

Стельмашок В.И., Полонецкий О.Л., Стриго Н.П., Зацепин А.О., Бельский Е.В.,
Захаревич А.Н., Мрочек А.Г.

НОВЫЕ ВОЗМОЖНОСТИ РЕТРОГРАДНЫХ МЕТОДОВ РЕКАНАЛИЗАЦИИ ХРОНИЧЕСКИХ ОККЛЮЗИОННЫХ ПОРАЖЕНИЙ КОРОНАРНЫХ АРТЕРИЙ

Республиканский научно-практический центр «Кардиология»,
лаборатория неотложной и интервенционной кардиологии,
Минск, Беларусь

Stelmashok V.I., Polonetsky O.L., Strygo N.P., Zatsepin A.O., Belsky E.V.,
Zakharevich A.N., Mrochek A.G.

NEW FRONTIERS FOR RETROGRADE RECANALIZATION OF CHRONIC TOTAL OCCLUSIONS

Republican Scientific and Practical Center of Cardiology,
Minsk, Belarus

АННОТАЦИЯ

В статье суммированы современные представления об интервенционных способах ретроградной реканализации хронических окклюзионных поражений коронарных артерий, указаны преимущества и недостатки данных методов. Подробно описан принцип разработанного авторами нового интервенционного метода ретроградной реканализации хронических тотальных окклюзий коронарных артерий (метод CART-M), а также приведен клинический пример выполнения реканализации данным способом. Изложены потенциальные преимущества метода CART-M перед другими методами ретроградной реканализации хронических окклюзионных поражений коронарных артерий.

Ключевые слова: хронические тотальные окклюзии, коронарные артерии, ретроградный доступ, метод CART-M.

ABSTRACT

In article it was resumed modern concepts of interventional chronic total occlusion retrograde recanalization. It was introduced advantages and disadvantages of particular approaches. It was described created by authors new way of retrograde CTO recanalization (CART-M method) and clinical presentation of this method was shown. It was announced potential advantages of CART-M method comparing with other methods of CTO recanalization.

Key words: chronic total occlusion, coronary arteries, retrograde approach, method CART-M.

Сведения об авторах:

Полонецкий Олег Леонидович	РНПЦ «Кардиология», заведующий рентгеноперационной, канд. мед. наук, polonetsky@yandex.ru, +375296857004, 220036, Беларусь, Минск, ул. Р. Люксембург, 110; Republican Scientific and Practical Center of Cardiology, PhD, head of the operating roentgen, 220036, Belarus, Minsk, st. Rosa Luxemburg, 110
Стриго Николай Петрович	РНПЦ «Кардиология», рентгенэндоваскулярный хирург рентгеноперационной, strygo@tut.by, +375296383058, 220036, Беларусь, Минск, ул. Р. Люксембург, 110; Republican Scientific and Practical Center of Cardiology, endovascular surgeon of the operating roentgen, 220036, Belarus, Minsk, st. Rosa Luxemburg, 110
Зацепин Андрей Олегович	РНПЦ «Кардиология», рентгенэндоваскулярный хирург рентгеноперационной, andzatsepin@yahoo.com, +375296389332, 220036, Беларусь, Минск, ул. Р. Люксембург, 110; Republican Scientific and Practical Center of Cardiology, endovascular surgeon of the operating roentgen, 220036, Belarus, Minsk, st. Rosa Luxemburg, 110

Бельский Евгений Вячеславович	РНПЦ «Кардиология», рентгенэндоваскулярный хирург рентгеноперационной, belsky@tut.by, +375292535750, 220036, Беларусь, Минск, ул. Р. Люксембург, 110; Republican Scientific and Practical Center of Cardiology, endovascular surgeon of the operating roentgen, 220036, Belarus, Minsk, st. Rosa Luxemburg, 110
Захаревич Андрей Николаевич	РНПЦ «Кардиология», рентгенэндоваскулярный хирург рентгеноперационной, andr-zakharevi@yandex.ru, +375296858857, 220036, Беларусь, Минск, ул. Р. Люксембург, 110; Republican Scientific and Practical Center of Cardiology, endovascular surgeon of the operating roentgen, 220036, Belarus, Minsk, st. Rosa Luxemburg, 110
Мрочек Александр Геннадьевич	РНПЦ «Кардиология», директор Центра, академик НАН Беларуси, доктор мед. наук, профессор, a.mrochek@mail.by, +375172073762, 220036, Беларусь, Минск, ул. Р. Люксембург, 110; Republican Scientific and Practical Center of Cardiology, director, Academician of the National Academy of Sciences of Belarus, DM, Professor, 220036, Belarus, Minsk, st. Rosa Luxemburg, 110
Автор, ответственный за связь с редакцией: Стельмашок Валерий Иванович	РНПЦ «Кардиология», заведующий лабораторией неотложной и интервенционной кардиологии, канд. мед. наук, stelval@yandex.ru, +375293495774, 220036, Беларусь, Минск, ул. Р. Люксембург, 110; Republican Scientific and Practical Center of Cardiology, Head of the Laboratory of emergency and interventional cardiology, PhD, 220036, Belarus, Minsk, st. Rosa Luxemburg, 110

Хронические окклюзионные поражения коронарных артерий являются частой ангиографической находкой у пациентов, страдающих ишемической болезнью сердца (ИБС), и выявляются в среднем у 30% лиц с данной патологией [1-2].

