



УДК 616.127-089.843-06

**ХРОНИЧЕСКИЕ ТОТАЛЬНЫЕ ОККЛЮЗИИ КОРОНАРНЫХ АРТЕРИЙ:
СОВРЕМЕННЫЕ ВОЗМОЖНОСТИ И ВЫЗОВЫ ИНТЕРВЕНЦИОННОГО ЛЕЧЕНИЯ**

Ю.А. Трусов¹, А.С. Бажинова², Х.Т. Бахмурзиева³, А.А. Короткова⁴, Н.И. Немешкин⁴, Е.К. Шагарова⁵, А.В. Степаненко⁵, М.А. Избасова⁵, Д.А. Бычкова⁶, К.А. Рогозина⁶, В.А. Фризен⁷, Д.О. Диденко⁸, И.Р. Узденов⁹, М.Р. Узденова⁹

¹ Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Самарский государственный медицинский университет» Министерства здравоохранения Российской Федерации, ул. Чапаевская, 89, Самара, Российская Федерация, 443099;

² Государственное бюджетное учреждение здравоохранения «Научно-исследовательский институт – Краевая клиническая больница № 1 им. профессора С.В. Очаповского» министерства здравоохранения Краснодарского края, ул. 1 Мая, 167, Краснодар, Российская Федерация, 350086;

³ Государственное бюджетное учреждение здравоохранения «Диагностический клинический центр № 1 Департамента здравоохранения города Москвы» филиал №4, ул. Академика Бакулева, 18, Москва, Российская Федерация, 117513;

⁴ Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Чувашский государственный университет имени И.Н. Ульянова», пр-т Московский, 15, Чебоксары, Российская Федерация, 428015;

⁵ Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Оренбургский государственный медицинский университет» Министерства здравоохранения Российской Федерации, ул. Советская, 6, Оренбург, Российская Федерация, 460000;

⁶ Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Российский национальный исследовательский медицинский университет имени Н.И. Пирогова» Министерства здравоохранения Российской Федерации, ул. Островитянова, 1, стр. 6, Москва, Российская Федерация, 117513;

⁷ Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Первый Санкт-Петербургский государственный медицинский университет имени академика И.П. Павлова» Министерства здравоохранения Российской Федерации, ул. Льва Толстого, 6-8, Санкт-Петербург, Российская Федерация, 197022;

⁸ Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Крымский федеральный университет имени В.И. Вернадского», просп. Академика Вернадского, 4, Симферополь, Российская Федерация, 295007;

⁹ Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Северо-Кавказская государственная академия», Ставропольская ул., 36, Черкесск, Российская Федерация, 369001

Для корреспонденции: Юрий Александрович Трусов, doctr@autorambler.ru; адрес: ул. Чапаевская, 89, Самара, Российская Федерация, 443099

Основные положения

- Чрескожное коронарное вмешательство (ЧКВ) при ХТОКА является эффективным методом лечения у пациентов с рефрактерной стенокардией, способствуя улучшению качества жизни и снижению симптомов ишемии при условии тщательного отбора и планирования.
- Предпроцедурное планирование, включающее ангиографию с двойным контрастированием, КТ-коронарографию и использование валидированных шкал (J-СТО, PROGRESS-СТО, СТ-RECTOR), играет решающую роль в выборе оптимальной тактики вмешательства и снижении риска осложнений.

- Алгоритмический подход и мультидисциплинарное взаимодействие повышают успешность и ЧКВ при ХТОКА, особенно при применении гибридных и глобальных стратегий, адаптированных к анатомическим особенностям поражения.

Резюме

Хронические тотальные окклюзии коронарных артерий (ХТОКА) представляют собой одну из наиболее сложных форм поражения коронарного русла, встречающуюся примерно у 15–20% пациентов с ишемической болезнью сердца, подвергающихся коронароангиографии. Несмотря на длительное отсутствие единого подхода к лечению, за последние десятилетия интервенционная стратегия при ХТОКА претерпела значительные изменения, что связано с развитием технологий визуализации, совершенствованием проводниковых и катетерных систем, а также внедрением алгоритмического подхода к выбору тактики вмешательства. Чрескожное коронарное вмешательство (ЧКВ) при ХТОКА позволяет эффективно устранять симптомы стенокардии, улучшать качество жизни и функциональный статус пациентов при минимизации риска тяжелых осложнений. Ключевую роль в успешности процедуры играет тщательное предпроцедурное планирование, включающее использование коронароангиографии с двойной инъекцией, КТ-коронарографии и оценку анатомической сложности с помощью шкал J-СТО, PROGRESS-СТО и ST-RECTOR. Применение гибридного и глобального алгоритмов ведения ХТОКА, ориентированных на морфологию поражения, способствует индивидуализации стратегии и повышению эффективности вмешательства. Опыт оператора, наличие специализированного оборудования и слаженность команды также оказывают существенное влияние на исход процедуры. Настоящий обзор обобщает современные подходы к диагностике, планированию и выполнению ЧКВ при ХТОКА, акцентируя внимание на мультидисциплинарном подходе и роли инновационных методов визуализации в повышении безопасности и результативности лечения.

Ключевые слова: Хроническая тотальная окклюзия • Чрескожное коронарное вмешательство • Ангиография с двойной инъекцией • КТ-коронарография • Алгоритмический подход • J-СТО • PROGRESS-СТО

CHRONIC TOTAL OCCLUSIONS OF THE CORONARY ARTERIES: CURRENT OPPORTUNITIES AND CHALLENGES IN INTERVENTIONAL TREATMENT

Yu.A. Trusov¹, A.S. Bazhinova², Kh.T. Bakhmurzieva³, A.A. Korotkova⁴, N.I. Nemeshkin⁴, E.K. Shagarova⁵, A.V. Stepanenko⁵, M.A. Izbasova⁵, D.A. Bychkova⁶, K.A. Rogozina⁶, V.A. Frizen⁷, D.O. Didenko⁸, I.R. Uzdenov⁹, M.R. Uzdenova⁹

¹ Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «Samara State Medical University» of the Ministry of Healthcare of the Russian Federation, 89, Chapayevskaya St., Samara, Russian Federation, 443099;

² State Budgetary Healthcare Institution “Research Institution – Regional Clinical Hospital No.1 named after professor S.V. Ochapovsky” of the Ministry of Health of the Krasnodar Territory, 167, 1st May St., Krasnodar, Russian Federation, 350086;

³ State Budgetary Healthcare Institution “Diagnostic Clinical Center No. 1 of the Moscow City Health Department”, Branch No. 4, 18, Akademika Bakuleva St., Moscow, Russian Federation, 117513;

⁴ Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education “I.N. Ulianov Chuvash State University”, 15, Moskovsky Ave., Cheboksary, Russian Federation, 428015;

⁵ Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education “Orenburg State Medical University” of the Ministry of Health of the Russian Federation, 6, Sovetskaya St., Russian Federation, 460000;

⁶ Federal State Autonomous Educational Institution of Higher Education «N.I. Pirogov Russian National

Research Medical University» of the Ministry of Health of the Russian Federation, 1, bld. 6, Ostrovityanova St., Moscow, Russian Federation, 117997;

⁷ *Pavlov First Saint Petersburg State Medical University, 6-8, Lva Tolstogo St., St. Petersburg, Russian Federation, 197022;*

⁸ *V.I. Vernadsky Crimean Federal University, 4, Vernadskogo Ave., Simferopol, Russian Federation, 295007;*

⁹ *Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education “North-Caucasus State Academy”, 36, Stavropolskaya St., Cherkessk, Russian Federation, 369001*

For correspondence: Yuri A. Trusov, doctr@autorambler.ru; address: 89, Chapaevskaya St., Samara, Russian Federation, 443099

Highlights

- Percutaneous coronary intervention (PCI) for chronic total occlusion (CTO) is an effective treatment option for patients with refractory angina, contributing to improved quality of life and reduction of ischemic symptoms, provided that patient selection and procedural planning are carefully performed.
- Preprocedural planning, including dual-contrast angiography, coronary computed tomography angiography, and the use of validated scoring systems (J-CTO, PROGRESS-CTO, CT-RECTOR), plays a critical role in selecting the optimal interventional strategy and minimizing the risk of complications.
- An algorithmic approach and multidisciplinary collaboration enhance the success and safety of CTO PCI, particularly when hybrid and global strategies are employed and tailored to the anatomical features of the lesion.

Abstract

Chronic total occlusions of the coronary arteries (CTO) represent one of the most complex forms of coronary artery disease, occurring in approximately 15–20% of patients with ischemic heart disease undergoing coronary angiography. Despite the long-standing absence of a unified treatment strategy, the interventional approach to CTO has undergone significant transformation in recent decades. This evolution is largely driven by advancements in imaging technologies, improvements in guidewire and catheter systems, and the implementation of algorithmic decision-making in procedural planning. Percutaneous coronary intervention (PCI) for CTO enables effective relief of anginal symptoms, improvement in quality of life, and enhancement of functional status, while minimizing the risk of serious complications. A critical factor in procedural success is thorough preprocedural planning, which includes dual-injection coronary angiography, coronary computed tomography angiography (CTCA), and assessment of anatomical complexity using scores such as J-CTO, PROGRESS-CTO, and CT-RECTOR. The use of hybrid and global CTO management algorithms, tailored to lesion morphology, facilitates individualized strategies and improves procedural outcomes. Operator experience, availability of dedicated equipment, and cohesive team coordination are also pivotal to clinical success. This review summarizes current approaches to the diagnosis, planning, and execution of PCI in CTO cases, emphasizing the importance of a multidisciplinary approach and the role of advanced imaging modalities in enhancing the safety and efficacy of interventional treatment.

Keywords: Chronic total occlusion • Percutaneous coronary intervention • Dual-injection angiography • Coronary CT angiography • Algorithmic approach • J-CTO • PROGRESS-CTO

Список сокращений

АКШ – аортокоронарное шунтирование

ВСУЗИ – внутрисосудистое ультразвуковое исследование

КАГ – коронароангиография

КЖ – качество жизни

КТ-КАГ – компьютерная томография коронарных артерий

МПК – механическая поддержка кровообращения

ОМТ – оптимальная медикаментозная терапия

ФВ ЛЖ – фракция выброса левого желудочка

ХТОКА – хроническая тотальная окклюзия коронарных артерий

ЧКВ – чрескожные коронарные вмешательства

МАСЕ – тяжелые сердечно-сосудистые события

Введение

Хроническая тотальная окклюзия коронарных артерий (ХТОКА) представляют собой одну из наиболее сложных нозологических форм ишемической болезни сердца и выявляются у приблизительно у 30% пациентов, которым выполняется диагностическая коронароангиография (КАГ) [1]. За последние десятилетия достигнут значительный прогресс в технических аспектах чрескожных коронарных вмешательств (ЧКВ) при ХТОКА. Улучшение показателей технической успешности и снижение частоты осложнений стали возможны благодаря внедрению современных технологий, стандартизированных алгоритмов ведения пациентов и накопленному опыту хирургов [1–3].

Несмотря на достигнутые успехи, клинические и ангиографические результаты ЧКВ при ХТОКА остаются субоптимальными, особенно в случаях, когда вмешательство выполняется без привлечения опытного специалиста, обладающего высокой квалификацией в области реваскуляризации сложных поражений коронарного русла [4]. В этой связи особую значимость приобретает тщательное предпроцедурное планирование, включающее использование протоколизованных стратегий оценки анатомических характеристик окклюзии, выбор оптимального доступа и техники реканализации. Применение данного подхода позволяет повысить вероятность успешной реперфузии и минимизировать риск перипроцедурных осложнений [5].

Настоящий обзор посвящен комплексному анализу современных принципов предпроцедурного планирования при выполнении ЧКВ по поводу ХТОКА. Рассматриваются актуальные показания к выполнению вмешательства, оценка его целесообразности и потенциальной клинической эффективности, аспекты безопасности, прогнозируемая вероятность клинического успеха, а также возможные осложнения. Особое внимание уделено роли мультиспиральной компьютерной томографии коронарных артерий (КТ-КАГ) в дооперационном этапе, как одного из ключевых инструментов стратификации риска и оптимизации стратегии вмешательства.

Методология поиска литературы

Поиск источников проводился в ведущих международных библиографических базах данных: PubMed (Национальная медицинская библиотека США), Scopus (Elsevier) и Web of Science (Clarivate Analytics). Временной диапазон охватывал период с 1 января 2005 г. по 1 февраля 2025 г. Последнее обновление поиска произведено в апреле 2025 г.

