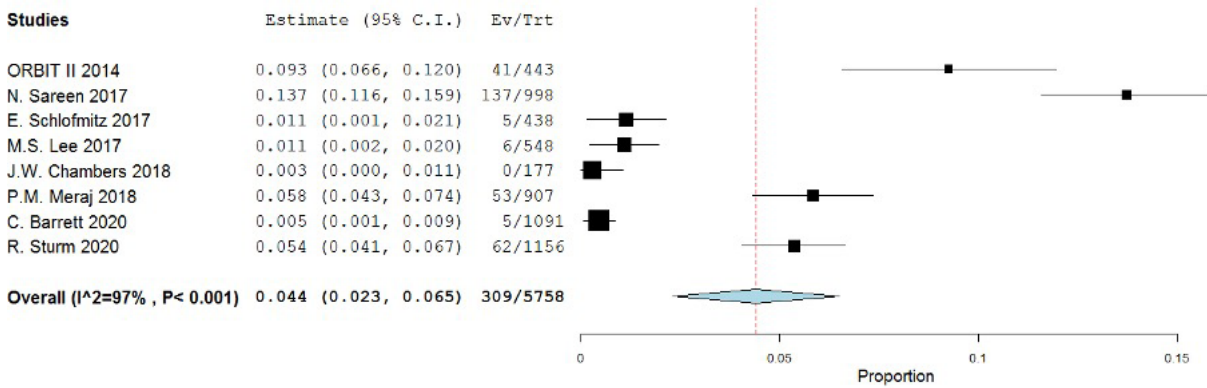


Рис. 2. Блобограмма ПИМ при ЧКВ.

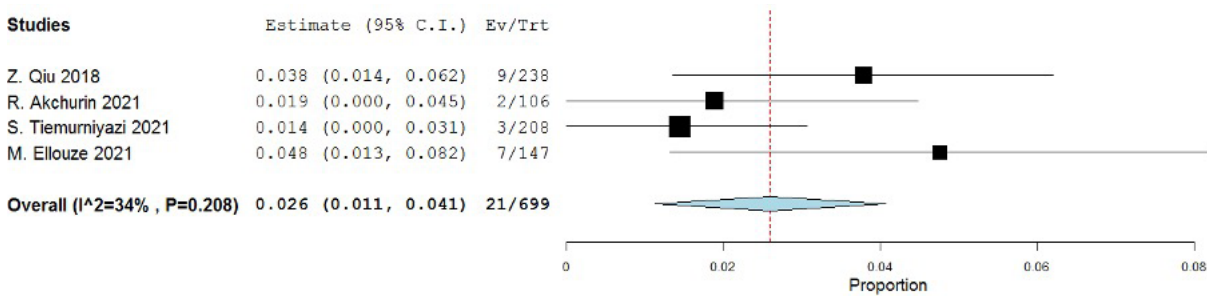


Рис. 3. Блобограмма ПИМ при КШ.

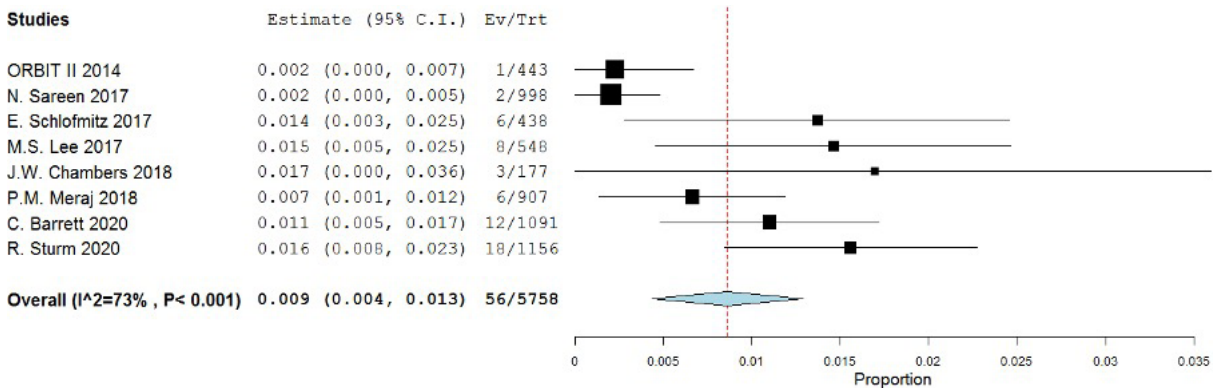


Рис. 4. Блобограмма 30-дневной смертности при ЧКВ.

