

© Коллектив авторов, 2021

УДК 616.126.52-089.843

Профилактика обструкции устья левой коронарной артерии при трансфеморальной имплантации аортального клапана

С.В. Майнгарт, А.С. Некрасов, А.А. Зебелян, А.Н. Федорченко, В.А. Порханов

ГБУЗ «Научно-исследовательский институт – Краевая клиническая больница № 1 им. профессора С.В. Очаповского» Минздрава Краснодарского края, ул. 1 Мая, 167, Краснодар, 350086, Российская Федерация

Майнгарт Сергей Владимирович, врач по рентгенэндоваскулярным диагностике и лечению; orcid.org/0000-0002-6749-5197

Некрасов Александр Сергеевич, врач по рентгенэндоваскулярным диагностике и лечению; orcid.org/0000-0003-0439-8389

Зебелян Ашот Ашотович, врач по рентгенэндоваскулярным диагностике и лечению; orcid.org/0000-0003-4290-4625

Федорченко Алексей Николаевич, доктор мед. наук, заведующий отделением, врач по рентгенэндоваскулярным диагностике и лечению; orcid.org/0000-0001-5589-2040

Порханов Владимир Алексеевич, доктор мед. наук, профессор, академик РАН, главный врач

Высокие показатели смертности в результате возникновения острой коронарной окклюзии (ОКО) при транскатетерной имплантации аортального клапана (ТИАК) являются основанием для проведения тщательного предоперационного обследования и выявления пациентов, подверженных риску его развития. Но, несмотря на имеющиеся многочисленные критерии риска развития ОКО, предсказать точный потенциальный риск данного осложнения до процедуры ТИАК сложно вследствие его многофакторной этиологии.

Наилучший способ профилактики ОКО при ТИАК все еще не определен. Но бесспорным остается тот факт, что пациенты с риском ОКО, которым ТИАК проводится без профилактической защиты устья коронарной артерии, имеют значительно более высокие показатели смертности.

В данной статье представлен случай профилактической защиты устья левой коронарной артерии при помощи заведения стента в бассейн соответствующей артерии во время ТИАК.

Ключевые слова: стеноз аортального клапана, транскатетерная имплантация аортального клапана, острая коронарная окклюзия, стентирование по методике «дымохода».

Для цитирования: Майнгарт С.В., Некрасов А.С., Зебелян А.А., Федорченко А.Н., Порханов В.А. Профилактика обструкции устья левой коронарной артерии при трансфеморальной имплантации аортального клапана. *Эндоваскулярная хирургия*. 2021; 8 (2): 206–14. DOI: 10.24183/2409-4080-2021-8-2-206-214

Для корреспонденции: Некрасов Александр Сергеевич, e-mail: alexandr_nekrasov1984@mail.ru

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Поступила 19.05.2021
Принята к печати 25.05.2021

Prevention of occlusion of the left main coronary artery following transcatheter aortic valve implantation

S.V. Mayngart, A.S. Nekrasov, A.A. Zebelyan, A.N. Fedorchenko, V.A. Porkhanov

Scientific and Research Institute – Ochapovsky Regional Clinic Hospital No. 1, Krasnodar, 350086, Russian Federation

Sergey V. Mayngart, Endovascular Surgeon; orcid.org/0000-0002-6749-5197

Aleksandr S. Nekrasov, Endovascular Surgeon; orcid.org/0000-0003-0439-8389

Ashot A. Zebelyan, Endovascular Surgeon; orcid.org/0000-0003-4290-4625

Aleksey N. Fedorchenko, Dr. Med. Sc., Head of Department, Endovascular Surgeon; orcid.org/0000-0001-5589-2040

Vladimir A. Porkhanov, Dr. Med. Sc., Professor, Academician of RAS, Chief Physician

High mortality rates as a result of acute coronary occlusion (ACO) during transcatheter aortic valve implantation (TAVI) are the basis for a thorough preoperative examination and identification of patients at risk of its development. But, despite the many criteria for the risk of developing ACO, it is difficult to predict the exact potential risk of this complication before TAVI because of its multifactorial etiology.

The best way to prevent ACO in TAVI is still controversial. But the fact remains indisputable that patients at risk of ACO who receive TAVI without prophylactic protection of the coronary artery orifice have significantly higher mortality rates.

This article presents a case of preventive protection of the left coronary artery orifice by inserting a stent into the pool of the corresponding artery during TAVI.

Keywords: aortic stenosis, transcatheter aortic valve replacement, coronary artery occlusion, chimney stenting.