Современная медицина обладает широким арсеналом рентгенэндоваскулярных методов, позволяющих выполнить реканализацию хронической тотальной окклюзии коронарной артерии. Принято выделять: 1) методы, предполагающие антеградный доступ (т.е. проведение рабочего инструментария сквозь толщу окклюзионной ткани в направлении от проксимальной капсулы окклюзионной ткани к дистальной капсуле, а затем в истинный сосудистый просвет дистальнее зоны окклюзии); 2) методы, предполагающие ретроградный доступ – проведение рабочего инструментария через межартериальные коллатерали из системы любой неокклюзированной артерии к дистальной части окклюзионной ткани с последующим выполнением реканализации в направлении от дистальной капсулы окклюзионной ткани к проксимальной капсуле [3-5].

Следует отметить, что в большинстве случаев в качестве первого выбора отдается предпочтение использованию антеградных методов реканализации. Однако, несмотря на кажущуюся их техническую простоту, средняя частота процедурного успеха даже в центрах, имеющих большой опыт работы с хроническими окклюзионными поражениями коронарных артерий, не превышает 83-90% [3-4, 6].

Внедрение в клиническую практику ретроградных методов позволяет повысить частоту успеха реканализации хронических тотальных окклюзий коронарных артерий. Патогенетическим обоснованием использования ретроградного доступа в клинической практике может служить представление о строении дистальной капсулы окклюзионной ткани. Установлено, что наибольшее количество богатых коллагеном фиброзных элементов локализуется в области проксимальной части окклюзии, тогда как строение окклюзионной ткани в области дистальной капсулы зачастую более рыхлое [7-9]. Имеет значение и форма окклюзионной ткани в области дистальной капсулы: так, если рассмотреть дистальную капсулу из проксимальных отделов, то она выглядит в виде выпуклой сферы, тогда как при обзоре дистальной части окклюзионной ткани

из дистальных отделов артерии она выглядит в виде вогнутой сферы. Описанные особенности строения и форма дистальной капсулы создают благоприятные условия для пенетрации окклюзионной ткани коронарным проводником, проводимым из дистальных участков артерии, препятствуя его проскальзыванию в субинтимальное пространство [10].

В настоящее время «истинным» ретроградным методом реканализации хронических окклюзий коронарных артерий является транслюминальное ретроградное прохождение окклюзии одним проводником. Однако в большинстве случаев при ретроградном доступе используется так называемый «билатеральный подход», предполагающий одновременную манипуляцию и антеградно, и ретроградно проводимыми проводниками. К числу методов реканализации, использующихся при билатеральном подходе, относят следующие [11-12]: 1) применение метода «целующихся» проводников (kissing wire technique); 2) использование ретроградно проводимого проводника в качестве маркера (marker wire technique); 3) методы, связанные с формированием управляемых диссекций интимы (CART, knuckle technique, reverse CART).

Метод транслюминального ретроградного прохождения окклюзии одним проводником идеологически похож на способ транслюминального антеградного прохождения окклюзии одним проводником с той только разницей, что при ретроградном доступе реканализация выполняется в направлении от дистальной капсулы к проксимальной капсуле окклюзионной ткани. В то же время, учитывая достаточно извитой и длинный путь, необходимый для ретроградного подведения проводника к окклюзионной ткани (неокклюзированная донорская артерия – межартериальные коллатерали – дистальный участок артерии-реципиента перед дистальной капсулой окклюзионной ткани), управляемость данным проводником зачастую является недостаточно хорошей, что и обуславливает недостаточно высокую эффективность данного способа реканализации, составляющую около 30% [10,13].

В ходе выполнения реканализации с использованием «целующихся» проводников первоначально проводится ретроградный проводник через толщу окклюзионной ткани до проксимальной капсулы бляшки. Затем антеградным проводником выполняется пункция проксимальной капсулы бляш-

ки в направлении хода движения ретроградного проводника, после чего ретроградный проводник через образовавшийся вследствие манипуляции антеградным проводником канал проводится сквозь проксимальную капсулу бляшки в истинный просвет проксимальнее зоны окклюзии. В клинической практике данный метод используется обычно тогда, когда отсутствуют возможности выполнения ретроградной реканализации при помощи других способов (CART, reverse CART и knuckle technique) [10].

Использование ретроградно проводимого проводника в качестве маркера (marker wire technique) предполагает проведение ретроградного проводника за дистальную капсулу бляшки, после чего выполняется реканализация окклюзии антеградным проводником, ориентируясь на ретроградно проведенный проводник как на маркер [13].