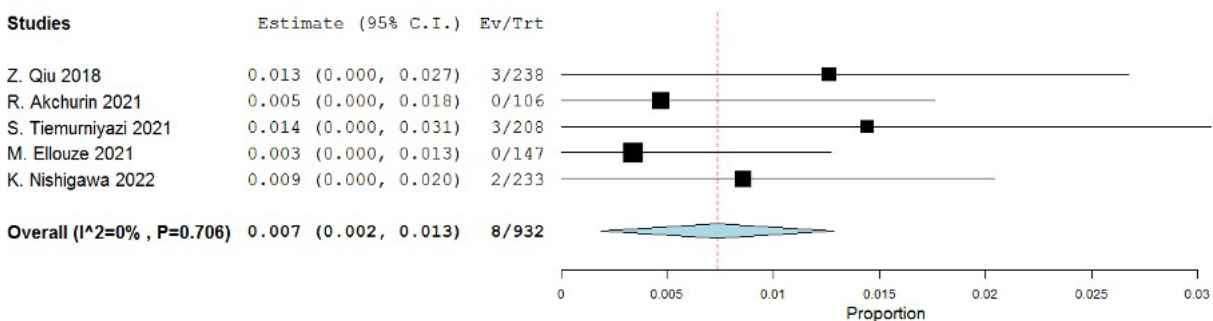


Рис. 5. Блобограмма 30-дневной смертности при КШ.

Анализ количества выборки пациентов 5 исследований посвященных КШ у больных с ККА показал, что число включенных пациентов в исследования составило от 106 до 238 (всего 932 пациента). Исследования, изучающие ЧКВ с ККА, включали более обширное количество пациентов — количество при анализе 8 работ составило от 177 до 1156 (всего 5758 пациентов). Прямой сравнительный анализ исходных клинико-демографических характеристик больных и результатов хирургического лечения представляется не целесообразным, поскольку унифицированная характеристика ККА отсутствует, а гетерогенность групп представляется крайне высокой. В то же время наличие ККА, требующего использования дополнительных хирургических методик, является минимальным фундаментом, позволяющим соотнести результаты лечения с предварительной оценкой исходных параметров больных в каждой из групп.

Средний возраст в исследованиях КШ с ККА варьировался в пределах 60–67 лет, а в работах, посвященных ЧКВ с применением двух вариантов атерэктомии, средний возраст составлял 70–78 лет. В подавляющем большинстве работ КШ с ККА были мужчины (73–83%), данная закономерность наблюдалась и у больных, оперированных эндоваскулярным способом (64–98%). Предоперационная оценка КА преимущественно проводилась на основании коронарной ангиографии. Стволовое поражение левой КА и многососудистое поражение были ожидаемо выше у кандидатов на КШ (15,7–19,3% и 62,6–98,1%) в сравнении с ЧКВ (2,2–12,4% и 11,8–40,7%). Описанные параметры представлены в таблице 2.

Оценка степени коморбидности — наличия тяжелой сопутствующей патологии была затруднена, т.к. в части исследований не были широко продемонстрированы исходные клинико-демографические параметры. Имеющиеся данные работ продемонстрировали, что встречаемость инфаркта миокарда в анамнезе несколько чаще отмечалась в работах, посвященных КШ (38,9–62,1%) в сравнении с ЧКВ (15,8–47,2%). У кандидатов на ЧКВ по сравнению с пациентами, подвергнутыми КШ, чаще встречались хроническая почечная недостаточность (16,9–42,4% и 2,5–5,5%, соответственно) и нарушение мозгового кровообращения в анамнезе (8,8–17,6% и 6,7–10,2%, соответственно). Распространенность хронической сердечной недостаточности имела широкий диапазон: встречаемость у пациентов с КШ достигала 34%, а при ЧКВ — 42,4%.