For citation: Mayngart S.V., Nekrasov A.S., Zebelyan A.A., Fedorchenko A.N., Porkhanov V.A. Prevention of occlusion of the left main coronary artery following transcatheter aortic valve implantation. *Russian Journal of Endovascular Surgery*. 2021; 8 (2): 206–14 (in Russ.). DOI: 10.24183/2409-4080-2021-8-2-206-214

For correspondence: Aleksandr S. Nekrasov, e-mail: alexandr_nekrasov1984@mail.ru

Conflict of interest. The authors declare no conflict of interest.

Received May 19, 2021

Accepted May 25, 2021

Введение

На протяжении многих лет сердечно-сосудистые заболевания остаются наиболее частой причиной смерти населения в России. У пациентов пожилого и старческого возраста лидирующее положение в структуре сердечно-сосудистой заболеваемости занимает дегенеративный стеноз аортального клапана [1]. Протезирование указанного клапана в условиях искусственного кровообращения много лет являлось «золотым стандартом» лечения данной патологии. Однако успех эндоваскулярного вмешательства, выполненного в 2002 г. A. Cribier, послужил стимулом к развитию нового метода лечения — транскатетерной имплантации аортального клапана (ТИАК) [2]. Было проведено множество исследований, продемонстрировавших безопасность и эффективность данной операции [3, 4]. В связи с этим количество процедур ТИАК увеличивается с каждым годом [5]. На сегодняшний день ТИАК является альтернативой открытой операции у пациентов с дегенеративным стенозом аортального клапана [6]. Однако увеличение количества ТИАК способствовало выявлению большего спектра возможных перипроцедурных осложнений [7]. Одним из редких, но наиболее опасных осложнений является острая коронарная окклюзия (ОКО) [8].

Риск возникновения острой иатрогенной окклюзии коронарной артерии при имплантации аортального клапана остается серьезной проблемой. По данным крупного многоцентрового регистра, развитие ОКО отмечалось в 0,66% случаев, а показатель однолетней смертности составлял 45,5% [9]. Такие высокие показатели смертности в результате данного осложнения являются основанием для проведения тщательного предоперационного обследования и выявления пациентов, подверженных риску его возникновения.

Из «классических» факторов риска развития ОКО выделяют следующие: высота отхождения

устья коронарной артерии относительно фиброзного кольца АК менее 12 мм, ширина синуса Вальсальвы менее 30 мм, процедура «клапан в клапан» [9]. К дополнительным факторам риска относятся: пожилой возраст, женский пол, узкий синотубулярный гребень, обширный и объемный кальциноз створок АК [9, 10], минимальное значение отношения длины створки АК к высоте отхождения коронарной артерии [8, 9, 11], использование баллонорасширяемого клапана, поджатие устья КА при баллонной вальвулопластике АК [10].

Необходимо подчеркнуть, что, несмотря на множество критериев риска развития ОКО, предсказать точный потенциальный риск данного осложнения до ТИАК сложно из-за его многофакторной этиологии. По данным различных источников, частота развития ОКО у пациентов, находящихся в группе риска, варьировала от 7,4 до 20% [10, 12].

Таким образом, при лечении пациентов, находящихся в группе риска развития ОКО, остаётся открытым вопрос относительно выбора между проведением кардиохирургического протезирования аортального клапана, медикаментозной терапией и модифицированной процедурой ТИАК, направленной на предотвращение возникновения острой окклюзии коронарной артерии.

В данной статье представлен случай профилактической защиты устья левой коронарной артерии при помощи заведения стента в бассейны соответствующей артерии во время ТИАК.

Описание случая

Больная Г., 91 год, поступила в НИИ — ККБ № 1 им. проф. С.В. Очаповского в ноябре 2019 г. с жалобами на одышку и головокружение при ходьбе до 10 м, однократный эпизод потери сознания, отеки нижних конечностей, сжимающие боли в левой половине грудной клетки, возникающие при ходьбе.

Анамнез. В 1993, 1994, 2002 гг. — острое нарушение мозгового кровообращения с частич-

ным регрессированием симптоматики. Ухудшение состояния в 2016 г.: нестабильность АД (120–200/50–100 мм рт. ст.), появление болей в грудной клетке, нарастание одышки. В этом же году проходила курс стационарного лечения в кардиологическом отделении НИИ – ККБ № 1 им. проф. С.В. Очаповского – выявлен дегенеративный порок аортального клапана: тяжелый стеноз. Консилиумом рекомендовано: продолжить консервативную терапию, динамическое наблюдение, снижение массы тела. После выписки чувствовала себя удовлетворительно. С октября 2019 г. усиление одышки, прогрессивное снижение толерантности к физической нагрузке.