В качестве поисковых терминов использовались ключевые слова и их комбинации: “chronic total occlusion”, “CTO PCI”, “percutaneous coronary intervention”, “dual injection angiography”, “CT coronary angiography”, “hybrid approach”, “J-CTO score”, “PROGRESS-CTO”, “CT-RECTOR”, “CTO algorithm”, “coronary imaging”, “CTO complications”, “MACE prediction”, «хроническая тотальная окклюзия», «ЧКВ при ХТОКА», «чрескожное коронарное вмешательство», «ангиография с двойным контрастированием», «КТ-коронарная ангиография», «гибридный подход», «шкала J-CTO», «шкала PROGRESS-CTO», «шкала CT-RECTOR», «алгоритм пересечения CTO», «визуализация коронарных артерий», «осложнения при CTO», «прогнозирование сердечно-

сосудистых осложнений (MACE)». Были применены логические операторы AND/OR и фильтры по языку публикации (английский, русский), типу источников (обзоры, рандомизированные исследования, регистры, клинические рекомендации), а также полнотекстовому доступу.

В обзор включались только рецензируемые статьи, метаанализы, систематические обзоры, клинические руководства, результаты многоцентровых рандомизированных исследований и регистров, имеющие клиническую значимость и методологическую обоснованность. Исключались единичные клинические случаи, дублирующие публикации, статьи без описания методики, а также устаревшие данные, утратившие актуальность.

Для анализа были отобраны публикации, содержащие сведения о частоте и клиническом значении ХТОКА, методах визуализации (ангиография с двойной инъекцией, КТ-КАГ, внутрисосудистая визуализация), шкалах оценки сложности и риска (J-СТО, PROGRESS-СТО, ST-RECTOR, CASTLE, OPEN-СТО и др.), а также об алгоритмических стратегиях и исходах вмешательства. Обобщение полученных данных позволило выделить ключевые направления развития ЧКВ при ХТОКА и их клиническую значимость.

Показания к проведению чрескожного коронарного вмешательства при хронических тотальных окклюзиях коронарных артерий: современные аспекты и клинические доказательства

Адекватный отбор пациентов является ключевым условием эффективного применения ЧКВ при ХТОКА, позволяющим выделить контингент с наибольшей вероятностью клинической выгоды. На сегодняшний день основным подтвержденным преимуществом ЧКВ при ХТОКА остается снижение выраженности стенокардии и сопутствующих симптомов [4, 6–10].

Согласно рекомендациям Американского колледжа кардиологов/Американской кардиологической ассоциации/Общества сердечно-сосудистой ангиографии и вмешательств, ЧКВ при ХТОКА присвоен класс IIb с уровнем доказательности B [6], в то время как Европейское общество кардиологов рекомендует ЧКВ при ХТОКА с классом IIa и тем же уровнем доказательности B [7] – в качестве средства облегчения симптомов у пациентов с анатомически подходящими поражениями и клинически значимой, медикаментозно резистентной стенокардией.

Результаты рандомизированных клинических исследований свидетельствуют о возможности уменьшения частоты ангинозных приступов, улучшения психоэмоционального состояния и повышения качества жизни (КЖ) после успешного выполнения ЧКВ. В частности, исследование EuroCOTO продемонстрировало достоверное снижение симптоматики стенокардии и улучшение показателей КЖ у пациентов, рандомизированных в группу ЧКВ по сравнению с группой, получавшей исключительно оптимальную медикаментозную терапию (ОМТ) [11]. Дополнительные исследования – IMPACTOR-СТО и COMET-СТО – также подтвердили положительное влияние вмешательства на физическую выносливость и субъективные показатели состояния здоровья [9, 10]. В то же время исследование DECISION-СТО не выявило значимого снижения частоты тяжелых сердечно-сосудистых событий (MACE), однако интерпретация его результатов затруднена в силу ряда ограничений: низкая симптоматическая нагрузка у включенных пациентов, высокая частота перекрестной смены терапии (20%) в группе ОМТ, а также отсутствие мощности, необходимой для выявления различий по клинически значимым конечным точкам [12]. Метаанализ с участием более 2500 пациентов подтвердил, что успешное выполнение ЧКВ при ХТОКА ассоциировано со снижением выраженности стенокардии, улучшением функционального статуса и КЖ по сравнению с ОМТ или неудачной попыткой реканализации [13].

Дополнительным показанием к ЧКВ при ХТОКА может быть достижение полной реваскуляризации (complete revascularization, CR) у пациентов с многососудистым коронарным поражением. Доказано, что CR ассоциируется с улучшением прогноза у пациентов после инфаркта миокарда,

снижением общей смертности и частоты MACE [14–16]. Аналогичным образом, у пациентов со стабильным многосудистым поражением неполная реваскуляризация связана с неблагоприятными исходами, включая более высокий уровень смертности от всех причин при длительном наблюдении [17, 18]. Однако в большинстве рандомизированных исследований доля пациентов с ХТОКА крайне мала (например, в исследовании COMPLETE CTO выявлено лишь у 2% включенных) [15], что ограничивает возможность экстраполяции выводов на подгруппу пациентов с ХТОКА. Несмотря на это, в наблюдательных исследованиях успешная реканализация ХТОКА ассоциировалась с улучшением клинических исходов [19]. Учитывая это, ЧКВ может рассматриваться как стратегия достижения CR у тщательно отобранных пациентов с многосудистым поражением, особенно в тех случаях, когда хирургическая реваскуляризация противопоказана или отклонена пациентом.

Также привлекает внимание возможное влияние ЧКВ на глобальную и регионарную функцию левого желудочка. Наблюдательные исследования показали, что реканализация ХТОКА может способствовать уменьшению ишемии, восстановлению сократимости миокарда и снижению риска желудочковых аритмий [8, 20–22]. Метаанализ, включивший 1 248 пациентов, продемонстрировал статистически значимое улучшение фракции выброса левого желудочка (ФВ ЛЖ) после ЧКВ при ХТОКА [20]. Однако в исследовании EXPLORE, где анализировалось влияние ЧКВ у пациентов с острым инфарктом миокарда с подъемом сегмента ST, значимого прироста ФВ ЛЖ в общей популяции не выявлено, что, вероятно, обусловлено исходно умеренно сниженной ФВ ЛЖ (41–42%) и коротким периодом наблюдения [22]. При этом в подгруппе пациентов с ХТО передней нисходящей артерии наблюдалась тенденция к улучшению, что требует дальнейшего подтверждения.

В настоящее время продолжается набор пациентов в несколько рандомизированных исследований, направленных на всестороннюю оценку пользы ЧКВ при ХТОКА: ISCHEMIA-CTO, NOBLE-CTO, ORBITA-CTO и CTO-ARRHYTHMIA [23–26]. Эти проекты позволят более объективно оценить влияние вмешательства на КЖ, ангинозную симптоматику, частоту сердечно-сосудистых осложнений и аритмий, и тем самым улучшат стратификацию показаний к ЧКВ.

На основании имеющихся данных выполнение ЧКВ при ХТОКА целесообразно:

- у пациентов с выраженной или рефрактерной стенокардией (или ее эквивалентами), несмотря на адекватную медикаментозную терапию, при отсутствии альтернативных анатомических препятствий для вмешательства;
- для достижения полной реваскуляризации при многосудистом поражении, особенно при невозможности выполнения коронарного шунтирования;
- у пациентов с дисфункцией ЛЖ при наличии жизнеспособного миокарда в зоне ХТОКА, после оценки с использованием методов визуализации;
- в отдельных клинических ситуациях – например, при аритмогенной дисфункции, поражении доминирующей правой коронарной артерии с митральной регургитацией, обусловленной ишемией папиллярных мышц.

Оценка симптоматики должна проводиться динамически, с использованием валидизированных опросников, таких как Seattle Angina Questionnaire [27], а окончательное решение о вмешательстве должно приниматься мультидисциплинарной командой с учетом баланса между предполагаемой пользой, рисками и предпочтениями пациента.

В табл. 1 суммированы основные показания к ЧКВ при ХТОКА.

Таблица 1. Показания к ЧКВ при ХТОКА и соответствующие доказательства
Table 1. Indications for PCI in HCV and relevant evidence

Показание / Indication	Доказательства/Исследования / Evidence / Research
Устойчивые симптомы стенокардии при неэффективности медикаментозной терапии / Persistent symptoms of angina pectoris in case of ineffectiveness of drug therapy	EuroCTO, ISCHEMIA-CTO, ORBITA-CTO [11, 24, 25]
Улучшение качества жизни и физической активности / Improving the quality of life and physical activity	EuroCTO, COMET-CTO, IMPACTOR-CTO [9–11]
Достижение полной реваскуляризации при многососудистом поражении / Achieving complete revascularization in multivessel disease	COMPLETE, сетевой метаанализ, наблюдательные исследования / COMPLETE, network meta-analysis, observational studies [14–16, 19]
Улучшение ФВ ЛЖ при наличии жизнеспособного миокарда / Improvement of LV ejection fraction in the presence of a viable myocardium	Метаанализ 1 248 пациентов, EXPLORE, подгрупповой анализ LAD / Meta-analysis of 1,248 patients, EXPLORE, LAD subgroup analysis [20, 23]
Снижение риска желудочковых аритмий / Reducing the risk of ventricular arrhythmias	Множественные наблюдательные исследования / Multiple observational studies [22]
Поражение доминирующей правой коронарной артерии при ишемической митральной регургитации / Lesion of the dominant right coronary artery in ischemic mitral regurgitation	Клинические наблюдения и экспертное мнение / Clinical observations and expert opinion [21]

Примечание: СТО – хроническая тотальная окклюзия; ФВ ЛЖ – фракция выброса левого желудочка.

Note: CTO – chronic total occlusion; LV EF – left ventricular ejection fraction.

Эффективность и безопасность чрескожного коронарного вмешательства при хронических тотальных окклюзиях коронарных артерий

С течением последних двух десятилетий эффективность и безопасность ЧКВ при ХТОКА значительно возросли благодаря технологическому прогрессу, усовершенствованию техник проведения процедуры и стандартизации подходов. В рандомизированных контролируемых исследованиях уровень успешной первичной реканализации ХТОКА достигал 83,1% в исследовании EuroCTO [11] и 90,6% в исследовании DECISION-CTO [12]. Сопоставимые показатели продемонстрированы и в многонациональных регистрах, несмотря на высокую анатомическую сложность поражений [28].

Частота неблагоприятных событий, включая серьезные перипроцедурные осложнения, в современных медицинских центрах варьирует в пределах 2–5% [4,29]. Однако успех процедуры значительно снижается при наличии осложняющих анатомических признаков, таких как неопределенное ангиографическое положение проксимального конца окклюзии, устьевое расположение ХТОКА [30], низкое качество дистального сосуда-мишени [31], а также наличие в анамнезе операций аортокоронарного шунтирования (АКШ) [32].

Внедрение инновационных методик, включая антероградную диссекцию с повторным возвратом в истинный просвет (ADR, anterograde dissection reentry) и ретроградный доступ, существенно

расширило возможности вмешательства, однако сопровождалось повышением риска MACE [33, 34]. В частности, согласно данным регистра PROGRESS-CTO, ретроградная техника ассоциирована с частотой MACE в условиях стационара на уровне 3,5% [33].

ЧКВ при ХТОКА требует применения обширного ассортимента внутрикоронарных инструментов, включая техники диссекции и повторного введения, что предрасполагает к сосудистым повреждениям и инфарктам миокарда, ассоциированным с процедурой. Перфорация коронарной артерии является наиболее частым серьезным осложнением (3–6%) [29, 35, 36], с возможным развитием тампонады сердца и необходимостью немедленных лечебных мер: перикардиоцентеза, пролонгированной баллонной инфляции, имплантации покрытого стента или эмболизации [36].

Использование ретроградного доступа сопряжено с риском повреждения донорского сосуда, что в ряде случаев требует проведения ЧКВ в пораженном донорском сосуде [37]. Перипроцедурная летальность, как правило, редка, оценивается менее чем в 1% случаев (около 0,9%), чаще всего в контексте фатальной тампонады [38–40].

Осложнения в месте сосудистого доступа наблюдаются достаточно часто, особенно при использовании множественных доступов большого диаметра или при применении механической поддержки кровообращения (МПК) [41]. Минимизация этих рисков возможна за счет применения ультразвуковой навигации и техники микропункции.

ЧКВ при ХТОКА характеризуется высокой лучевой нагрузкой как для пациента, так и для медицинского персонала, особенно при продолжительных и технически сложных вмешательствах. По данным регистра PROGRESS-CTO, около 33% пациентов получают дозу облучения по керме воздуха, превышающую 4,8 Гр [42]. Несмотря на это, наблюдается тенденция к снижению дозы за счет прогресса в визуализационных технологиях и внедрения принципов радиационной защиты [43]. Стратегия минимизации дозы (“As Low As Reasonably Achievable”, ALARA) остается ключевой: использование защиты, оптимизация процедурных подходов и сокращение времени флюороскопии путем тщательного планирования и интракоронарной визуализации [44].