Частота развития ПИМ во многом зависит от критериев верификации инфаркта (табл. 2). При изучении результатов эндоваскулярного лечения часть исследователей (ORBIT II, N. Sareen, P. M. Meraj) выставляли диагноз при повышении кардиоспецифиче-

ских показателей в ≥ 3 раз в течение 24 ч. Полученные результаты продемонстрировали встречаемость ПИМ в пределах 5,8–13,7%. В остальных исследованиях критерий ПИМ не указан и в части работ учтен вкупе с послеоперационным ИМ в течение госпитального периода. Встречаемость инфаркта миокарда в этих работах была существенно ниже. Усредненное значение ПИМ в исследованиях, посвященных ЧКВ с использованием атерэктомии, составило 4,4% (309/5758) (рис. 2).

Схожие результаты получены при анализе частоты ПИМ при открытом оперативном вмешательстве. Использование универсального определения инфаркта миокарда в исследовании Tiemuerniyazi S, et al., а также в работе нашего отдела, опубликованной в 2021г, показало более низкую частоту ПИМ (1,4–1,9%) в сравнении с другими работами (3,8–4,8%), где критерии ПИМ были или не озвучены (Z. Qiu), или менее жесткими (M. Ellouze). Усредненное значение ПИМ в исследованиях, посвященных КШ, составило 2,6% (21/699) (рис. 3).

Важнейший критерий успешности хирургического лечения — 30-дневная смертность в настоящий момент, по-видимому, является единственным возможным вариантом универсального обобщения результатов операции больных с ККА, поскольку является жесткой конечной точкой, не требующей диагностических критериев. Госпитальная смертность у больных, перенесших ЧКВ с использованием атерэктомии, составила 0,9% (56/5758) (рис. 4). Практически во всех работах, за исключением первых двух (ORBIT II, N. Sareen), доверительный интервал встречаемости летального исхода на госпитальном этапе был в пределах среднего значения, что свидетельствует о сбалансированном количестве исходов.

Госпитальная смертность у больных, перенесших открытое оперативное вмешательство, составила 0,7% (8/932) (рис. 5). В 2 исследованиях (P. C. Акчурун, M. Ellouze) летальных исходов на госпитальном этапе не зарегистрировано, важно отметить, что в этих работах было наименьшее количество исследуемых.

Обсуждение

Реваскуляризация миокарда при коронарном кальцинозе сопровождается повышенным риском ишемических событий в периоперационном периоде. Считается, что оптимальным методом хирургического лечения является открытое оперативное вмешательство [25]. КШ позволяет восстановить коронарную перфузию в обход пораженных сегментов КА. Таким образом, предполагается, что КШ будет одинаково эффективным при поражениях с простой или сложной анатомией в месте стеноза при адекватном состоянии дистального русла. Вывод о преимуществах КШ над ЧКВ у больных с тяжелым и диффузным поражением КА был сделан на основании

ранних результатов исследования SYNTAX [26, 27]. В недавно опубликованной работе Kawashima H, et al. впервые продемонстрированы 10-летние результаты лечения после КШ и ЧКВ у больных с ККА. Авторы выполнили ретроспективный анализ результатов исследования SYNTAX, в качестве конечной точки была выполнена оценка смертности от всех причин. ККА определяли как рентген-позитивный сосудистый контур с обеих сторон в нативную фазу при коронарографии в зоне атеросклеротического поражения. Согласно полученным результатам, наличие ККА сопровождается увеличением смертности в течение 10 лет (36,4% vs 22,3%, $p < 0,001$), статистически значимые различия сохранялись после коррекции групп с учетом исходных клинических параметров и метода хирургического лечения. Неожиданным было отсутствие различий в смертности у больных с ККА при сравнении групп ЧКВ и КШ (34,0% vs 39,0%, $p = 0,26$). При этом худший прогноз был зарегистрирован в группе больных с ККА двух и более сосудов, перенесших КШ, их смертность в течение 10 лет составила 44,1%. Важно отметить, что в дизайне исследования пациенты, не подходящие под проведение ЧКВ, были исключены и не учитывались. Группы сравнения формировались из пациентов, подходящих для обоих вариантов реваскуляризации миокарда, полная реваскуляризация была достигнута у относительно малого количества пациентов, перенесших КШ (59,8%). При интерпретации результатов этого исследования следует учитывать его дизайн (*post-hoc* анализ) и связанные с ним ограничения.