Лабораторные анализы: гемоглобин 87 г/л (N: 110–156), мочевины 8,8 ммоль/л (N: 2,5–8,3), креатинин 101 мкмоль/л (N: 44,2–97).

ЭхоКГ: средний градиент на АК 70 мм рт. ст., регургитация на АК ++. КДР ЛЖ 49 мм. ФВ ЛЖ 55%. Средний градиент на МК 3 мм рт. ст., регургитация на МК ++. Эхосвободное пространство за задней и боковой стенками ЛЖ 5 мм, перед ПЖ – 3–4 мм.

Коронарография: стеноз 40% устья ствола левой коронарной артерии (ЛКА), стеноз 40% в среднем отделе передней нисходящей артерии (ПНА), стеноз 40% в проксимальном отделе и стеноз 70% в дистальном отделе правой коронарной артерии (рис. 1).

Пациентке выставлен **диагноз:** Дегенеративный порок аортального клапана: критический стеноз. **Осложнение основного заболевания:** ХСН

IIБ ст., III ФК по NYHA. **Фоновое заболевание:** Мультифокальный атеросклероз: ИБС. Атеросклероз коронарных артерий. Синдром стенокардии. Церебральный атеросклероз. Стеноз чревного ствола 75%. Гипертоническая болезнь III стадии, риск 4. **Сопутствующие заболевания:** Сахарный диабет II типа. Железодефицитная анемия средней степени тяжести. Болезнь Паркинсона. Дрожательная форма. Стадия 2 по Хен–Яру. Дисциркуляторная энцефалопатия 2 степени, сочетанного генеза. ХБП С3б.

Учитывая прогрессивное ухудшение состояния на фоне медикаментозной терапии, крайне высокие риски кардиохирургического вмешательства (STS SCORE – 12,7%), старческий возраст, было принято решение рассмотреть вопрос о возможности проведения транскатетерной имплантации аортального клапана.

Выполнена **компьютерная томография аорты.** Трёхстворчатый аортальный клапан. Тяжелая степень кальциноза с симметричным распределением кальцинатов на створках. Диаметр кольца АК, рассчитанный по периметру: 23,3 мм (рис. 2). Распространение кальциноза на выходной тракт ЛЖ в проекции левой коронарной створки. Дистанция до устья ПКА 16,7 мм. Дистанция до устья ЛКА 10,4 мм. Кальцинированная атеросклеротическая бляшка в основании устья ЛКА. Выраженный кальциноз синотубулярного гребня (СТГ) с нависанием конгломерата кальция над устьем ствола ЛКА, диаметр СТГ 29,7 мм. Диаметр синуса Вальсальвы 30,2 мм (рис. 3).