Для оценки риска осложнений разработаны несколько прогностических моделей, учитывающих возраст пациента, клинический статус, морфологию поражения и предполагаемую стратегию вмешательства [29, 45–47]. В этой связи важнейшее значение приобретает мультидисциплинарный подход, ориентированный на индивидуальные ценности пациента, клинический контекст и взвешенную оценку риска и потенциальной пользы [46–49].

Решающим фактором успешности и безопасности ЧКВ при ХТОКА является опыт оператора. Эти процедуры требуют исключительных когнитивных и технических навыков, владения широким арсеналом методик и уверенного обращения с высокоспециализированным оборудованием. Показано, что операторы с большим объемом процедур достигают более высоких показателей успеха процедуры (87,9% против 82,6%) [50], хотя и сопровождаются несколько большей частотой осложнений, что, вероятно, связано с изначально более высокой сложностью поражений [50] (табл. 2).

В этой связи рекомендуется, чтобы пациенты с предполагаемыми сложными случаями ХТОКА направлялись в специализированные центры по принципу «центр-спица». Рентгенхирурги должны регулярно выполнять достаточное количество вмешательств и проходить целевое обучение [47, 51]. Оптимальным считается поэтапное выполнение процедуры с заранее выбранной тактикой внутри операционной команды [51], что способствует достижению максимальной безопасности и эффективности вмешательства.

Таблица 2. Эффективность и безопасность ЧКВ при хронических тотальных окклюзиях коронарных артерий**Table 2.** Efficacy and safety of PCI in chronic total coronary artery occlusion

Ключевой аспект / Key aspect	Описание/Примечания / Description/Notes
Уровень технического успеха / Level of technical success	Успешная реканализация СТО достигается в 83–91% случаев (EuroCTO [11], DECISION-СТО [12]) / Successful CTO recanalization is achieved in 83–91% of cases (EuroCTO [11], DECISION-СТО [12])
Частота осложнений / Frequency of complications	Общая частота осложнений в современных центрах составляет 2–5% [4, 29] / The overall complication rate in modern centers is 2–5% [4, 29]
Факторы анатомической сложности / Factors of anatomical complexity	Proximal cap ambiguity, остеальное расположение [30], плохой дистальный сосуд [31], предшествующее АКШ [32] / Proximal cap ambiguity, osteal location [30], poor distal vessel [31], anterior CABG [32]
Продвинутые техники / Advanced techniques	ADR (anterograde dissection reentry), ретроградный доступ / ADR (anterograde dissection reentry), retrograde access [33, 34]
Основные риски / Main risks	Перфорация (3–6%) [29, 35, 36], тампонада, сосудистые осложнения, перипроцедурная летальность (0,9%) [38–40] / Perforation (3–6%) [29, 35, 36], tamponade, vascular complications, periprocedural mortality (0.9%) [38–40]
Ретроградный доступ / Retrograde access	Ассоциирован с более высокой частотой MACE (3,5%) [33] и риском повреждения донорского сосуда [37] / It is associated with a higher frequency of MACE (3.5%) [33] and the risk of damage to the donor vessel [37]
Радиационная нагрузка / Radiation load	1 из 3 пациентов получает дозу > 4,8 Гр [42]; значение ALARA-принципа / 1 out of 3 patients receives a dose > 4.8 Gy [42]; the value of the ALARA principle
Методы снижения риска / Risk reduction methods	Ультразвуковой доступ, микропункция, радиационная защита [43], интракоронарная визуализация [44] / Ultrasound access, micropuncture, radiation protection [43], intracoronary imaging [44]
Прогностические модели / Predictive models	Учитывают возраст, клиническое состояние, анатомию СТО и предполагаемую стратегию / The age, clinical condition, anatomy of the CTO and the proposed strategy are taken into account [29, 45–47]
Опыт оператора / Operator experience	Операторы с большим объемом имеют более высокий успех (87,9%) [50], но и более высокий риск при сложных случаях / Operators with a higher volume have a higher success rate (87.9%) [50], but also a higher risk in complex cases
Рекомендации по организации помощи / Recommendations for organizing assistance	Модель «центр–спица», командный подход, обучение, планирование и поэтапность вмешательства / The center-spoke model, team approach, training, planning, and step-by-step intervention [47, 51]

Примечание: АКШ – аортокоронарное шунтирование; ADR – антероградная диссекция с повторным входом; ALARA – как можно ниже разумно достижимая доза; СТО – хроническая тотальная окклюзия; MACE – серьезные неблагоприятные сердечно-сосудистые события.

Note: ADR – anterograde dissection reentry; ALARA – As Low As Reasonably Achievable; CABG – coronary artery bypass grafting; CTO – chronic total occlusion; MACE – major adverse cardiovascular events.

Оборудование для чрескожных коронарных вмешательств при хронических тотальных окклюзиях

Проведение ЧКВ при ХТОКА представляет собой одну из наиболее технически сложных процедур в интервенционной кардиологии. Выполнение таких вмешательств требует наличия широкого спектра специализированного оборудования, обеспечивающего возможность быстрой адаптации к изменяющимся анатомическим и клиническим условиям [52].

Прежде всего, выбор направляющего катетера имеет принципиальное значение. Для обеспечения максимальной поддержки в условиях сложной анатомии предпочтение отдается катетерам калибра 7 или 8 French. При использовании бедренного доступа оптимальной считается установка удлиненных интродьюсеров (длиной 45 см), позволяющих достичь стабильной и безопасной позиции. Это особенно актуально при необходимости применения нескольких инструментов одновременно, включая микрокатетеры и различные баллонные системы [53].

Ключевым элементом успешности процедуры является доступность всего спектра проводников, адаптированных к различным морфологическим вариантам ХТОКА. В распоряжении оператора должны находиться проводники с мягкими, коническими или жесткими наконечниками, как с полимерным покрытием, так и без него. Необходима также готовность к использованию проводников, предназначенных для техники параллельных проводников (parallel wire technique), позволяющих обеспечить усиленную платформу для доставки устройств [54].

Микрокатетеры являются неотъемлемой частью любого ЧКВ при ХТОКА, так как они повышают проникающую способность проводника, обеспечивают микроманипуляции в просвете сосуда и дают возможность безопасной замены проводников [55]. Они также играют критическую роль при выполнении ADR, особенно при анатомической неоднозначности проксимальной крышки окклюзии. В условиях потенциальных осложнений, включая перфорацию коронарной артерии, в арсенале хирурга обязательно должны присутствовать покрытые стенты, эмболизационные катушки и комплект для экстренного перикардиоцентеза. Учитывая частое наличие кальциноза в зоне окклюзии, важным элементом оснащения являются системы для модификации кальция – ротационная или орбитальная атерэктомия, а также внутрисосудистая литотрипсия, позволяющие адекватно подготовить участок поражения к дилатации и стентированию [56].

Внутрисосудистая визуализация, преимущественно с помощью внутрисосудистого ультразвукового исследования (ВСУЗИ), имеет решающее значение на всех этапах вмешательства [57]. Она позволяет точно определить анатомию проксимальной крышки, охарактеризовать морфологию поражения, облегчить повторный вход в просвет при диссекционной стратегии, а также направлять и оптимизировать имплантацию стента. При необходимости может быть использована и оптическая когерентная томография, обладающая высокой разрешающей способностью.

Еще одним критически важным компонентом оснащения является наличие средств для МПК, таких как баллонная контрапульсация или устройства типа Impella. Согласно данным регистра PROGRESS-СТО, использование МПК в ходе ЧКВ составило 4,5%, при этом профилактическое применение было ассоциировано с более высоким риском осложнений [58]. Несмотря на это, обоснованное применение МПК оправдано у пациентов с тяжелой дисфункцией левого желудочка, выраженной ишемией миокарда, а также при планировании вмешательств с применением атерэктомии или ретроградного доступа.

Особое внимание должно уделяться готовности к немедленному реагированию при развитии жизнеугрожающих осложнений. В операционной должны быть организованы условия для экстренного вмешательства, включая наличие опытной мультидисциплинарной команды, оснащенной всем необходимым для лечения осложнений: от перфорации и тампонады до гемодинамической нестабильности.

Таким образом, успех выполнения ЧКВ при ХТОКА зависит не только от мастерства оператора, но и от высокого уровня технической оснащённости. Поддержание готовности к использованию полного набора оборудования позволяет обеспечить не только высокую эффективность, но и максимальную безопасность вмешательства в самых сложных клинических ситуациях.

Коронарография с двойным контрастированием

Высококачественная КАГ с обязательным выполнением двойного контрастирования является краеугольным элементом в подготовке к ЧКВ при ХТОКА [59]. Двойное контрастирование позволяет получить комплексную визуализацию анатомии окклюзии и критически необходима в ситуациях, когда дистальный сегмент окклюзированной артерии получает кровоснабжение за счет коллатеральных путей – как из контралатеральной коронарной артерии, так и через шунтирующие трансплантаты.

Использование КАГ с двойным контрастированием значительно повышает информативность изображения: обеспечивает более четкую визуализацию проксимальной капсулы, позволяет точно оценить длину окклюзии и определить качество, проходимость и направление дистального русла. Эти параметры являются ключевыми для выбора технической стратегии (антероградной, ретроградной или гибридной) и позволяют минимизировать вероятность ошибок в тактике.

Для достижения оптимального диагностического результата необходимо строгое соблюдение технических требований к ангиографической процедуре. Направляющие катетеры должны быть прочно зафиксированы и расположены соосно по отношению к устью соответствующей артерии. Это обеспечивает максимальную упаковку при инъекции и предотвращает смещение катетера во время процедуры. Применение стандартного проводника типа «рабочая лошадка» в ретроградном катетере способствует стабилизации системы, а также позволяет оперативно вмешаться в случае возникновения осложнений, включая перфорацию или дистальную эмболию.

Для улучшения визуализации коллатерального кровотока рекомендуется внутрикоронарное введение вазодилататоров (например, нитроглицерина), что снижает феномен спазма и «помутнения» изображений. Также важно использовать широкое поле зрения, позволяющее охватить всю коронарную артерию в одном кадре без необходимости панорамирования или изменения положения стола, что может нарушать ориентацию изображения и увеличивать продолжительность процедуры. Частота кадров при киноангиографической записи должна оставаться на стандартном уровне, так как ее увеличение приводит к существенному росту лучевой нагрузки без значительного прироста информативности [60].

Целевое центрирование артерии и синхронизация введения контраста играют решающую роль в успешной визуализации окклюзированного сегмента. При этом подбор оптимальных ангиографических проекций (например, для оценки коллатеральных каналов – СС1/СС2) осуществляется в соответствии с анатомическими особенностями, как указано в рекомендованных таблицах визуализации [60].

Следует отметить, что в случае ипсилатеральных коллатералей, т.е. коллатерального кровотока, происходящего из той же артерии, где локализована ХТОКА, ангиография с двойным контрастированием может быть необязательной. В таких ситуациях достаточно выполнения однократной инъекции через катетер большого диаметра (7–8 Fr), что обеспечивает адекватную визуализацию анатомии поражения. Исследования демонстрируют, что у пациентов с ипсилатеральными коллатеральными показателями клинического успеха и уровень осложнений при однократном доступе сопоставимы с результатами, достигаемыми при использовании двойного доступа во всех типах анатомических вариантов [60].

Таким образом, выбор ангиографической стратегии – двойной или однократной инъекции – должен основываться на характеристиках анатомии коллатерального кровотока и предполагаемой

стратегии вмешательства. Однако в большинстве случаев, особенно при наличии контралатеральных коллатералей, двойная инъекция остается стандартом качества при планировании ЧКВ при ХТОКА, обеспечивая точность диагностики и безопасность проводимой процедуры.

Анализ результатов коронароангиографии при планировании чрескожных коронарных вмешательств при хронических тотальных окклюзиях

Тщательный анализ результатов КАГ является неотъемлемой частью подготовки к ЧКВ при ХТОКА, поскольку он формирует основу для выбора оптимальной тактики. Высококачественная КАГ, особенно с применением двойного контрастирования, позволяет оценить анатомию проксимального сегмента и капсулы ХТО, сам окклюзированный участок, дистальный сосуд, а также характеристики коллатеральных каналов.