В нашей работе впервые предпринята попытка обобщения результатов исследований хирургического лечения больных с коронарным кальцинозом. При оценке ожидаемой госпитальной летальности после КШ по шкалам Euroscore II и STS и реальных результатов было отмечено, что полученные результаты соответствовали прогнозируемым значениям. В исследованиях, посвященных эндоваскулярным вмешательствам, ожидаемая смертность и частота ишемических кардиальных осложнений были выше. Результаты исследования ORBIT II определили смену взгляда на возможности ЧКВ при ККА. Исследование ORBIT II было фактически первым крупным исследованием по изучению результатов эндоваскулярного лечения у больных с ККА, при этом важно отметить, что из него были исключены пациенты с устьевым и бифуркационным поражением КА. Позже результаты лечения в этих группах пациентов были продемонстрированы в других работах (Lee MS, 2018; Chambers JW, 2018): 30-дневная смертность оказалась существенно выше, но не превышала таковую в контрольных группах с линейным поражением [14, 16]. В недавно опубликованной работе Sturm R, et al. результаты ЧКВ при бифуркационном поражении в клинических сопоставимых группах

оказались хуже: 30-дневная смертность (10,1% vs 6,2%, $p = 0,077$) и частота развития ПИМ (8,4% vs 4,9%, $p = 0,075$) были выше [18].

Мы получили удовлетворительные результаты как эндоваскулярных, так и открытых оперативных вмешательств, что является главным выводом метаанализа. Мы считаем, что хирургическое лечение больных с ККА требует в первую очередь изменения парадигмы неоперабельности этой категории больных. Другая важная проблема, требующая решения — это определение оптимального метода оперативного вмешательства. Вероятно, особенности анатомии КА в месте атеросклеротического поражения с ККА могут иметь ключевое значение при выборе варианта хирургического вмешательства. На основании результатов нашего метаанализа судить о преимуществах того или иного метода не целесообразно. Накопление данных литературы сравнительных исследований может позволить решить эту задачу в будущем. Требуется проведение крупных проспективных сравнительных исследований с использованием четких критериев ККА и особенностей анатомии поражения КА.

Ограничения исследования. Главным ограничением работы, по нашему мнению, явилось отсутствие прямого сравнительного анализа результатов, который не проводился по причинам, упомянутым выше. Следует отметить, что такой шаг был вынужденным в связи с отсутствием данных рандомизированных клинических исследований. Все работы, включенные в текущий обзор, следует относить к нерандомизированным. Другим фактором, ограничивающим интерпретацию полученных результатов, явилась высокая гетерогенность данных в разных исследованиях, посвященных ЧКВ.

Заключение

Реваскуляризация миокарда у больных с ККА может быть выполнена с удовлетворительными клиническими результатами, госпитальная летальность в среднем не превышает 1,0% как при эндоваскулярном, так и при открытом оперативном вмешательстве. Выбор оптимального варианта хирургического лечения требует проведения крупных проспективных исследований. Результаты нашего систематического обзора и метаанализа могут лечь в основу будущих работ. До получения новых данных оптимальную стратегию лечения следует выбирать исходя из традиционного определения тяжести поражения коронарного русла и с учетом опыта хирургов, а также технической возможности того или иного варианта коронарной реконструкции.