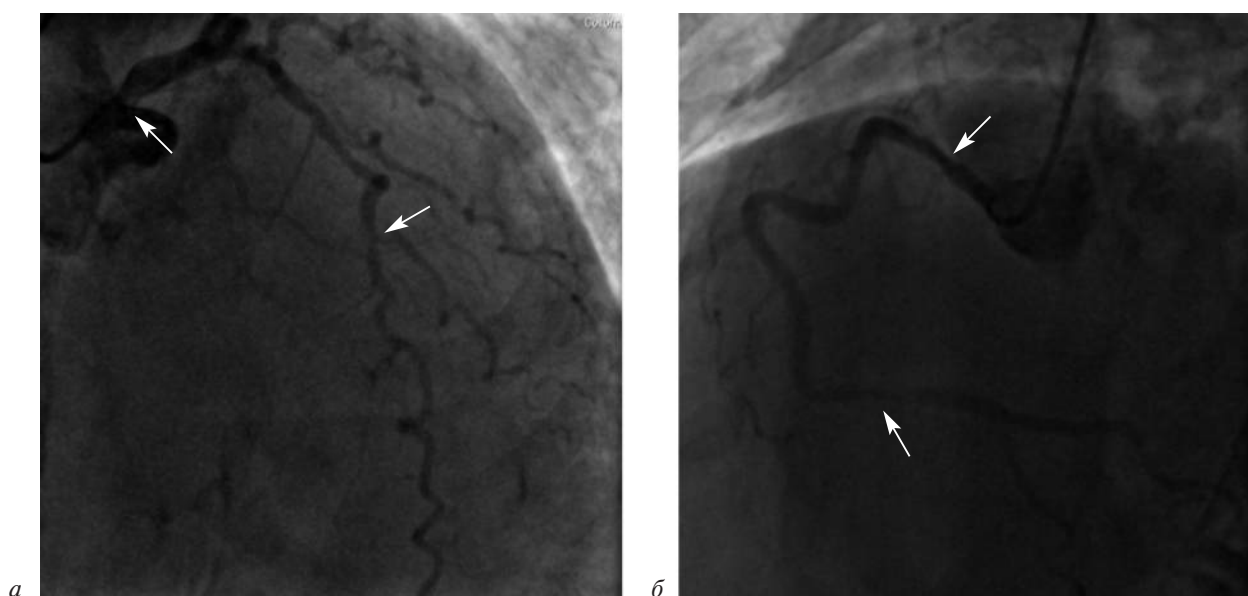


Рис. 1. Коронарография:

а – левая коронарная артерия; б – правая коронарная артерия. Стрелками указаны стенозы

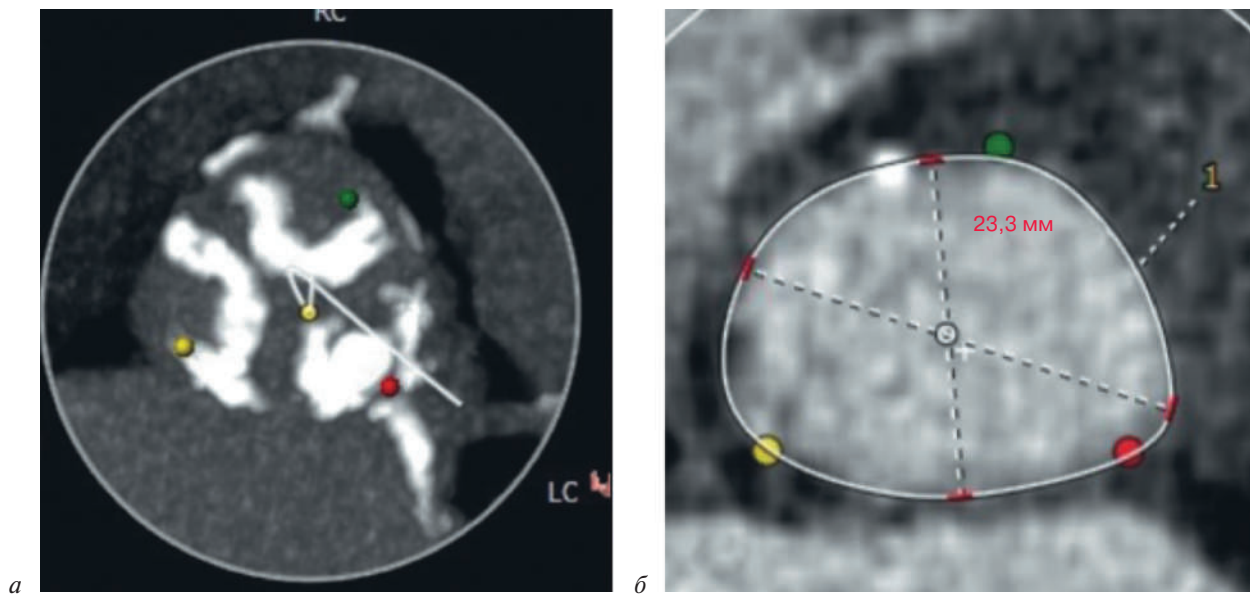


Рис. 2. КТ-ангиография аорты:

a – кальцинированные створки аортального клапана; *б* – диаметр кольца аортального клапана, рассчитанный по периметру