Достаточно часто при ретроградном доступе используются способы реканализации, связанные с формированием управляемых диссекций интимы (CART, reverse CART, knuckle technique). Принцип метода CART заключается в проведении ретроградного проводника через дистальную капсулу окклюзии в субинтимальное пространство, после чего в данную зону ретроградно проводится OTW-баллон, и выполняется расширение субинтимального пространства на давлении 2-4 атмосферы [11]. Затем антеградный проводник проводится в созданное вследствие дилатации ретроградного баллона субинтимальное пространство, а оттуда – в истинный просвет дистальнее зоны окклюзии. Недостатком данного метода (по сравнению с другими техниками ретроградной реканализации) является более высокий риск повреждения коллатералей в ходе манипулирования ретроградно проводимым баллоном [10]. Разновидностью метода CART является knuckle technique, отличающаяся тем, что расширение субинтимального пространства осуществляется не вследствие раздутия баллона, а при манипуляции свернутой в кольцо дистальной частью ретроградного проводника [14].

Метод reverse CART отличается от способа CART тем, что антеградный проводник проводится через проксимальную капсулу окклюзии в субинтимальное пространство, куда затем доставляется баллон, и выполняется дилатация субинтимального пространства [14]. После этого в образовавшееся субинтимальное пространство проводится ретроградный проводник, который затем продвигается в истинный просвет проксимальнее зоны окклюзии. По сравнению с технологией CART данный метод более безопасен, так как минимизирует риск повреждения межартериальных коллатералей.

Клиническая эффективность методов ретроградной реканализации была изучена в ряде независимых исследований [3-4, 13].

В многоцентровом исследовании, выполненном в 7-ми европейских центрах (175 пациентов) [13], ретроградная реканализация наиболее часто выполнялась способами knuckle technique (в 48% случаев), транслюминального ретроградного прохождения окклюзии одним проводником (у 29% пациентов), тогда как у 24% лиц использовался метод CART. При этом частота успеха ретроградной реканализации составила 89% для лиц, у которых ретроградная стратегия была избрана в качестве первичной стратегии; 66% в случаях проведения немедленной ретроградной реканализации после неуспешной процедуры антеградной реканализации и 88% при выполнении отсроченной ретроградной реканализации после ранее

неуспешно выполненных попыток антеградной реканализации.

С результатами работы [13] согласуются данные японского регистра J-CO [4]. Авторами было показано, что для лиц, у которых ретроградная реканализация была избрана в качестве первичной стратегии успех вмешательства наблюдался в 79,2% случаев, при проведении немедленной ретроградной реканализации после неуспешной процедуры антеградной реканализации успех вмешательства был достигнут у 74,2% пациентов, при выполнении отсроченной ретроградной реканализации после ранее неуспешных попыток антеградной реканализации успех вмешательства был получен в 67,9% случаев.

Обобщая данные исследований [3-4, 13], следует отметить, что, несмотря на определенную оптимизацию результатов, достигаемую при применении ретроградных методов реканализации, частота успеха составляет 64,5–89%. При этом если неуспех ретроградного прохождения окклюзионного поражения в случаях использования одного проводника, а также “целующимися проводниками” обычно обусловлен сложностью осуществления точной манипуляции ретроградным проводником, то неуспех существующих диссекционных методов (CART, knuckle technique, reverse CART) объясняется сложностью совмещения антеградного и ретроградного проводников в одном формируемом субинтимальном канале. Важная роль здесь отводится непостоянству размера просвета формируемого субинтимального канала, который увеличивается при раздутии баллона и быстро спадается сразу же после осуществления сдувания баллонного катетера.