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

Литература/References

1. Ertelt K, G  n  reux P, Mintz GS, et al. Impact of the severity of coronary artery calcification on clinical events in patients undergoing coronary artery bypass grafting (from the Acute Catheterization and Urgent Intervention Triage Strategy Trial). *Am J Cardiol*. 2013;112(11):1730-7. doi:10.1016/j.amjcard.2013.07.038.
2. Bourantas CV, Zhang YJ, Garg S, et al. Prognostic implications of severe coronary calcification in patients undergoing coronary artery bypass surgery: an analysis of the SYNTAX study. *Catheter Cardiovasc Interv*. 2015;85(2):199-206. doi:10.1002/ccd.25545.
3. Kawashima H, Serruys PW, Hara H, et al.; SYNTAX Extended Survival Investigators. 10-Year All-Cause Mortality Following Percutaneous or Surgical Revascularization in Patients With Heavy Calcification. *JACC Cardiovasc Interv*. 2022;15(2):193-204. doi:10.1016/j.jcin.2021.10.026.
4. Bangalore S, Vlachos HA, Selzer F, et al. Percutaneous coronary intervention of moderate to severe calcified coronary lesions: insights from the National Heart, Lung, and Blood Institute Dynamic Registry. *Catheter Cardiovasc Interv*. 2011;77(1):22-8. doi:10.1002/ccd.22613.
5. Tian W, Lhermusier T, Minha S, et al. Rational use of rotational atherectomy in calcified lesions in the drug-eluting stent era: Review of the evidence and current practice. *Cardiovasc Revasc Med*. 2015;16(2):78-83. doi:10.1016/j.carrev.2014.12.011.
6. Bulluck H, McEntegart M. Contemporary tools and devices for coronary calcium modification. *JRSM Cardiovasc Dis*. 2022;11:20480040221089760. doi:10.1177/20480040221089760.
7. Villanueva EV, Wasiak J, Petherick ES. Percutaneous transluminal rotational atherectomy for coronary artery disease. *Cochrane Database Syst Rev*. 2003;(4):CD003334. doi:10.1002/14651858.CD003334.
8. Soy  lu E, Harling L, Ashrafian H, et al. Adjunct coronary endarterectomy increases myocardial infarction and early mortality after coronary artery bypass grafting: a meta-analysis. *Interact Cardiovasc Thorac Surg*. 2014;19(3):462-73. doi:10.1093/icvts/ivu157.
9. Moher D, Liberati A, Tetzlaff J, et al.; PRISMA Group. Preferred reporting items for systematic reviews and meta-analyses: the PRISMA statement. *PLoS Med*. 2009;6(7):e1000097. doi:10.1371/journal.pmed.1000097.
10. Chambers JW, Feldman RL, Himmelstein SI, et al. Pivotal trial to evaluate the safety and efficacy of the orbital atherectomy system in treating de novo, severely calcified coronary lesions (ORBIT II). *JACC Cardiovasc Interv*. 2014;7(5):510-8. doi:10.1016/j.jcin.2014.01.158.
11. Sareen N, Baber U, Aquino M, et al. Mid-term outcomes of consecutive 998 cases of coronary atherectomy in contemporary clinical practice. *J Interv Cardiol*. 2017;30(4):331-7. doi:10.1111/joic.12398.
12. Thygesen K, Alpert JS, White HD. Universal Definition of Myocardial Infarction. *Circulation*. 2007;116(22):2634-53. doi:10.1161/CIRCULATIONAHA.107.187397.
13. Shlofmitz E, Meraj P, Jauhar R, et al. Safety of orbital atherectomy in patients with left ventricular systolic dysfunction. *J Interv Cardiol*. 2017;30(5):415-20. doi:10.1111/joic.12405.
14. Lee MS, Shlofmitz E, Kong J, et al. Outcomes of patients with severely calcified aorto-ostial coronary lesions who underwent orbital atherectomy. *J Interv Cardiol*. 2018;31(1):15-20. doi:10.1111/joic.12432.