Просмотр ранее выполненных диагностических и интервенционных КАГ позволяет уточнить конфигурацию окклюзии, выявить расположение боковых ветвей, истинный диаметр и возможное отрицательное ремоделирование сосудов, а также причины неудач при предыдущих попытках вмешательства. У пациентов с перенесенным АКШ необходимо по возможности получить исходные ангиограммы до шунтирования для восстановления анатомии нативного русла. Основываясь на анализе ангиографических данных, хирург должен спланировать как первичную, так и резервную стратегии, учитывая возможную необходимость пересмотра тактики на этапе внутривидеопроцедурной ангиографии с двойным контрастированием.

Морфология проксимальной капсулы ХТОКА является критически важным фактором, влияющим на успех антероградного доступа. Хорошо видимая, неокклюзированная, некальцифицированная и конически сужающаяся капсула считается благоприятной для антероградного прохождения [61, 62]. В случае неоднозначности проксимального сегмента целесообразно использовать множественные ангиографические проекции, ВСУЗИ или КТ-КАГ. Если визуализация остается недостаточной, возможно выполнение первичного ретроградного доступа или антероградного вмешательства с применением техник перемещения капсулы. Наличие кальциноза и тупой формы капсулы также повышают вероятность необходимости использования методов ADR или ретроградного подхода. Кроме того, проксимальный сегмент следует оценивать на предмет препятствующих факторов – извитость, кальциноз, стенозы и ранее имплантированные стенты.

Боковые ответвления, расположенные вблизи капсулы, могут быть как полезными, так и ограничивающими. С одной стороны, они могут быть использованы как ориентиры для доступа и фиксации (anchoring) с помощью баллонной инфляции или направленного субинтимального введения. С другой – наличие важных боковых ветвей, пересекающихся с предполагаемой линией «перемещения капсулы», может препятствовать применению данной стратегии.

Окклюзированный сегмент оценивается по его длине, извитости и степени кальциноза [61, 62]. Длинные, извитые и кальцифицированные сегменты значительно затрудняют прохождение проводника, особенно при антероградной стратегии. В таких случаях более целесообразно использовать гибкие направляющие проводники, минимизирующие риск перфорации. Также возможно наличие нескольких последовательно расположенных окклюзий; между ними нередко обнаруживаются заполненные контрастом участки, которые помогают восстановить истинную анатомию сосуда. КТ-КАГ, как будет рассмотрено ниже, в таких ситуациях играет ключевую роль. Анализ дистального сосуда должен включать оценку его диаметра и морфологии. В реестре PROGRESS-CTO некачественный дистальный сосуд определялся как < 2 мм в диаметре или с выраженным атеросклерозом, и ассоциировался с большей анатомической сложностью, более частым применением ретроградного подхода, снижением успешности и повышением риска перфорации [31]. Эти данные подтверждают важность характеристики дистального русла при

выборе стратегии – в частности, при планировании ADR. Наличие бифуркации вблизи дистальной капсулы требует специального подхода для сохранения проходимости обеих ветвей, включая первичный ретроградный доступ, двойной ADR или использование микрокатетеров с двумя просветами [63, 64].

Ретроградные каналы различаются по типу и анатомии. Они могут использоваться не только для прохождения проводника, но и для улучшения визуализации дистального русла при антероградном подходе. Выбор ретроградного пути зависит от его типа (шунт, септальная или эпикардальная коллатераль), анатомических особенностей и безопасности пересечения. Венозные шунты, даже окклюзированные, часто подходят для ретроградного доступа. Септальные коллатерали предпочтительнее эпикардиальных из-за меньшего риска перфорации.

Для более длинных ретроградных маршрутов могут потребоваться укороченные направляющие катетеры (например, 90 см) или модификации стандартных (100 см), чтобы обеспечить достаточную длину системы для вывода проводника наружу. Попытки пересечения через единственный, доминирующий коллатеральный канал, питающий обширный миокард, сопряжены с риском ишемии и гемодинамической нестабильности. Ретроградный доступ через грудную артерию или крупный эпикардиальный канал особенно подвержен этим рискам. Поэтому необходимо предусмотреть возможность использования МПК и оценить наличие альтернативных, ранее не визуализированных путей, которые могут быть активированы при изменении коллатерального кровотока.

Ключевые характеристики пригодности коллатерального канала для ретроградного пересечения включают его диаметр, извилистость, наличие бифуркаций, угол входа и выхода, а также расстояние от выхода коллатерали до дистальной капсулы [65–67]. Предпочтение отдается каналам с прямым ходом, без бифуркаций, с благоприятной геометрией. Эпикардиальные коллатерали имеют меньший ретроградный контроль проводника из-за извитости и сердечных сокращений, создающих «поршневой эффект», нарушающий позиционирование микрокатетера. Согласно классификации Werner, коллатерали делятся на три типа: CC0 – отсутствие связи, CC1 – тонкая связь < 0,4 мм, CC2 – выраженное соединение $\geq 0,4$ мм. Пересечение CC0–CC1 является технически наиболее сложным [68]. Донорский сосуд, из которого осуществляется ретроградный доступ, должен быть тщательно оценен на наличие стенозов, кальцинозов и извитости. Любые поражения увеличивают риск сосудистых повреждений и могут потребовать предшествующего вмешательства или использования катетеров с удлинителями. Если коллатераль проходит через ранее установленный стент, может потребоваться баллонная ангиопластика для восстановления его геометрии после завершения процедуры и предотвращения деформации или разрушения структуры стента.

Таким образом, ангиографическая оценка при планировании ЧКВ при ХТОКА представляет собой многоэтапный и комплексный процесс, включающий анализ всей анатомии поражения: от проксимальной капсулы до дистального выхода, включая потенциальные пути ретроградного доступа. Только при глубоком понимании ангиографических деталей и с учетом всех потенциальных сценариев можно обеспечить безопасное и успешное вмешательство.

Алгоритм проведения чрескожных коронарных вмешательств при хронических тотальных окклюзиях

Комплексная информация, полученная в результате детального и систематического анализа КАГ, должна быть интегрирована в стратегический план ведения пациента с ХТОКА, который учитывает индивидуальные анатомические особенности, предполагает использование всего арсенала интервенционных методов и обеспечивает необходимую тактическую гибкость в ходе процедуры. За последние годы были разработаны и внедрены различные алгоритмические подходы к проведению ЧКВ при ХТОКА, включая гибридный алгоритм [64], алгоритм Asia Pacific CTO Club

[69], алгоритм China CTO Club [70], а также алгоритм EuroCTO Club [71]. Несмотря на региональные различия в тактических предпочтениях, все эти подходы объединяет единая цель: стандартизация принятия решений и повышение эффективности и безопасности вмешательств.

На основе этих подходов был разработан Глобальный алгоритм ведения ХТОКА, представленный консенсусом 125 международных экспертов из более чем 50 стран под эгидой ведущих объединений по ХТОКА. Этот алгоритм направлен на унификацию практики, повышение воспроизводимости результатов, минимизацию рисков и повышение успеха процедуры [63].

Ключевые принципы глобального алгоритма ЧКВ при ХТОКА

1. Проведение КАГ с двойным контрастированием
– обязательный этап первичной оценки, позволяющий получить полное представление о проксимальной и дистальной анатомии окклюзии, коллатеральном кровотоке и морфологии сосудов.
2. Тщательный анализ имеющихся ангиографических данных
– включая как текущую КАГ, так и прошлые диагностические и интервенционные ангиограммы, что позволяет точно локализовать крышки окклюзии, боковые ветви, протяженность поражения и особенности ремоделирования сосудов.
3. Устранение анатомической неопределенности проксимальной капсулы
– с использованием многопроекционной ангиографии, ВСУЗИ, ретроградного подхода или техник «перемещения капсулы» (move-the-cap).
4. Оптимизация доступа к дистальному сегменту
– при плохом качестве дистального сосуда (< 2 мм, выраженный атеросклероз) предпочтение отдается ретроградному подходу; в случае расположения бифуркации вблизи дистальной капсулы применяются двухпросветные микрокатетеры и субинтимальный доступ с направлением под контролем ВСУЗИ.
5. Избежание рисков
– за счет раннего перехода между антероградным и ретроградным подходами, активного использования стратегий ADR и гибридного подхода; это обеспечивает безопасное и целенаправленное продвижение проводника без траты времени на заведомо неэффективные манипуляции.
6. Оценка целесообразности проведения «инвестиционной процедуры»
– в случае неудачи первичной попытки пересечения ХТОКА, может быть оправдано выполнение так называемой “investment procedure”, направленной на модификацию поражения (например, при помощи субинтимального стентирования или подготовки к повторной попытке через определенный интервал).
7. Определение показаний к прекращению процедуры
– включая достижение пороговых значений лучевой нагрузки или объема контрастного вещества, чрезмерную продолжительность вмешательства, развитие осложнений, невозможность безопасного продвижения оборудования, а также физическую утомляемость пациента и/или операционной команды.

Алгоритмический подход к ведению ХТОКА представляет собой эволюцию от эмпирического ведения к высоко стандартизированной, персонализированной и безопасной стратегии. Глобальный алгоритм ЧКВ при ХТОКА – это результат консолидации международного опыта, направленный на повышение успешности вмешательств, снижение количества осложнений и оптимизацию использования ресурсов. Он не заменяет клиническое мышление, а служит его инструментом, позволяющим обеспечить последовательность, предсказуемость и обоснованность принимаемых решений.

Показатели оценки сложности и риска при чрескожных коронарных вмешательствах у пациентов с хроническими тотальными окклюзиями

Для объективизации предпроцедурной оценки и прогнозирования технического успеха, а также вероятности развития осложнений при проведении ЧКВ у пациентов с ХТОКА, были разработаны и валидированы несколько клинико-ангиографических шкал. Эти инструменты служат ориентиром как для хирурга, так и для пациента и его семьи при совместном принятии решений, обеспечивая взвешенный подход к выбору стратегии вмешательства.

Оценка технической сложности хронических тотальных окклюзий

Наиболее известным и широко применяемым инструментом прогнозирования технического успеха является шкала J-СТО, предложенная Y. Morino и соавт. в рамках японского регистра ХТОКА (J-СТО) [61]. В данном исследовании было проанализировано 494 случая ХТОКА, на основании которых была выделена четырехбалльная система оценки сложности, включающая следующие параметры: тупая проксимальная капсула, выраженный кальциноз, извитость (угол $> 45^\circ$), длина окклюзии ≥ 20 мм и наличие неудачной предыдущей попытки реканализации. Оценка J-СТО продемонстрировала высокую прогностическую ценность для прогнозирования успешного прохождения проводника в течение первых 30 минут процедуры, а также коррелировала с общими показателями технического и процедурного успеха в регистре PROGRESS-СТО [72].

Однако шкала J-СТО имеет ряд ограничений. Во-первых, она была разработана в когорте пациентов, которым выполнялась ЧКВ преимущественно антероградным доступом, без широкого применения гибридных стратегий [62]. Во-вторых, включение такого критерия, как неудачная предыдущая попытка ЧКВ, может вносить элемент субъективности. Кроме того, успешность прохождения проводника не всегда соответствует клинически значимым конечным точкам, таким как полная реваскуляризация.

В ответ на эти ограничения была разработана шкала PROGRESS-СТО, адаптированная для центров с активным применением гибридного подхода. Она базируется на четырех ангиографических признаках, влияющих на вероятность технического успеха [73]. Аналогичным образом, шкала EuroСТО CASTLE, сформированная на основании данных 14 882 пациентов из одноименного регистра, включает параметры: наличие АКШ в анамнезе, возраст, морфология проксимальной капсулы, степень извитости, длительность окклюзии и кальциноз [74].

Сравнительный анализ шкал J-СТО, PROGRESS-СТО и EuroСТО CASTLE, проведенный J. Karacsonyi, и соавт. на базе регистра PROGRESS-СТО, показал, что все три инструмента обладают умеренной прогностической ценностью, при этом шкала J-СТО продемонстрировала наилучшую дискриминационную способность [75].

В реальной клинической практике применение любой из указанных шкал может облегчить планирование вмешательства. В центрах, где применяется гибридная стратегия, предпочтение целесообразно отдавать шкале PROGRESS-СТО, поскольку она разрабатывалась и валидировалась в соответствующих условиях. Тем не менее, шкала J-СТО остается высоко информативной при оценке менее сложных поражений ($J\text{-СТО} \leq 2$), особенно в центрах с низким или умеренным объемом проведения ЧКВ при ХТОКА. У пациентов с высокими значениями J-СТО (≥ 3) вероятность успешной реканализации значительно снижается, что важно учитывать при выборе тактики вмешательства и консультации пациента.