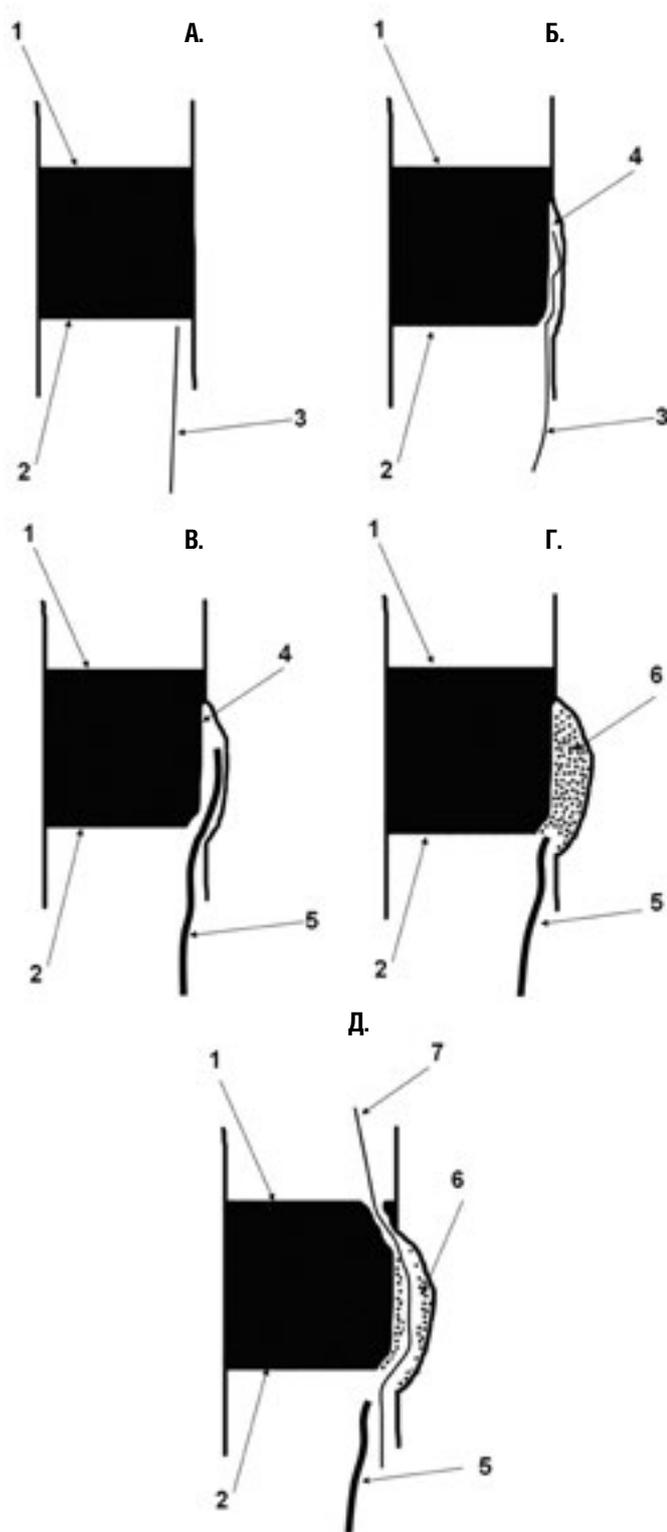
МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Нами предложен новый диссекционный способ ретроградной реканализации хронических окклюзионных поражений коронарных артерий, представляющий модификацию метода CART (метод CART-M).

Схема пошагового выполнения ретроградной реканализации хронической окклюзии методом CART-M изображена на рис. 1. Первоначально осуществляется подведение ретроградного проводника 3 к дистальной части окклюзии 2 (рис. 1, а), после чего ретроградный проводник заводится в субинтимальное пространство 4 и продвигается оператором параллельно зоне окклюзии до проксимальной капсулы 1 (рис. 1, б). Следует отметить, что манипулирование ретроградным проводником в субинтимальном пространстве может осуществляться как посредством прямой, так и свернутой в кольцо дистальной частью ретроградного проводника.

Последующий этап выполнения процедуры реканализации включает проведение по ретроградному проводнику в субинтимальное пространство, до проксимальной капсулы окклюзии 1, микрокатетера 5 (рис. 1, в), которым затем выполняется серия механических движений назад–вперед с целью расширения формируемого субинтимального канала. После этого ретроградный проводник извлекается оператором, а через микрокатетер 5 в формируемый субинтимальный канал вводится рентгенконтрастное вещество до осуществления четкой визуализации сформированного субинтимального канала на всем его протяжении (рис. 1, г). Завершается данный этап извлечением микрокатетера из сформированного субинтимального канала.

Рисунок 1. Схема пошагового выполнения ретроградной реканализации хронической окклюзии методом CART-M



Примечание: 1 – проксимальная капсула окклюзии, 2 – дистальная капсула окклюзии, 3 – ретроградный проводник, 4 – субинтимальное пространство, 5 – микрокатетер, 6 – введенное через микрокатетер в субинтимальный канал рентген-контрастное вещество, 7 – антеградный проводник.

На финальной стадии оператором из истинного просвета артерии, проксимальнее зоны окклюзии, в сформированный субинтимальный канал проводится антеградный коронарный проводник 7 (предпочтительно использование жесткого проводника с зауженным дистальным кончиком), которым затем осуществляют выход в истинный просвет сосуда дистальнее зоны окклюзии (рис. 1, д). После выполнения реканализации осуществляется эндоваскулярная баллонная дилатация и стентирование в целевой зоне по общепринятым методам.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Эффективность и безопасность осуществления ретроградной реканализации хронической окклюзии коронарной артерии методом CART-M нами в клинической практике впервые была продемонстрирована в 2014 г. В качестве клинического примера ниже приведен наш первый случай успешного восстановления кровотока в окклюзированной коронарной артерии данным способом.

Пациентка Ш., 1965 года рождения, в декабре 2014 г. поступила в РНПЦ «Кардиология» с жалобами на боли в области сердца, возникающими при физической нагрузке, купирующимися приемом нитроглицерина. Сбор анамнеза выявил отягощенную наследственность (родители страдали ишемической болезнью сердца), перенесенный нижний инфаркт миокарда в 2009 г. Из сопутствующих заболеваний следует отметить наличие артериальной гипертензии (наиболее частые цифры артериального давления – 150-160/80-90 мм рт. ст.) и сахарного диабета. Анализ факторов риска выявил курение в анамнезе (прекратила курить после развития инфаркта миокарда), наличие ожирения 2-й степени, гиперхолестеринемии (общий холестерин 6,4 ммоль/л, холестерин липопротеидов низкой плотности – 3,1 ммоль/л).