15. Meraj PM, Shlofmitz E, Kaplan B, et al. Clinical outcomes of atherectomy prior to percutaneous coronary intervention: A comparison of outcomes following rotational versus orbital atherectomy (COAP-PCI study). *J Interv Cardiol*. 2018;31(4):478-85. doi:10.1111/joic.12511.
16. Chambers JW, Warner C, Cortez J, et al. Outcomes after Atherectomy Treatment of Severely Calcified Coronary Bifurcation Lesions: A Single Center Experience. *Cardiovasc Revasc Med*. 2019;20(7):569-72. doi:10.1016/j.carrev.2018.08.017.
17. Barrett C, Warsavage T, Kovach C, et al. Comparison of rotational and orbital atherectomy for the treatment of calcific coronary lesions: Insights from the VA clinical assessment reporting and tracking (CART) program. *Catheter Cardiovasc Interv*. 2021;97(2):E219-E226. doi:10.1002/ccd.28971.
18. Sturm R, Armstrong EJ, Benhuri B, et al. Orbital Atherectomy for Treatment of Severely Calcified Coronary Artery Bifurcation Lesions: A Multicenter Analysis. *Cardiovasc Revasc Med*. 2021;26:34-8. doi:10.1016/j.carrev.2020.10.023.
19. Qiu Z, Auchyobur Merveesh L, Xu Y, et al. The midterm results of coronary endarterectomy in patients with diffuse coronary artery disease. *J Cardiothorac Surg*. 2018;13(1):90. doi:10.1186/s13019-018-0776-8.
20. Akchurin RS, Shiryayev AA, Galayutdinov DM, et al. 1-year outcomes results of coronary artery bypass grafting in patients with target artery distal calcinosis. *Patologiya krovoobrashcheniya i kardiokhirurgiya*. 2022;26(1):55-65. (In Russ.) Акчурин Р.С., Ширяев А.А., Галаяудинов Д.М. и др. Годичные результаты коронарного шунтирования у пациентов с кальцинозом целевых коронарных артерий. *Патология кровообращения и кардиохирургия*. 2022;26(1):55-65. doi:10.21688/1681-3472-2022-1-55-65.
21. Thygesen K, Alpert JS, Jaffe AS, et al. Fourth universal definition of myocardial infarction (2018). *European Heart Journal*. 2019;40(3):237-69. doi:10.1016/j.jacc.2018.08.1038.
22. Tiemuerniyazi X, Yan H, Song Y, et al. Mid-term outcomes of coronary endarterectomy combined with coronary artery bypass grafting. *Interact Cardiovasc Thorac Surg*. 2021;32(2):188-95. doi:10.1093/icvts/ivaa252.
23. Ellouze M, Bouchard D, Pham M, et al. Coronary endarterectomy in patients with diffuse coronary artery disease: assessment of graft patency with computed tomography angiography. *Can J Surg*. 2022;65(5):E635-E641. doi:10.1503/cjs.011121.
24. Nishigawa K, Fukui T, Takaki J, et al. Coronary endarterectomy for diffusely diseased coronary artery: An ace in the hole in coronary artery surgery. *JTCVS Tech*. 2021;10:133-7. doi:10.1016/j.jtc.2021.03.018.
25. Baber U. Coronary Artery Calcification and Mortality After Revascularization: Look Beyond the Heart. *JACC Cardiovasc Interv*. 2022;15(2):205-7. doi:10.1016/j.jcin.2021.11.008.
26. Mohr FW, Morice MC, Kappetein AP, et al. Coronary artery bypass graft surgery versus percutaneous coronary intervention in patients with three-vessel disease and left main coronary disease: 5-year follow-up of the randomised, clinical SYNTAX trial. *Lancet*. 2013;381(9867):629-38. doi:10.1016/S0140-6736(13)60141-5.
27. Thuijs DJFM, Kappetein AP, Serruys PW, et al. SYNTAX Extended Survival Investigators. Percutaneous coronary intervention versus coronary artery bypass grafting in patients with three-vessel or left main coronary artery disease: 10-year follow-up of the multicentre randomised controlled SYNTAX trial. *Lancet*. 2019;394(10206):1325-34. doi:10.1016/S0140-6736(19)31997-X.