С учетом того, что основная клиническая цель ЧКВ при ХТОКА – это облегчение симптомов, особое значение приобретает шкала OPEN-СТО Angina Score, предназначенная для прогнозирования остаточной стенокардии и степени ее регресса через 6 месяцев после вмешательства [76, 77].

Шкалы оценки риска осложнений чрескожных коронарных вмешательств у пациентов с хроническими тотальными окклюзиями

Для оценки вероятности перипроцедурных осложнений также разработан ряд прогностических шкал. В 2016 г. была предложена шкала осложнений PROGRESS-СТО, которая позже была доработана и расширена для предсказания таких исходов, как МАСЕ, перикардицентез, острый инфаркт миокарда и коронарная перфорация [29, 45].

Отдельно была разработана и валидирована шкала OPEN-СТО Perforation Score, включающая такие параметры, как наличие АКШ в анамнезе, длительность окклюзии, фракция выброса левого желудочка, возраст и выраженность кальциноза. Эта шкала продемонстрировала высокую точность в предсказании вероятности ангиографически значимой перфорации как в регистре PROGRESS-СТО [78], так и в независимом мультицентровом исследовании с оценкой более 2 200 процедур ЧКВ при ХТОКА [79].

Хотя прямое сравнение между шкалами осложнений PROGRESS-СТО и OPEN-СТО не проводилось, обе системы были разработаны в условиях высокой операционной экспертизы, что может ограничивать их применимость в центрах с меньшим опытом. В связи с этим важно учитывать контекст, в котором проводится вмешательство, а также уровень подготовки оператора. Шкала PROGRESS MCS Score оценивает риск необходимости экстренного применения МПК во время процедуры, что может быть полезно для выделения пациентов, которым требуется установка устройства МПК до начала вмешательства [80].

Наконец, Liu и соавт. разработали модель предпроцедурного риска нефротоксичности, вызванной контрастом, для прогнозирования вероятности развития острого повреждения почек у пациентов, подвергающихся ЧКВ при ХТОКА [81].

Шкалы J-СТО, PROGRESS-СТО и EuroСТО CASTLE являются надежными инструментами прогнозирования технического успеха и позволяют адаптировать стратегию вмешательства под конкретные анатомические и клинические особенности пациента. Шкалы осложнений PROGRESS-СТО, OPEN-СТО и PROGRESS MCS расширяют возможности стратификации риска и позволяют более точно прогнозировать нежелательные события, улучшая безопасность и индивидуализацию ЧКВ при ХТОКА. Их рутинное использование должно стать неотъемлемой частью комплексного планирования вмешательства и общения с пациентом.

Роль КТ-КАГ в предпроцедурной оценке и планировании чрескожных коронарных вмешательств у пациентов с хроническими тотальными окклюзиями

С развитием современных методов визуализации КТ-КАГ приобрела важное значение в диагностике и тактическом планировании ЧКВ при ХТОКА. Несмотря на то, что доля использования КТ-КАГ в этой области по-прежнему невелика, согласно данным регистра PROGRESS-СТО она стабильно растет, достигнув 5–6% обследуемых пациентов [82–84].

Рандомизированное исследование ST CTO trial продемонстрировало, что использование КТ-КАГ для предпроцедурной оценки анатомии окклюзии способствует существенному повышению технического успеха ЧКВ по сравнению со стандартной ангиографией (93,5% против 84%, $p = 0,0003$). Кроме того, наблюдалась тенденция к снижению частоты коронарной перфорации в группе, где применялась КТ-КАГ (1% против 4%, $p = 0,055$) [85].

КТ-КАГ позволяет не только воспроизвести ключевые ангиографические признаки – в частности, отсутствие антероградного кровотока в окклюзированной артерии [86], – но и получить ряд анатомических данных, которые невозможно визуализировать с помощью традиционной ангиографии. КТ-КАГ обеспечивает высокую точность в оценке морфологии проксимальной крышки окклюзии, дистального сегмента, длины окклюзии, степени извитости, тяжести кальциноза и наличия ремоделирования просвета сосуда [87, 88]. Это особенно важно при поражениях,

сопровождающихся выраженным кальцинозом, извитостью или анатомической неоднозначностью, где даже многопроекционная инвазивная ангиография может оказаться недостаточной.

Одним из наиболее значимых вкладов КТ-КАГ в тактику вмешательства стало предиктивное моделирование сложности прохождения окклюзии. Наиболее известным инструментом в этой области является шкала CT-RECTOR, разработанная М.Р. Opolski и соавт., которая учитывает такие параметры, как множественные окклюзии, тупая форма проксимальной капсулы, выраженный кальциноз и извитость пораженного сегмента [89]. Шкала CT-RECTOR продемонстрировала высокую прогностическую значимость в оценке времени и успешности пересечения проводником. С практической точки зрения, КТ-КАГ предоставляет ряд преимуществ в предпроцедурном планировании:

- она позволяет неинвазивно стратифицировать анатомическую сложность ХТОКА;
- способствует уточнению локализации и характеристик поражения при неудачной предыдущей попытке;
- обеспечивает визуализацию трудноопределяемых сегментов (проксимальных и дистальных крышек, зоны бифуркации);
- помогает оптимизировать подбор инструментов и сократить объем используемого оборудования за счет точной анатомической ориентации [90].

На основании накопленных данных, предпроцедурную КТ-КАГ целесообразно рекомендовать в следующих случаях:

- длинные, извитые или сильно кальцинированные окклюзии;
- ограниченная визуализация дистального сегмента при стандартной ангиографии;
- анамнез неудачного ЧКВ при ХТОКА;
- подозрение на неоднозначную морфологию проксимальной капсулы.

Кроме того, внедрение современных систем совмещенной визуализации КТ-КАГ и инвазивной ангиографии позволяет использовать КТ-данные в режиме реального времени при проведении вмешательства, что значительно облегчает позиционирование проводника и выбор точки входа, особенно при сложных анатомических условиях [91].

Важно отметить, что эффективность использования КТ-КАГ зависит от квалификации оператора и его навыков интерпретации томографических данных. В связи с этим необходимо развитие междисциплинарного взаимодействия между интервенционными кардиологами, специалистами по визуализации сердца и радиологами. Только в условиях тесного сотрудничества и синергии подходов можно в полной мере реализовать потенциал КТ-КАГ как инструмента повышения безопасности и эффективности ЧКВ при ХТОКА.

Заключение

ЧКВ при ХТОКА остается важным методом лечения пациентов с рефрактерной стенокардией и сниженным качеством жизни, несмотря на оптимальную медикаментозную терапию. Современные данные убедительно свидетельствуют о его способности существенно улучшать симптоматику и функциональный статус пациентов при соответствующем анатомическом подборе.

Ключевым фактором успешного вмешательства является всестороннее предпроцедурное планирование, включающее детальный ангиографический анализ, при необходимости с применением КТ-КАГ, использование прогностических шкал и стратификацию риска. Рациональный отбор пациентов, клиническое мышление, основанное на объективных данных, и участие пациента в принятии решения являются основой для повышения эффективности и безопасности процедуры.

Высокий уровень подготовки хирурга, командная готовность, наличие специализированного оборудования, а также гибкость в переключении между различными стратегиями антероградного и

ретроградного доступа являются критически важными условиями успешного выполнения вмешательства. Применение алгоритмического подхода – в частности, гибридной модели и международного глобального алгоритма ЧКВ при ХТОКА – обеспечивает структурированную и воспроизводимую тактику действий, повышающую шансы на клинический успех, при этом минимизируя риск перфораций, контраст-индуцированной нефропатии и других осложнений. Таким образом, ЧКВ при ХТОКА в современных условиях – это высокотехнологичное вмешательство, эффективность которого напрямую зависит от мультимодального подхода, точной анатомической визуализации, оценки риска/пользы и командной экспертизы. Рациональная интеграция КАГ, КТ-КАГ, прогностических инструментов и алгоритмов ведения пациента делает возможным индивидуализированный подход, соответствующий принципам современной доказательной кардиологии.

Конфликт интересов

Ю.А. Трусов заявляет об отсутствии конфликта интересов. А.С. Бажинова заявляет об отсутствии конфликта интересов. Х.Т. Бахмурзиева заявляет об отсутствии конфликта интересов. А.А. Короткова заявляет об отсутствии конфликта интересов. Н.И. Немешкин заявляет об отсутствии конфликта интересов. Е.К. Шагарова заявляет об отсутствии конфликта интересов. А.В. Степаненко заявляет об отсутствии конфликта интересов. М.А. Избасова заявляет об отсутствии конфликта интересов. Д.А. Бычкова заявляет об отсутствии конфликта интересов. К.А. Рогозина заявляет об отсутствии конфликта интересов. В.А. Фризен заявляет об отсутствии конфликта интересов. Д.О. Диденко заявляет об отсутствии конфликта интересов. И.Р. Узденов заявляет об отсутствии конфликта интересов. М.Р. Узденова заявляет об отсутствии конфликта интересов.

Финансирование

Авторы заявляют об отсутствии внешнего финансирования при проведении исследования.

Информация об авторах

Трусов Юрий Александрович, врач-кардиолог, ассистент федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Самарский государственный медицинский университет» Министерства здравоохранения Российской Федерации, Самара, Российская Федерация **ORCID** 0000-0001-6407-3880

Бажинова Александра Сергеевна, врач-терапевт участковый государственного бюджетного учреждения здравоохранения «Научно-исследовательский институт – Краевая клиническая больница № 1 им. профессора С.В. Очаповского» министерства здравоохранения Краснодарского края, Краснодар, Российская Федерация; **ORCID** 0009-0002-1460-9944

Бахмурзиева Хава Темерлановна, врач-терапевт государственного бюджетного учреждения здравоохранения «Диагностический клинический центр № 1 Департамента здравоохранения города Москвы» филиал №4, Москва, Российская Федерация; **ORCID** 0009-0004-8935-2113

Короткова Арина Андреевна, студент федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования

Trusov Yuri A., cardiologist, assistant, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «Samara State Medical University» of the Ministry of Healthcare of the Russian Federation, Samara, Russian Federation; **ORCID** 0000-0001-6407-3880

Bazhinova Aleksandra S., Therapist, State Budgetary Healthcare Institution “Research Institution – Regional Clinical Hospital No.1 named after professor S.V. Ochapovsky” of the Ministry of Health of the Krasnodar Territory, Krasnodar, Russian Federation; **ORCID** 0009-0002-1460-9944

Bakhmurzieva Khava T., Therapist, State Budgetary Healthcare Institution “Diagnostic Clinical Center No. 1 of the Moscow City Health Department”, Branch No. 4, Moscow, Russian Federation; **ORCID** 0009-0004-8935-2113

Korotkova Arina A., student, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education “I.N. Ulianov Chuvash State University”,

«Чувашский государственный университет имени И.Н. Ульянова», Чебоксары, Российская Федерация; **ORCID** 0009-0008-2307-0323

Немешкин Никита Иванович, студент федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Чувашский государственный университет имени И.Н. Ульянова», Чебоксары, Российская Федерация; **ORCID** 0000-0002-2564-7236

Шагарова Екатерина Константиновна, студент федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Оренбургский государственный медицинский университет» Министерства здравоохранения Российской Федерации, Оренбург, Российская Федерация; **ORCID** 0009-0000-9307-6749

Степаненко Анастасия Вячеславовна, студент федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Оренбургский государственный медицинский университет» Министерства здравоохранения Российской Федерации, Оренбург, Российская Федерация; **ORCID** 0009-0003-1897-5527

Избасова Мадина Ахметгалиевна, студент федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Оренбургский государственный медицинский университет» Министерства здравоохранения Российской Федерации, Оренбург, Российская Федерация; **ORCID** 0009-0003-2916-4500

Бычкова Дарья Алексеевна, студент федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Российский национальный исследовательский медицинский университет имени Н.И. Пирогова» Министерства здравоохранения Российской Федерации, Москва, Российская Федерация; **ORCID** 0009-0001-1998-7867

Рогозина Ксения Андреевна, студент федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Российский национальный исследовательский медицинский университет имени Н.И. Пирогова» Министерства здравоохранения Российской Федерации, Москва, Российская Федерация; **ORCID** 0009-0005-1125-6022

Фризен Виктория Алексеевна, студент федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Первый Санкт-Петербургский государственный медицинский университет имени академика И.П. Павлова» Министерства здравоохранения Российской Федерации, Санкт-Петербург, Российская Федерация; **ORCID** 0009-0005-1218-2424

Диденко Дарья Олеговна, студент федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Крымский федеральный университет имени В.И. Вернадского»,