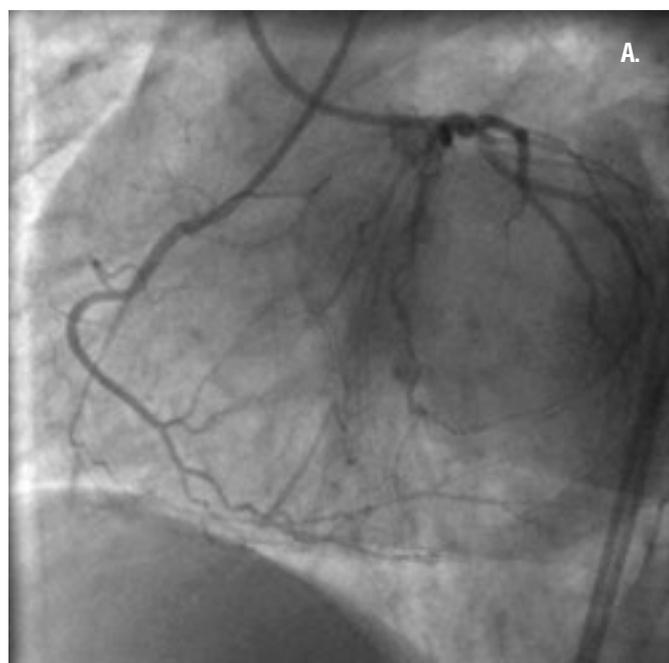
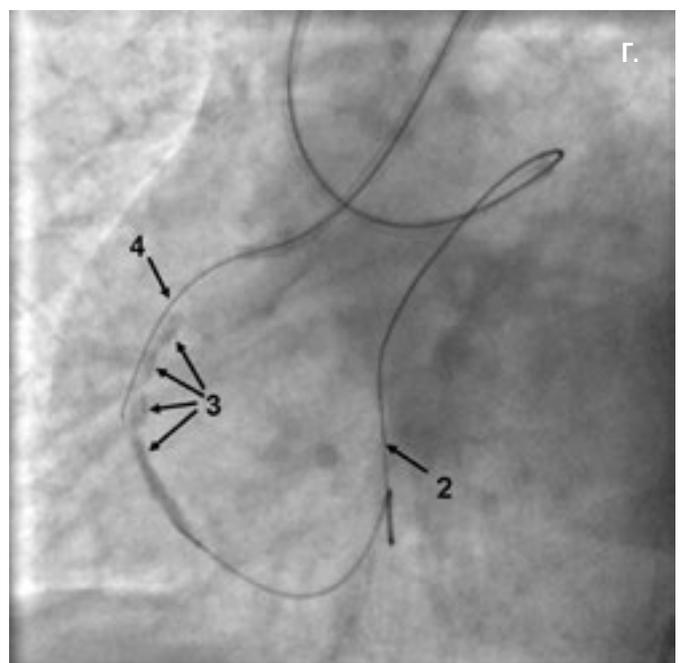
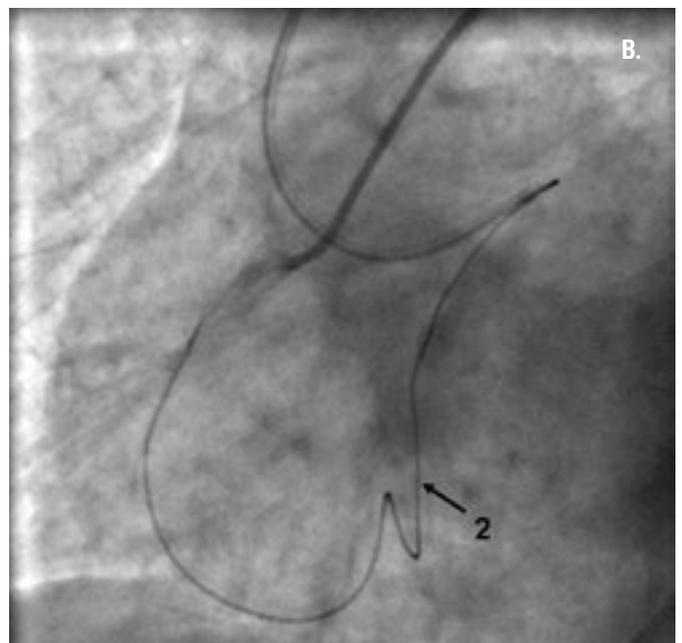
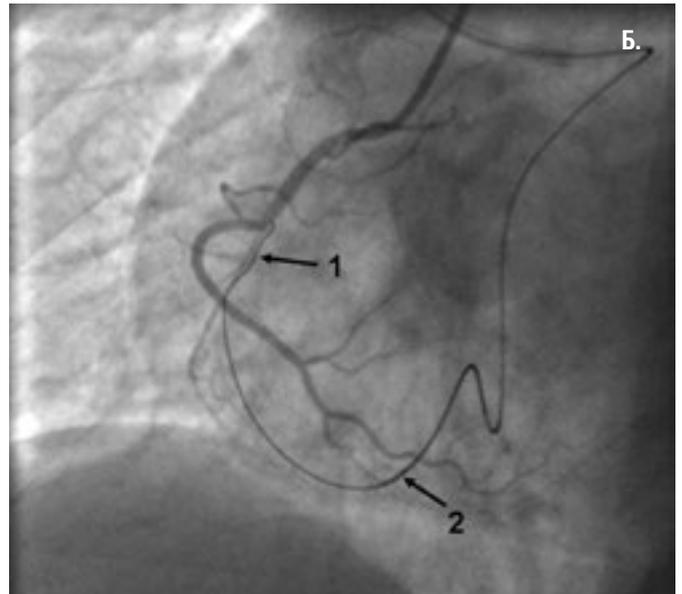
Изучение данных ранее выполненной коронарографии (2011 г., сентябрь 2015 г.) выявило наличие однососудистого поражения: хронической окклюзии правой коронарной артерии (SYNTAX score 10,0 баллов). Данное поражение (рис. 2, а) характеризовалось большой протяженностью (67,8 мм), а также отсутствием культи окклюзии (бальная оценка по шкале J-CTO – 2 балла). Наблюдался хорошо развитый коллатеральный кровоток градации Rentrop 3 [15] с заполнением дистальных отделов окклюзированной артерии по системе септальных и эпикардальных коллатералей.