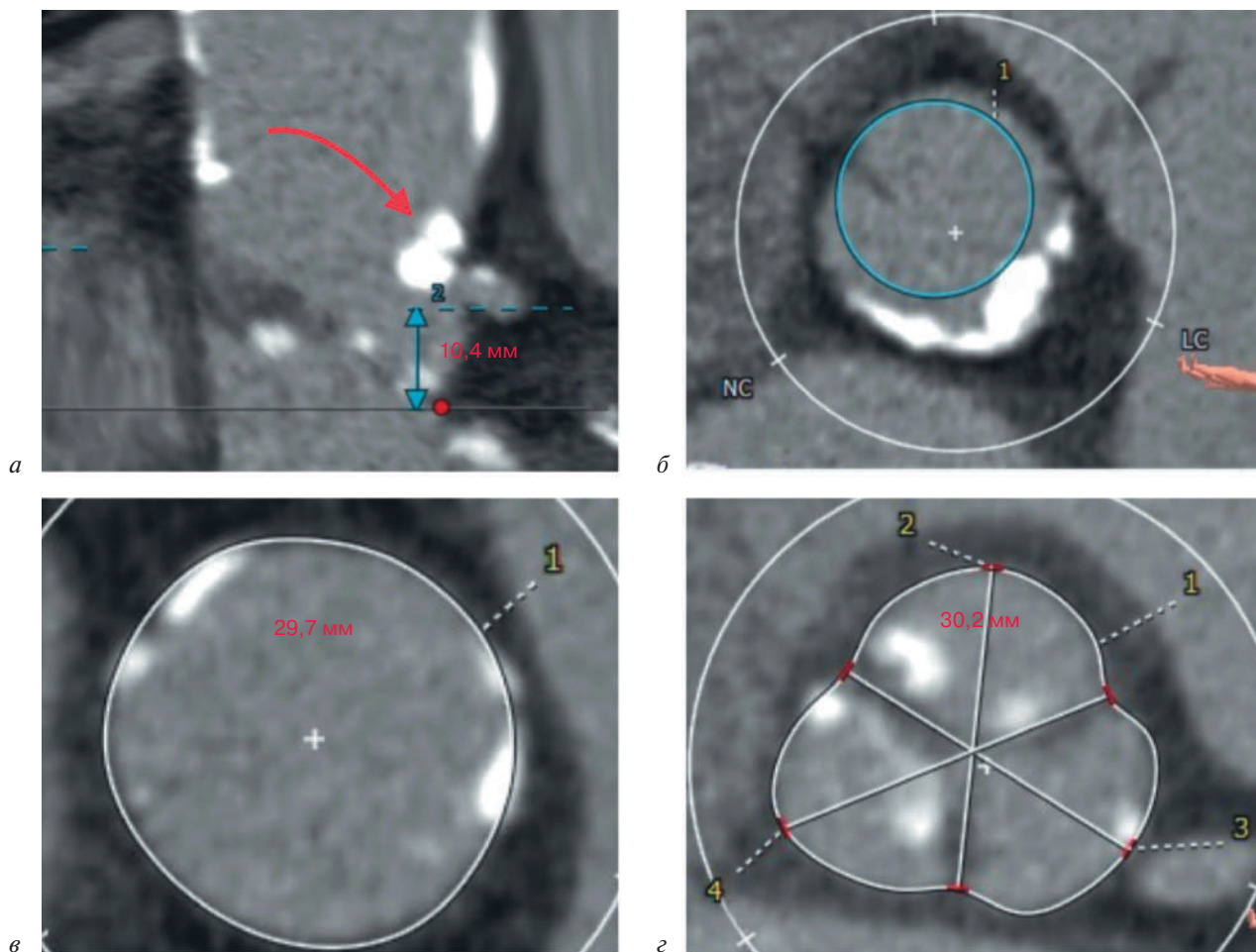


Рис. 3. КТ-ангиография аорты:

a – восходящий отдел аорты, дистанция до устья ЛКА (указана синей стрелкой), выраженная кальцинированная бляшка в основании устья ЛКА (указана красной стрелкой); *б* – уровень расположения кальцинатов в основании устья ЛКА (синим цветом отмечен баллон 22 мм для дилатации); *в* – синотубулярный гребень; *г* – синус Вальсальвы