Cheboksary, Russian Federation; **ORCID** 0009-0008-2307-0323

Nemeshkin Nikita I., student, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education “I.N. Ulianov Chuvash State University”, Cheboksary, Russian Federation; **ORCID** 0000-0002-2564-7236

Shagarova Ekaterina K., student, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education “Orenburg State Medical University” of the Ministry of Health of the Russian Federation, Russian Federation; **ORCID** 0009-0000-9307-6749

Stepanenko Anastasia V., student, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education “Orenburg State Medical University” of the Ministry of Health of the Russian Federation, Russian Federation; **ORCID** 0009-0003-1897-5527

Избасова Madina A., student, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education “Orenburg State Medical University” of the Ministry of Health of the Russian Federation, Russian Federation; **ORCID** 0009-0003-2916-4500

Bychkova Darya A., student, Federal State Autonomous Educational Institution of Higher Education «N.I. Pirogov Russian National Research Medical University» of the Ministry of Health of the Russian Federation, Moscow, Russian Federation; **ORCID** 0009-0001-1998-7867

Rogozina Ksenia A., student, Federal State Autonomous Educational Institution of Higher Education «N.I. Pirogov Russian National Research Medical University» of the Ministry of Health of the Russian Federation, Moscow, Russian Federation; **ORCID** 0009-0005-1125-6022

Frisen Victoria A., student, Pavlov First Saint Petersburg State Medical University, St. Petersburg, Russian Federation; **ORCID** 0009-0005-1218-2424

Didenko Darya O., student, V.I. Vernadsky Crimean Federal University, Simferopol, Russian Federation; **ORCID** 0009-0003-0931-3943

Симферополь, Российская Федерация; **ORCID** 0009-0003-0931-3943

Узденов Имран Рустамович, студент федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Северо-Кавказская государственная академия», Черкесск, Российская Федерация; **ORCID** 0009-0009-6861-6649

Узденова Мариям Рустамовна, студент федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Северо-Кавказская государственная академия», Черкесск, Российская Федерация; **ORCID** 0009-0002-0548-4756

Uzdenov Imran R., student, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education “North-Caucasus State Academy”, Cherkessk, Russian Federation; **ORCID** 0009-0009-6861-6649

Uzdenova Mariam R., student, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education “North-Caucasus State Academy”, Cherkessk, Russian Federation; **ORCID** 0009-0002-0548-4756

Вклад авторов

ЮАТ – вклад в концепцию исследования, интерпретация данных исследования, корректировка статьи, утверждение окончательной версии для публикации, полная ответственность за содержание

АСБ – получение и интерпретация данных исследования, корректировка статьи, утверждение окончательной версии для публикации, полная ответственность за содержание

ХТБ – анализ данных исследования, написание статьи, утверждение окончательной версии для публикации, полная ответственность за содержание

ААК – получение и интерпретация данных исследования, написание статьи, утверждение окончательной версии для публикации, полная ответственность за содержание

НИН – получение и интерпретация данных исследования, написание статьи, утверждение окончательной версии для публикации, полная ответственность за содержание

ЕКШ – интерпретация данных исследования, корректировка статьи, утверждение окончательной версии для публикации, полная ответственность за содержание

АВС – интерпретация данных исследования, корректировка статьи, утверждение окончательной версии для публикации, полная ответственность за содержание

МАИ – интерпретация данных исследования, корректировка статьи, утверждение окончательной версии для публикации, полная ответственность за содержание

ДАБ – интерпретация данных исследования, написание статьи, утверждение окончательной версии для публикации, полная ответственность за содержание

КАР – интерпретация данных исследования, написание статьи, утверждение окончательной версии для публикации, полная ответственность за содержание

YuAT – contribution to the concept of the study, data interpretation, editing, approval of the final version, fully responsible for the content

ASB – data collection and interpretation, editing, approval of the final version, fully responsible for the content

KhTB – data analysis, manuscript writing, approval of the final version, fully responsible for the content

AAK – data collection and interpretation, manuscript writing, approval of the final version, fully responsible for the content

NIN – data collection and interpretation, manuscript writing, approval of the final version, fully responsible for the content

EKSh – data interpretation, editing, approval of the final version, fully responsible for the content

AVS – data interpretation, editing, approval of the final version, fully responsible for the content

MAI – data interpretation, editing, approval of the final version, fully responsible for the content

DAB – data interpretation, manuscript writing, approval of the final version, fully responsible for the content

KAR – data interpretation, manuscript writing, approval of the final version, fully responsible for the content

ВАФ – анализ данных исследования, корректировка статьи, утверждение окончательной версии для публикации, полная ответственность за содержание

ДОД – интерпретация данных исследования, корректировка статьи, утверждение окончательной версии для публикации, полная ответственность за содержание

ИРУ – анализ и интерпретация данных исследования, корректировка статьи, утверждение окончательной версии для публикации, полная ответственность за содержание

МРУ – анализ и интерпретация данных исследования, корректировка статьи, утверждение окончательной версии для публикации, полная ответственность за содержание

VAF – data analysis, editing, approval of the final version, fully responsible for the content

DOD – data interpretation, editing, approval of the final version, fully responsible for the content

IRU – data analysis and interpretation, editing, approval of the final version, fully responsible for the content

MRU – data analysis and interpretation, editing, approval of the final version, fully responsible for the content

Список литературы

1. Ларионов А.А., Гапонов Д.П., Горбунов М.Г., и др. Ретроградная реканализация хронических тотальных окклюзий коронарных артерий. Креативная хирургия и онкология. 2017;7(1):10-15. [Larionov A.A., Gaponov D.P., Gorbunov M.G., et al. Retrograde recanalisation of coronary chronic total occlusions. Creative surgery and oncology. 2017;7(1):10-15. (In Russ.)] <https://doi.org/10.24060/2076-3093-2017-7-1-10-15>
2. Бадоян А.Г., Хелимский Д.А., Шермук А.А., и др. Хронические окклюзии коронарных артерий: когда польза превышает риск? Российский кардиологический журнал. 2019;(8):116-123. [Badoyan A.G., Khelimsky D.A., Shermuk A.A., et al. Chronic coronary artery occlusion: when does the benefit outweigh the risk? Russian Journal of Cardiology. 2019;(8):116-123. (In Russ.)] <https://doi.org/10.15829/1560-4071-2019-8-116-123>
3. Othman H, Seth M, Zein R, et al. BMC2 Investigators. Percutaneous Coronary Intervention for Chronic Total Occlusion-The Michigan Experience: Insights From the BMC2 Registry. JACC Cardiovasc Interv. 2020;13(11):1357-1368. doi: 10.1016/j.jcin.2020.02.025.
4. Brilakis ES, Mashayekhi K, Tsuchikane E, et al. Guiding Principles for Chronic Total Occlusion Percutaneous Coronary Intervention. Circulation. 2019;140(5):420-433. doi: 10.1161/CIRCULATIONAHA.119.039797.
5. Хелимский Д.А., Крестьянинов О.В., Бадоян А.Г., и др. Прогностическая модель для выбора методики реканализации хронических окклюзий коронарных артерий. Комплексные проблемы сердечно-сосудистых заболеваний. 2018;7(4):51-61. [Khelimskii D.A., Krestyaninov O.V., Badoyan A.G., Ponomarev D.N., Pokushalov E.A. Predictive score for choosing strategy for chronically occluded coronary artery recanalization. Complex Issues of Cardiovascular Diseases. 2018;7(4):51-61. (In Russ.)] <https://doi.org/10.17802/2306-1278-2018-7-4-51-61>
6. Writing Committee Members; Lawton JS, Tamis-Holland JE, et al. 2021 ACC/AHA/SCAI Guideline for Coronary Artery Revascularization: A Report of the American College of Cardiology/American Heart Association Joint Committee on Clinical Practice Guidelines. J Am Coll Cardiol. 2022;79(2):e21-e129. doi: 10.1016/j.jacc.2021.09.006.
7. Neumann FJ, Sousa-Uva M, Ahlsson A, et al. ESC Scientific Document Group. 2018 ESC/EACTS Guidelines on myocardial revascularization. Eur Heart J. 2019;40(2):87-165. doi: 10.1093/eurheartj/ehy394.
8. Galassi AR, Boukhris M, Toma A, et al. Percutaneous Coronary Intervention of Chronic Total Occlusions in Patients With Low Left Ventricular Ejection Fraction. JACC Cardiovasc Interv. 2017;10(21):2158-2170. doi: 10.1016/j.jcin.2017.06.058.

9. Juricic SA, Tesic MB, Galassi AR, et al. Randomized Controlled Comparison of Optimal Medical Therapy with Percutaneous Recanalization of Chronic Total Occlusion (COMET-CTO). *Int Heart J*. 2021;62(1):16-22. doi: 10.1536/ihj.20-427
10. Obedinskiy AA, Kretov EI, Boukhris M, et al. The IMPACTOR-CTO Trial. *JACC Cardiovasc Interv*. 2018;11(13):1309-1311. doi: 10.1016/j.jcin.2018.04.017.
11. Werner GS, Martin-Yuste V, Hildick-Smith D, et al. EUROCTO trial investigators. A randomized multicentre trial to compare revascularization with optimal medical therapy for the treatment of chronic total coronary occlusions. *Eur Heart J*. 2018;39(26):2484-2493. doi: 10.1093/eurheartj/ehy220.
12. Lee SW, Lee PH, Ahn JM, et al. Randomized Trial Evaluating Percutaneous Coronary Intervention for the Treatment of Chronic Total Occlusion. *Circulation*. 2019;139(14):1674-1683. doi: 10.1161/CIRCULATIONAHA.118.031313.
13. Kucukseymen S, Iannaccone M, Grantham JA, et al. Association of Successful Percutaneous Revascularization of Chronic Total Occlusions With Quality of Life: A Systematic Review and Meta-Analysis. *JAMA Netw Open*. 2023;6(7):e2324522. doi: 10.1001/jamanetworkopen.2023.24522
14. Reddy RK, Howard JP, Jamil Y, et al. Percutaneous Coronary Revascularization Strategies After Myocardial Infarction: A Systematic Review and Network Meta-Analysis. *J Am Coll Cardiol*. 2024;84(3):276-294. doi: 10.1016/j.jacc.2024.04.051.
15. Mehta SR, Wood DA, Storey RF, et al. COMPLETE Trial Steering Committee and Investigators. Complete Revascularization with Multivessel PCI for Myocardial Infarction. *N Engl J Med*. 2019;381(15):1411-1421. doi: 10.1056/NEJMoa1907775.
16. Biscaglia S, Guiducci V, Escaned J, et al. FIRE Trial Investigators. Complete or Culprit-Only PCI in Older Patients with Myocardial Infarction. *N Engl J Med*. 2023;389(10):889-898. doi: 10.1056/NEJMoa2300468
17. Farooq V, Serruys PW, Bourantas CV, et al. Quantification of incomplete revascularization and its association with five-year mortality in the synergy between percutaneous coronary intervention with taxus and cardiac surgery (SYNTAX) trial validation of the residual SYNTAX score. *Circulation*. 2013;128(2):141-51. doi: 10.1161/CIRCULATIONAHA.113.001803.
18. Takahashi K, Serruys PW, Gao C, et al. SYNTAX Extended Survival Study Investigators. Ten-Year All-Cause Death According to Completeness of Revascularization in Patients With Three-Vessel Disease or Left Main Coronary Artery Disease: Insights From the SYNTAX Extended Survival Study. *Circulation*. 2021;144(2):96-109. doi: 10.1161/CIRCULATIONAHA.120.046289.
19. Maestre-Luque LC, Gonzalez-Manzanares R, Suárez de Lezo J, et al. Complete vs. incomplete percutaneous revascularization in patients with chronic total coronary artery occlusion. *Front Cardiovasc Med*. 2024;11:1443258. doi: 10.3389/fcvm.2024.1443258.
20. Megaly M, Saad M, Tajti P, et al. Meta-analysis of the impact of successful chronic total occlusion percutaneous coronary intervention on left ventricular systolic function and reverse remodeling. *J Interv Cardiol*. 2018 Oct;31(5):562-571. doi: 10.1111/joic.12538.
21. Schumacher SP, Everaars H, Stuijzand WJ, et al. Viability and functional recovery after chronic total occlusion percutaneous coronary intervention. *Catheter Cardiovasc Interv*. 2021;98(5):E668-E676. doi: 10.1002/ccd.29888.
22. Iannaccone M, Nombela-Franco L, Gallone G, et al. Impact of Successful Chronic Coronary Total Occlusion Recanalization on Recurrence of Ventricular Arrhythmias in Implantable Cardioverter-Defibrillator Recipients for Ischemic Cardiomyopathy (VACTO PCI Study). *Cardiovasc Revasc Med*. 2022;43:104-111. doi: 10.1016/j.carrev.2022.03.029.
23. Henriques JP, Hoebbers LP, Råmunddal T, et al. EXPLORE Trial Investigators. Percutaneous Intervention for Concurrent Chronic Total Occlusions in Patients With STEMI: The EXPLORE Trial. *J Am Coll Cardiol*. 2016;68(15):1622-1632. doi: 10.1016/j.jacc.2016.07.744.
24. Råmunddal T, Holck EN, Karim S, et al. International randomized trial on the effect of revascularization or optimal medical therapy of chronic total coronary occlusions with myocardial ischemia