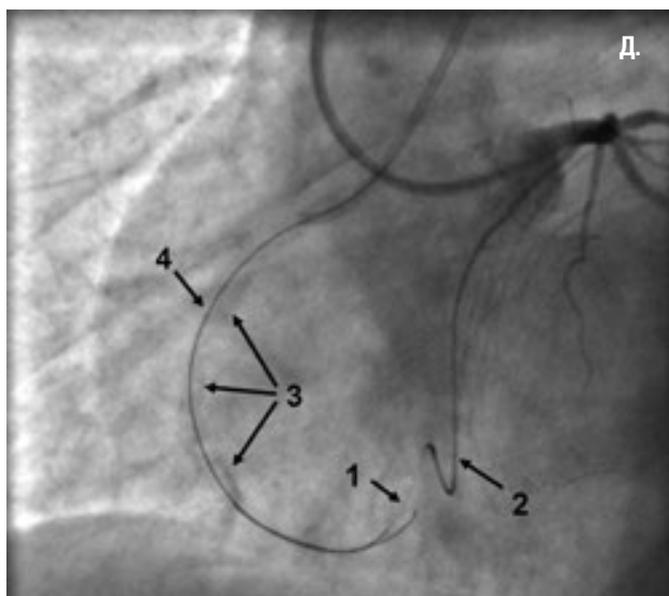
Было принято решение о выполнении попытки реканализации хронической окклюзии правой коронарной артерии ретроградным доступом, в связи с чем в систему левой коронарной артерии был проведен направляющий катетер SPB 4.0 7F (ZenyteEX, Asahi Intecc), в правую коронарную артерию был установлен направляющий катетер JR 4.0 6 F (Mach 1, Boston Scientific). Затем в переднюю межжелудочковую ветвь левой коронарной артерии, а затем в 1-ю септальную коллатераль (размер данного коллатерального соединения градации CC2 по Werner [16]) были проведены коронарный проводник Sion (Asahi Intecc) и микрокатетер Corsair (Asahi Intecc), которые затем успешно были подведены к дистальной капсуле окклюзии. Последующие попытки выполнения транслюминальной ретроградной реканализации окклюзии коронарными проводниками Sion (Asahi Intecc) и Gaia First (Asahi Intecc) оказались неуспешными по причине невозможности проведения данных проводников через среднюю треть окклюзии.

В связи с вышеуказанным, был взят коронарный проводник ULTIMATEBros 3 (Asahi Intecc.), проведен в субинтимальное пространство (рис. 2, б), выполнено формирование субинтимального пространства. Затем в субинтимальное пространство был заведен микрокатетер Corsair (Asahi Intecc), начато введение рентгенконтрастного вещества в субинтимальное пространство (рис. 2, в), по завершению которого микрокатетер был извлечен из сформированного субинтимального канала (рис. 2, г). Завершилась процедура реканализации проведением антеградного коронарного проводника ULTIMATEBros 3 (Asahi Intecc,) в сформированный субинтимальный канал с последующим выходом в истинный просвет сосуда дистальнее зоны окклюзии (рис. 2, д).

После завершения процедуры реканализации ретроградно проведенные коронарный проводник и микрокатетер были извлечены; дальнейшее проведение рабочего инструментария в зону поражения осуществлялось по антеградному проводнику. После выполнения серии преддилатаций в зоне окклюзионного поражения баллоном Balton River 2.0x30 мм на давлении 6-16 атмосфер, имплантации внахлест 3-х стентов с медикаментозным покрытием (Xience Prime 2.5x28 мм на давлении 8 атм., Xience Prime LL 2.75x33 мм на давлении 16 атмосфер, Xience Prime LL 3.0x33 мм на давлении 16 атмосфер) обоих и последующей постдилатацией в зонах стыка стентов баллонами из-под стента Xience Prime LL 2.75x33 мм (на давлении 16 атмосфер) и Xience Prime LL 3.0x33 мм (на давлении 18 атмосфер) был получен удовлетворительный результат в зоне выполненного вмешательства (рис. 2, е). Следует отметить, что в ходе выполнения вышеописанной процедуры не было отмечено развития каких-либо осложнений.

Рисунок 2. Пример выполнения ретроградной реканализации хронической окклюзии методом CART-M у пациентки Ш.





Примечание: 1 – ретроградный проводник, 2 – микрокатетер, 3 – введенное через микрокатетер в субинтимальный канал рентгенконтрастное вещество, 4 – антеградный проводник.

После выполненной рентгенэндоваскулярной операции у пациентки Ш. отмечалось клиническое улучшение состояния, о чем свидетельствовала полная ликвидация клинических проявлений стенокардии. Пациентка была выписана из стационара на 6 сутки в удовлетворительном состоянии после выполненного оперативного лечения. Контрольное обследование через 12 месяцев показало сохранность достигнутого результата.

Начиная с 2014 г., в нашем Центре попытка реканализации хронических окклюзий коронарных артерий методом CART-M была предпринята у 7 пациентов. Следует отметить, что из числа отмеченных пациентов у 5 (71,4% от общего количества) ранее предпринимались попытки реканализации данных окклюзионных поражений (в том числе у 3 из них – ретроградным доступом), которые завершились неуспешно.

Выполнение реканализации методом CART-M позволило

восстановить проходимость ранее хронически окклюзированных коронарных артерий у 5 пациентов (71,4% от общего количества). При этом технических сложностей в процессе формирования субинтимального канала, проведения антеградного проводника в сформированный канал, а также выполнения других этапов реканализации у данных лиц отмечено не было.

Что касается 2 пациентов, у которых реканализацию окклюзионных поражений методом CART-M провести не удалось, следует отметить, что у 1 из них после формирования субинтимального канала по методу CART-M процедура реканализации была завершена путем успешного проведения ретроградного проводника сквозь проксимальную капсулу окклюзии в просвет сосуда проксимальнее зоны окклюзии. У второго пациента процедура реканализации завершилась неуспешно по причине отсутствия технической возможности проведения антеградного проводника в сформированный субинтимальный канал; при этом последующая попытка ретроградного проведения проводника через зону проксимальной капсулы не выполнялась.

В процессе проведения реканализации хронических окклюзионных поражений методом CART-M нами не было отмечено развития каких-либо осложнений (летального исхода, острого инфаркта миокарда, протяженных диссекций интимы, острого тромбоза, перфорации сосудистой стенки и др.), а также потребности в экстренном выполнении кардиохирургических операций.

Анализ доступных нам литературных источников свидетельствует о том, что в настоящее время наиболее часто используемым методом ретроградной реканализации является reverse CART [17-19]: так, около 36-93,5% ретроградно проводимых процедур выполняется данным методом [17-18, 20], тогда как удельный вес метода CART составляет 6,5-14% [17-18, 20]. Использование дополнительных технологий ретроградной реканализации, в частности, reverse STAR [21], может повысить частоту успеха выполняемого вмешательства.

В то же время недостатком наиболее популярного метода ретроградной реканализации (reverse CART) является непостоянство размера формируемого субинтимального канала, что в ряде случаев не позволяет осуществить ретроградное проведение проводника. Кроме вышеуказанного, в случаях неуспеха процедуры reverse CART, сформированная из области проксимальной капсулы окклюзии протяженная диссекция в субинтимальном пространстве может послужить триггером развития тромбоза, и как следствием его – острых коронарных эпизодов.

Следует отметить, что предлагаемый метод CART-M, в отличие от других ретроградных технологий, предполагает формирование субинтимального канала, достаточно длительно сохраняющего просвет вследствие выполненной инъекции рентгенконтрастного вещества. С другой стороны, в случае неуспеха реканализации окклюзионного поражения по причине локализации субинтимального канала (сформирован из зоны дистальной капсулы окклюзии), а также недостаточной интенсивности ретроградного кровотока представляется маловероятным развитие тромботических осложнений в данной зоне и дистальнее ее.