- ISCHEMIA-CTO trial - rationale and design. *Am Heart J.* 2023;257:41-50. doi: 10.1016/j.ahj.2022.11.016.
25. Khan S, Fawaz S, Simpson R, et al. The challenges of a randomised placebo-controlled trial of CTO PCI vs. placebo with optimal medical therapy: The ORBITA-CTO pilot study design and protocol. *Front Cardiovasc Med.* 2023;10:1172763. doi: 10.3389/fcvm.2023.1172763.
26. Christensen MK, Eftekhari A, Raungaard B, et al. Impact of Percutaneous Intervention Compared to Pharmaceutical Therapy on Complex Arrhythmias in Patients With Chronic Total Coronary Occlusion. Rationale and Design of the CTO-ARRHYTHMIA Study. *Cardiovasc Revasc Med.* 2023;54:69-72. doi: 10.1016/j.carrev.2023.04.001.
27. Thomas M, Jones PG, Arnold SV, Spertus JA. Interpretation of the Seattle Angina Questionnaire as an Outcome Measure in Clinical Trials and Clinical Care: A Review. *JAMA Cardiol.* 2021;6(5):593-599. doi: 10.1001/jamacardio.2020.7478.
28. Gorgulu S, Kostantinis S, ElGuindy AM, et al. Contemporary In-Hospital Outcomes of Chronic Total Occlusion Percutaneous Coronary Interventions: Insights from the MENATA (Middle East, North Africa, Turkey, and Asia) Chapter of the PROGRESS-CTO Registry. *Am J Cardiol.* 2023;206:221-229. doi: 10.1016/j.amjcard.2023.08.103.
29. Simsek B, Kostantinis S, Karacsonyi J, et al. Predicting Periprocedural Complications in Chronic Total Occlusion Percutaneous Coronary Intervention: The PROGRESS-CTO Complication Scores. *JACC Cardiovasc Interv.* 2022;15(14):1413-1422. doi: 10.1016/j.jcin.2022.06.007.
30. Allana SS, Kostantinis S, Simsek B, et al. Lesion complexity and procedural outcomes associated with ostial chronic total occlusions: Insights from the PROGRESS-CTO Registry. *J Invasive Cardiol.* 2023;35(12). doi: 10.25270/jic/23.00034.
31. Allana SS, Kostantinis S, Simsek B, et al. Distal Target Vessel Quality and Outcomes of Chronic Total Occlusion Percutaneous Coronary Intervention. *JACC Cardiovasc Interv.* 2023;16(12):1490-1500. doi: 10.1016/j.jcin.2023.03.007.
32. Alexandrou M, Kostantinis S, Rempakos A, et al. Outcomes of Chronic Total Occlusion Percutaneous Coronary Interventions in Patients With Previous Coronary Artery Bypass Graft Surgery. *Am J Cardiol.* 2023;205:40-49. doi: 10.1016/j.amjcard.2023.07.112.
33. Allana SS, Kostantinis S, Rempakos A, et al. The Retrograde Approach to Chronic Total Occlusion Percutaneous Coronary Interventions: Technical Analysis and Procedural Outcomes. *JACC Cardiovasc Interv.* 2023;16(22):2748-2762. doi: 10.1016/j.jcin.2023.08.031.
34. Tajti P, Xenogiannis I, Gargoulas F, et al. Technical and procedural outcomes of the retrograde approach to chronic total occlusion interventions. *EuroIntervention.* 2020;16(11):e891-e899. doi: 10.4244/EIJ-D-19-00441.
35. Kostantinis S, Simsek B, Karacsonyi J, et al. Development and validation of a scoring system for predicting clinical coronary artery perforation during percutaneous coronary intervention of chronic total occlusions: the PROGRESS-CTO perforation score. *EuroIntervention.* 2023;18(12):1022-1030. doi: 10.4244/EIJ-D-22-00593.
36. Azzalini L, Poletti E, Ayoub M, et al. Coronary artery perforation during chronic total occlusion percutaneous coronary intervention: epidemiology, mechanisms, management, and outcomes. *EuroIntervention.* 2019;15(9):e804-e811. doi: 10.4244/EIJ-D-19-00282.
37. Kostantinis S, Rempakos A, Simsek B, et al. Incidence, mechanisms, treatment, and outcomes of donor vessel injury during percutaneous coronary interventions for chronic total occlusion. *Catheter Cardiovasc Interv.* 2023;102(4):585-593. doi: 10.1002/ccd.30798.
38. Simsek B, Rempakos A, Kostantinis S, et al. Periprocedural Mortality in Chronic Total Occlusion Percutaneous Coronary Intervention: Insights From the PROGRESS-CTO Registry. *Circ Cardiovasc Interv.* 2023;16(6):e012977. doi: 10.1161/CIRCINTERVENTIONS.123.012977.
39. Tajti P, Karpaliotis D, Alaswad K, et al. The Hybrid Approach to Chronic Total Occlusion Percutaneous Coronary Intervention: Update From the PROGRESS CTO Registry. *JACC Cardiovasc Interv.* 2018;11(14):1325-1335. doi: 10.1016/j.jcin.2018.02.036.

40. Sapontis J, Salisbury AC, Yeh RW, et al. Early Procedural and Health Status Outcomes After Chronic Total Occlusion Angioplasty: A Report From the OPEN-CTO Registry (Outcomes, Patient Health Status, and Efficiency in Chronic Total Occlusion Hybrid Procedures). *JACC Cardiovasc Interv.* 2017;10(15):1523-1534. doi: 10.1016/j.jcin.2017.05.065
41. Meijers TA, Aminian A, Valgimigli M, et al. Vascular Access in Percutaneous Coronary Intervention of Chronic Total Occlusions: A State-of-the-Art Review. *Circ Cardiovasc Interv.* 2023;16(8):e013009. doi: 10.1161/CIRCINTERVENTIONS.123.013009
42. Christakopoulos GE, Christopoulos G, Karpaliotis D, et al. Predictors of Excess Patient Radiation Exposure During Chronic Total Occlusion Coronary Intervention: Insights From a Contemporary Multicentre Registry. *Can J Cardiol.* 2017;33(4):478-484. doi: 10.1016/j.cjca.2016.11.002.
43. Vemmou E, Alaswad K, Khatri JJ, et al. Patient Radiation Dose During Chronic Total Occlusion Percutaneous Coronary Intervention: Insights From the PROGRESS-CTO Registry. *Circ Cardiovasc Interv.* 2020;13(10):e009412. doi: 10.1161/CIRCINTERVENTIONS.120.009412.
44. Roguin A, Wu P, Cohoon T, et al. Update on Radiation Safety in the Cath Lab - Moving Toward a "Lead-Free" Environment. *J Soc Cardiovasc Angiogr Interv.* 2023;2(4):101040. doi: 10.1016/j.jscai.2023.101040.
45. Danek BA, Karatasakis A, Karpaliotis D, et al. Development and Validation of a Scoring System for Predicting Periprocedural Complications During Percutaneous Coronary Interventions of Chronic Total Occlusions: The Prospective Global Registry for the Study of Chronic Total Occlusion Intervention (PROGRESS CTO) Complications Score. *J Am Heart Assoc.* 2016;5(10):e004272. doi: 10.1161/JAHA.116.004272
46. Virani SS, Newby LK, Arnold SV, et al. 2023 AHA/ACC/ACCP/ASPC/NLA/PCNA Guideline for the Management of Patients With Chronic Coronary Disease: A Report of the American Heart Association/American College of Cardiology Joint Committee on Clinical Practice Guidelines. *Circulation.* 2023;148(9):e9-e119. doi: 10.1161/CIR.0000000000001168.
47. Young MN, Secemsky EA, Kaltenbach LA, Jaffer FA, Grantham JA, Rao SV, Yeh RW. Examining the Operator Learning Curve for Percutaneous Coronary Intervention of Chronic Total Occlusions. *Circ Cardiovasc Interv.* 2019 Aug;12(8):e007877. doi: 10.1161/CIRCINTERVENTIONS.119.007877.
48. Brilakis ES, Banerjee S, Karpaliotis D, et al. Procedural outcomes of chronic total occlusion percutaneous coronary intervention: a report from the NCDR (National Cardiovascular Data Registry). *JACC Cardiovasc Interv.* 2015;8(2):245-253. doi: 10.1016/j.jcin.2014.08.014.
49. Zein R, Seth M, Othman H, et al. Association of Operator and Hospital Experience With Procedural Success Rates and Outcomes in Patients Undergoing Percutaneous Coronary Interventions for Chronic Total Occlusions: Insights From the Blue Cross Blue Shield of Michigan Cardiovascular Consortium. *Circ Cardiovasc Interv.* 2020;13(8):e008863. doi: 10.1161/CIRCINTERVENTIONS.119.008863.
50. Karacsonyi J, Tsiafoutis I, Alaswad K, et al. Association of Annual Operator Volume With the Outcomes of Chronic Total Occlusion Percutaneous Coronary Intervention. *J Invasive Cardiol.* 2022;34(9):E645-E652. doi: 10.25270/jic/22.00024.
51. Simsek B, Rempakos A, Kostantinis S, et al. Frequency and outcomes of ad hoc chronic total occlusion percutaneous coronary intervention: insights from the progress-cto registry. *J Invasive Cardiol.* 2023;35(7):E329-E340. doi: 10.25270/jic/23.00070.
52. Бойраз Б., Аггул Б., Эртюрк Э., и др. Краткосрочные и отдаленные результаты чрескожных коронарных вмешательств, выполненных в больнице без отделения кардиохирургии, при поражениях высокого и низкого риска. *Кардиология.* 2021;61(12):66-71. [Boyras B., Aggul B., Erturk E., et al. Short- and long-term outcomes of percutaneous coronary interventions of high-risk vs. low-risk lesions performed at a hospital without an on-site cardiac surgery unit. *Kardiologia.* 2021;61(12):66-71.] <https://doi.org/10.18087/cardio.2021.12.n1757>
53. Сафонова О.О., Максимкин Д.А., Чепурной А.Г., Шугушев З.Х. Баллонные катетеры с лекарственным покрытием в лечении бифуркационных поражений ствола левой коронарной артерии. *Кардиология и сердечно-сосудистая хирургия.* 2022;15(6):554-559. [Safonova OO,

Maksimkin DA, Chepurnoy AG, Shugushev ZKh. Drug-eluting balloon catheters in the treatment of left main coronary artery bifurcation lesions. *Russian Journal of Cardiology and Cardiovascular Surgery*. 2022;15(6):554-559. (In Russ.)] <https://doi.org/10.17116/kardio202215061554>

54. Стельмашок В.И., Полонецкий О.Л., Стриго Н.П., и др. Принципы выбора коронарного проводника при реканализации хронических окклюзионных поражений коронарных артерий антеградным доступом. *Евразийский кардиологический журнал*. 2017; (1): 16-23. [Stelmashok V.I., Polonetsky O.L., Strigo N.P., et al. Principles of choosing a coronary artery during recanalization of chronic occlusive lesions of the coronary arteries by antegrade access. *Eurasian Journal of Cardiology*. 2017; (1): 16-23.]

55. Vemmou E, Nikolakopoulos I, Xenogiannis I, et al. Recent advances in microcatheter technology for the treatment of chronic total occlusions. *Expert Rev Med Devices*. 2019;16(4):267-273. doi: 10.1080/17434440.2019.1602039.