Таким образом, предлагаемый метод CART-M технически выполним, эффективен и безопасен. Следует полагать, что внедрение данного метода в клиническую практику может по-

высвить частоту успеха реканализации хронических окклюзионных поражений коронарных артерий и улучшить качество оказания медицинской помощи у данной группы пациентов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Stone G.W., Reifart N.J., Moussa I. et al. Percutaneous recanalization of chronically occluded coronary arteries: a consensus document: part I. *Circulation*. 2005. Vol. 112, N 15. P. 2364-2372.
2. DiMario C., Werner G.S., Sianos G. et al. European perspective in the recanalization of Chronic Total Occlusions (CTO): consensus document from the EuroCTO Club. *EuroIntervention*. 2007. Vol. 3, N 1. P. 30-43.
3. Galassi A.R., Tomasello S.D., Reifart N. et al. In-hospital outcomes of percutaneous coronary intervention in patients with chronic total occlusion: insights from the ERCTO (European Registry of Chronic Total Occlusion) registry. *EuroIntervention*. 2011. Vol. 7, N 4. P. 472-479.
4. Morino Y., Kimura T., Hayashi T. et al. J-CTO registry investigators. In-hospital outcomes of contemporary percutaneous coronary intervention in patients with chronic total occlusion. *JACC Cardiovasc. Interv.* 2009. Vol. 3, N 2. P. 143-51.
5. Thompson C.A., Jayne J.E., Robb J.F. et al. Retrograde techniques and the impact of operator volume on percutaneous intervention for coronary chronic total occlusions. *JACC Cardiovasc. Interv.* 2009. Vol. 2, N 9. P. 834-842.
6. Sianos G., Konstantinidis N. V., Di Mario C. et al. Theory and practical based approach to chronic total occlusions. *BMC Cardiovascular Disorders*. 2016; 16: 33. Published online 2016 Feb 9. doi: 10.1186/s12872-016-0209-3
7. Srivatsa S.S., Edwards W.D., Boos C.M. et al. Histologic correlates of angiographic chronic total coronary artery occlusions: influence of occlusion duration on neovascular channel patterns and intimal plaque composition. *J. Am. Coll. Cardiol.* 1997. Vol. 29, N 5. P. 955-963.
8. Katsuragawa M., Fujiwara H., Miyamae M. et al. Histologic studies in percutaneous transluminal coronary angioplasty for chronic total occlusion: comparison of tapering and abrupt types of occlusion and short and long occluded segments. *J. Am. Coll. Cardiol.* 1993. Vol. 21, N 3. P. 604-611.
9. Srivatsa S., Holmes D. The Histopathology of angiographic chronic total coronary artery occlusions and changes in neovascular pattern and intimal plaque composition associated with progressive occlusion duration. *J. Invasive Cardiol.* 1997. Vol. 9, N 4. P. 294-301.
10. Waksman R., Saito S. Chronic total occlusions: a guide to recanalization. Ed. by Waksman R., Saito S.: Blackwell Publishing Ltd., 2009, 198 P.
11. Surmely J.F., Tsuchikane E., Katoh O. et al. New concept for CTO recanalisation using controlled antegrade and retrograde subintimal tracking: the CART technique. *J. Invas. Cardiol.* 2006. Vol. 18, N 7. P. 334-338.
12. Saito S. Different strategies of retrograde approach in coronary angioplasty for chronic total occlusion. *Catheter Cardiovasc. Interv.* 2008. Vol. 71, N 1. P. 8-19.
13. Sianos G., Barlis P., Di Mario C. et al. European experience with the retrograde approach for the recanalisation of coronary artery chronic total occlusions. A report on behalf of the EuroCTO club. *EuroIntervention*. 2008. Vol. 4, N 1. P. 84-92.
14. Kimura M., Katoh O., Tsuchikane E. The efficacy of a bilateral approach for treating lesions with chronic total occlusions. *JACC Cardiovasc. Interv.* 2009. Vol. 2, N 11. P. 1135-1141.
15. Cohen M., Rentrop K.P. Limitation of myocardial ischemia by collateral circulation during sudden controlled coronary artery occlusion in human subject: a prospective study. *Circulation*. 1986. Vol. 74, N 3. P. 469-476.
16. Werner G.S., Ferrari M., Heinke S. et al. Angiographic assessment of collateral connections in comparison with invasively determined collateral function in chronic coronary occlusions. *Circulation*. 2003. Vol. 107, N 15. P. 1972-1977.
17. Tsuchikane E., Katoh O., Kimura M. et al. The first clinical experience with a novel catheter for collateral channel tracking in retrograde approach for chronic coronary total occlusions. *JACC Cardiovasc. Interv.* 2010. Vol. 3, N 2. P. 165-171.
18. Bufe A., Haltern G., Dinh W. et al. Recanalisation of coronary chronic total occlusions with new techniques including the retrograde approach via collaterals. *Neth. Heart J.* 2011. Vol. 19, N 4. P. 162-167.
19. Michael T.T., Papayannis A., Banerjee S. et al. Subintimal Dissection/Re-entry Strategies in Coronary Chronic Total Occlusion Interventions. *Circ. Cardiovasc. Interv.* 2012. Vol. 5, N 5. P. 729-738.
20. Rathore S., Katoh O., Tsuchikane E. et al. A novel modification of the retrograde approach for the recanalization of chronic total occlusion of the coronary arteries intravascular ultrasound-guided reverse controlled antegrade and retrograde tracking. *JACC Cardiovasc. Interv.* 2010. Vol. 3, N 2. P. 155-164.
21. Nijjer S., Di Mario C. Reverse STAR for retrograde recanalisation in a chronic total coronary artery occlusion present for 21 years. *BMJ Case Reports* 2010; doi:10.1136/bcr.05.2009.1903