56. Пашаев Р.А., Ширяев А.А., Миронов В.М., и др. Реваскуляризация миокарда у пациентов с кальцинозом коронарных артерий: систематический обзор и метаанализ. *Российский кардиологический журнал*. 2024;29(11S):5694. [Pashayev R.A., Shiryaev A.A., Mironov V.M., et al. Myocardial revascularization in patients with coronary artery calcification: a systematic review and meta-analysis. *Russian Journal of Cardiology*. 2024;29(11S):5694. (In Russ.)] <https://doi.org/10.15829/1560-4071-2024-5694>

57. Зауралов О.Е., Ардеев В.Н., Демин В.В., и др. Роль внутрисосудистой визуализации и физиологической оценки коронарного кровотока в определении стратегии лечения у пациентов с острым коронарным синдромом. Анализ итогов работы Российского регистра по использованию внутрисосудистых методов визуализации и физиологии за 2021–2022 гг.. *Кардиологический вестник*. 2024;19(3):43-52. [Zauralov OE, Ardeev VN, Demin VV, et al. Intravascular imaging and physiological assessment of coronary blood flow for treatment strategy in patients with acute coronary syndrome. Analysis of Russian registry of intravascular imaging and physiological methods in 2021–2022. *Russian Cardiology Bulletin*. 2024;19(3):43-52. (In Russ.)] <https://doi.org/10.17116/Cardiobulletin2024190314>

58. Karacsonyi J, Deffenbacher K, Benzuly KH, et al. Use of Mechanical Circulatory Support in Chronic Total Occlusion Percutaneous Coronary Intervention. *Am J Cardiol*. 2023;189:76-85. doi: 10.1016/j.amjcard.2022.10.049.

59. Васильев Д.К., Руденко Б.А., Шаноян А.С., и др. Предикторы безуспешной эндоваскулярной реканализации хронических окклюзий коронарного русла. *Кардиоваскулярная терапия и профилактика*. 2021;20(3):2725. [Vasiliev D.K., Rudenko B.A., Shanoyan A.S., Shukurov F.B., Feshchenko D.A. Predictors of unsuccessful endovascular recanalization of coronary chronic total occlusion. *Cardiovascular Therapy and Prevention*. 2021;20(3):2725.] <https://doi.org/10.15829/1728-8800-2021-2725>

60. Moroni A, Poletti E, Scott B, et al. Prevalence of Collateral Typology in Coronary Chronic Total Occlusion and Its Impact on Percutaneous Intervention Performance. *Am J Cardiol*. 2024;210:153-162. doi: 10.1016/j.amjcard.2023.09.113.

61. Morino Y, Abe M, Morimoto T, et al. Predicting successful guidewire crossing through chronic total occlusion of native coronary lesions within 30 minutes: the J-CTO (Multicenter CTO Registry in Japan) score as a difficulty grading and time assessment tool. *JACC Cardiovasc Interv*. 2011 Feb;4(2):213-21. doi: 10.1016/j.jcin.2010.09.024.

62. Nombela-Franco L, Urena M, Jerez-Valero M, et al. Validation of the J-chronic total occlusion score for chronic total occlusion percutaneous coronary intervention in an independent contemporary cohort. *Circ Cardiovasc Interv*. 2013;6(6):635-43. doi: 10.1161/CIRCINTERVENTIONS.113.000447.

63. Wu EB, Brilakis ES, Mashayekhi K, et al. Global Chronic Total Occlusion Crossing Algorithm: JACC State-of-the-Art Review. *J Am Coll Cardiol*. 2021;78(8):840-853. doi: 10.1016/j.jacc.2021.05.055.

64. Brilakis ES, Grantham JA, Rinfret S, et al. A percutaneous treatment algorithm for crossing coronary chronic total occlusions. *JACC Cardiovasc Interv.* 2012;5(4):367-79. doi: 10.1016/j.jcin.2012.02.006.
65. McEntegart MB, Badar AA, Ahmad FA, et al. The collateral circulation of coronary chronic total occlusions. *EuroIntervention.* 2016;11(14):e1596-603. doi: 10.4244/EIJV11I14A310.
66. Huang CC, Lee CK, Meng SW, et al. Collateral Channel Size and Tortuosity Predict Retrograde Percutaneous Coronary Intervention Success for Chronic Total Occlusion. *Circ Cardiovasc Interv.* 2018;11(1):e005124. doi: 10.1161/CIRCINTERVENTIONS.117.005124.
67. Nagamatsu W, Tsuchikane E, Oikawa Y, et al. Successful guidewire crossing via collateral channel at retrograde percutaneous coronary intervention for chronic total occlusion: the J-Channel score. *EuroIntervention.* 2020;15(18):e1624-e1632. doi: 10.4244/EIJ-D-18-00993.
68. Werner GS, Ferrari M, Heinke S, et al. Angiographic assessment of collateral connections in comparison with invasively determined collateral function in chronic coronary occlusions. *Circulation.* 2003;107(15):1972-7. doi: 10.1161/01.CIR.0000061953.72662.3A.
69. Harding SA, Wu EB, Lo S, et al. A New Algorithm for Crossing Chronic Total Occlusions From the Asia Pacific Chronic Total Occlusion Club. *JACC Cardiovasc Interv.* 2017;10(21):2135-2143. doi: 10.1016/j.jcin.2017.06.071.
70. J Ge. Strategic roadmap of percutaneous coronary intervention for chronic total occlusions. *Cardiol Plus.* 2018; 3: 30-37.
71. Galassi AR, Werner GS, Boukhris M, et al. Percutaneous recanalisation of chronic total occlusions: 2019 consensus document from the EuroCTO Club. *EuroIntervention.* 2019;15(2):198-208. doi: 10.4244/EIJ-D-18-00826.
72. Christopoulos G, Wyman RM, Alaswad K, et al. Clinical Utility of the Japan-Chronic Total Occlusion Score in Coronary Chronic Total Occlusion Interventions: Results from a Multicenter Registry. *Circ Cardiovasc Interv.* 2015;8(7):e002171. doi: 10.1161/CIRCINTERVENTIONS.114.002171.
73. Christopoulos G, Kandzari DE, Yeh RW, et al. Development and Validation of a Novel Scoring System for Predicting Technical Success of Chronic Total Occlusion Percutaneous Coronary Interventions: The PROGRESS CTO (Prospective Global Registry for the Study of Chronic Total Occlusion Intervention) Score. *JACC Cardiovasc Interv.* 2016;9(1):1-9. doi: 10.1016/j.jcin.2015.09.022.
74. Szijgyarto Z, Rampat R, Werner GS, et al. Derivation and Validation of a Chronic Total Coronary Occlusion Intervention Procedural Success Score From the 20,000-Patient EuroCTO Registry: The EuroCTO (CASTLE) Score. *JACC Cardiovasc Interv.* 2019;12(4):335-342. doi: 10.1016/j.jcin.2018.11.020.
75. Karacsonyi J, Stanberry L, Alaswad K, et al. Predicting Technical Success of Chronic Total Occlusion Percutaneous Coronary Intervention: Comparison of 3 Scores. *Circ Cardiovasc Interv.* 2021;14(1):e009860. doi: 10.1161/CIRCINTERVENTIONS.120.009860.
76. Butala NM, Tamez H, Secemsky EA, et al. Predicting Residual Angina After Chronic Total Occlusion Percutaneous Coronary Intervention: Insights from the OPEN-CTO Registry. *J Am Heart Assoc.* 2022;11(10):e024056. doi: 10.1161/JAHA.121.024056.
77. Hirai T, Grantham JA, Sapontis J, et al. Development and validation of a prediction model for angiographic perforation during chronic total occlusion percutaneous coronary intervention: OPEN-CLEAN perforation score. *Catheter Cardiovasc Interv.* 2022;99(2):280-285. doi: 10.1002/ccd.29466.
78. Simsek B, Carlino M, Ojeda S, et al. Validation of the OPEN-CLEAN chronic total occlusion percutaneous coronary intervention perforation score in a multicenter registry. *Am J Cardiol.* 2023; 188: 30-35.
79. Simsek B, Tajti P, Carlino M, et al. External validation of the PROGRESS-CTO complication risk scores: Individual patient data pooled analysis of 3 registries. *Int J Cardiol.* 2023;375:14-20. doi: 10.1016/j.ijcard.2022.12.036.

80. Karacsonyi J, Stanberry L, Simsek B, et al. Development of a Novel Score to Predict Urgent Mechanical Circulatory Support in Chronic Total Occlusion Percutaneous Coronary Intervention. *Am J Cardiol.* 2023;202:111-118. doi: 10.1016/j.amjcard.2023.06.051.
81. Liu Y, Liu YH, Chen JY, et al. A simple pre-procedural risk score for contrast-induced nephropathy among patients with chronic total occlusion undergoing percutaneous coronary intervention. *Int J Cardiol.* 2015;180:69-71. doi: 10.1016/j.ijcard.2014.11.133.
82. Choi JH, Kim EK, Kim SM, et al. Noninvasive Discrimination of Coronary Chronic Total Occlusion and Subtotal Occlusion by Coronary Computed Tomography Angiography. *JACC Cardiovasc Interv.* 2015;8(9):1143-1153. doi: 10.1016/j.jcin.2015.03.042.
83. Werner GS. Use of Coronary Computed Tomographic Angiography to Facilitate Percutaneous Coronary Intervention of Chronic Total Occlusions. *Circ Cardiovasc Interv.* 2019;12(10):e007387. doi: 10.1161/CIRCINTERVENTIONS.119.007387.
84. Simsek B, Jaffer FA, Kostantinis S, et al. Preprocedural coronary computed tomography angiography in chronic total occlusion percutaneous coronary intervention: Insights from the PROGRESS-CTO registry. *Int J Cardiol.* 2022;367:20-25. doi: 10.1016/j.ijcard.2022.08.027.
85. Hong SJ, Kim BK, Cho I, et al. CT-CTO Investigators. Effect of Coronary CTA on Chronic Total Occlusion Percutaneous Coronary Intervention: A Randomized Trial. *JACC Cardiovasc Imaging.* 2021;14(10):1993-2004. doi: 10.1016/j.jcmg.2021.04.013.
86. Opolski MP, Achenbach S. CT Angiography for Revascularization of CTO: Crossing the Borders of Diagnosis and Treatment. *JACC Cardiovasc Imaging.* 2015;8(7):846-58. doi: 10.1016/j.jcmg.2015.05.001.
87. Rolf A, Werner GS, Schuhbäck A, et al. Preprocedural coronary CT angiography significantly improves success rates of PCI for chronic total occlusion. *Int J Cardiovasc Imaging.* 2013;29(8):1819-27. doi: 10.1007/s10554-013-0258-y.
88. Yokoyama N, Yamamoto Y, Suzuki S, et al. Impact of 16-slice computed tomography in percutaneous coronary intervention of chronic total occlusions. *Catheter Cardiovasc Interv.* 2006;68(1):1-7. doi: 10.1002/ccd.20734.
89. Opolski MP, Achenbach S, Schuhbäck A, et al. Coronary computed tomographic prediction rule for time-efficient guidewire crossing through chronic total occlusion: insights from the CT-RECTOR multicenter registry (Computed Tomography Registry of Chronic Total Occlusion Revascularization). *JACC Cardiovasc Interv.* 2015;8(2):257-267. doi: 10.1016/j.jcin.2014.07.031.
90. Poletti E, Ohashi H, Sonck J, et al. Coronary CT-Guided Minimalistic Hybrid Approach for Percutaneous Chronic Total Occlusion Recanalization. *JACC Cardiovasc Interv.* 2023;16(9):1107-1108. doi: 10.1016/j.jcin.2023.03.013.
91. Xenogiannis I, Jaffer FA, Shah AR, et al. Computed tomography angiography co-registration with real-time fluoroscopy in percutaneous coronary intervention for chronic total occlusions. *EuroIntervention.* 2021;17(5):e433-e435. doi: 10.4244/EIJ-D-20-00175.

Для цитирования Трусов Ю.А., Бажина А.С., Бахмурзиева Х.Т., Короткова А.А., Немешкин Н.И., Шагарова Е.К., Степаненко А.В., Избасова М.А., Бычкова Д.А., Rogozina К.А., Фризен В.А., Диденко Д.О., Узденов И.Р., Узденова М.Р. Хронические тотальные окклюзии коронарных артерий: современные возможности и вызовы интервенционного лечения. Комплексные проблемы сердечно-сосудистых заболеваний. 2025. Опубликовано онлайн 22.07.2025

To cite: Trusov Yu.A., Bazhinova A.S., Bakhmurzieva Kh.T., Korotkova A.A., Nemeshkin N.I., Shagarova E.K., Stepanenko A.V., Izbasova M.A., Bychkova D.A., Rogozina K.A., Frizen V.A., Didenko D.O., Uzdenov I.R., Uzdenova M.R. Chronic total occlusions of the coronary arteries: current opportunities and challenges in interventional treatment. *Complex Issues of Cardiovascular Diseases.* 2025. Published Online 22 July 2025