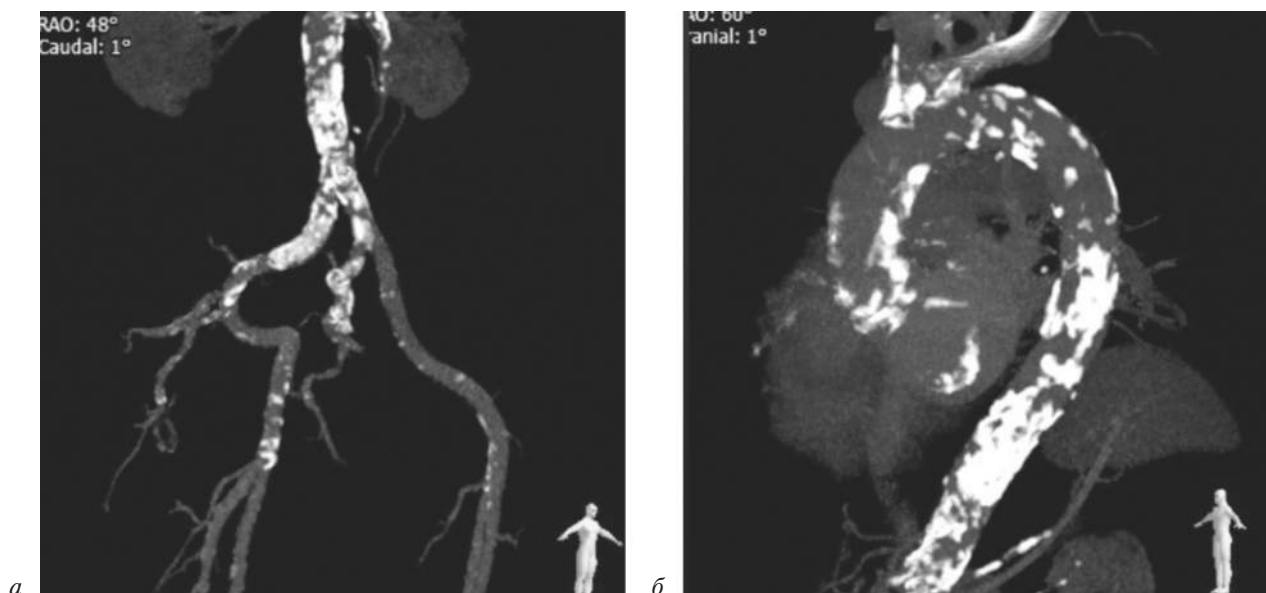


Рис. 4. КТ-ангиография аорты:

а — подвздошно-бедренный сегмент аорты; *б* — грудной отдел аорты. Белым цветом отражаются кальцинированные участки в стенках сосудов

Тяжёлый кальциноз аортоподвздошно-бедренного сегмента. Значимая извитость артерий подвздошно-бедренного сегмента, более выраженная справа (рис. 4).

Учитывая выявленные риски поджатия (стенозирования/окклюзии) устья ЛКА во время имплантации клапана (низкое отхождение ЛКА (менее 12 мм), нависание конгломерата кальция над устьем ствола ЛКА, наличие атеросклеротической бляшки в устье ствола ЛКА (стеноз 40%)), решено перед началом имплантации клапана провести подготовительные мероприятия, направленные на незамедлительное выполнение ЧКВ в случае развития осложнения. А также провести пробу с баллоном для дополнительной оценки риска поджатия устья ЛКА.

Принимая во внимание выраженную извитость артерий подвздошно-бедренного сегмента справа, в качестве трансфеморального доступа для ТИАК выбрана левая общая бедренная артерия. Проводить операцию решено было под местной анестезией и медикаментозной седацией. Для гемостаза использовались устройства Proglide (Abbott).

Для обеспечения возможности незамедлительного выполнения ЧКВ в случае поджатия устья ЛКА доступом через правую лучевую артерию был установлен проводниковый катетер JL4 6F в ствол ЛКА с последующим заведением в проксимальный отдел ПНА стента 4,0 × 20 мм (рис. 5, *а*).

После установки проводника Safari 0,035" (Boston Scientific) в полость ЛЖ выполнены очередные пробы с баллонами 20 × 40 мм и 22 × 40 мм. Во время полной инфляции каждого из баллонов при проведении вальвулопластики выполнялась аортография с целью визуализации устья ЛКА. Ни при одной из двух проведенных проб поджатие устья ЛКА не было выявлено (рис. 5, *б*).

Учитывая отрицательные результаты проведенных проб, принято решение выполнить имплантацию клапана Acurate Neo M (Boston Scientific), но с сохранением в позиции ствола ЛКА стента для возможности выполнения незамедлительного ЧКВ (рис. 5, *в*).

Во время поэтапного раскрытия и имплантации клапана гемодинамика пациентки сохранялась стабильной, без изменений на ЭКГ. Выполненная полуселективная ангиография устья ЛКА не выявила признаков обструкции просвета коронарной артерии. Расстояние от каркаса биопротеза до устья ЛКА — 4,3 мм (рис. 5, *г*). Коронарный проводник и стент были аккуратно извлечены из ЛКА (рис. 6). Выполнена контрольная аортография (рис. 7): биопротез в позиции АК, минимальная регургитация на биопротезе, ствол ЛКА без изменений. Контрольная ЭхоКГ: средний градиент на протезе АК 12 мм рт. ст., по периметру протеза 3 тонкие струи парапротезной регургитации на АК: + (мягкая), РНТ (pressure half-time) 533 мс.

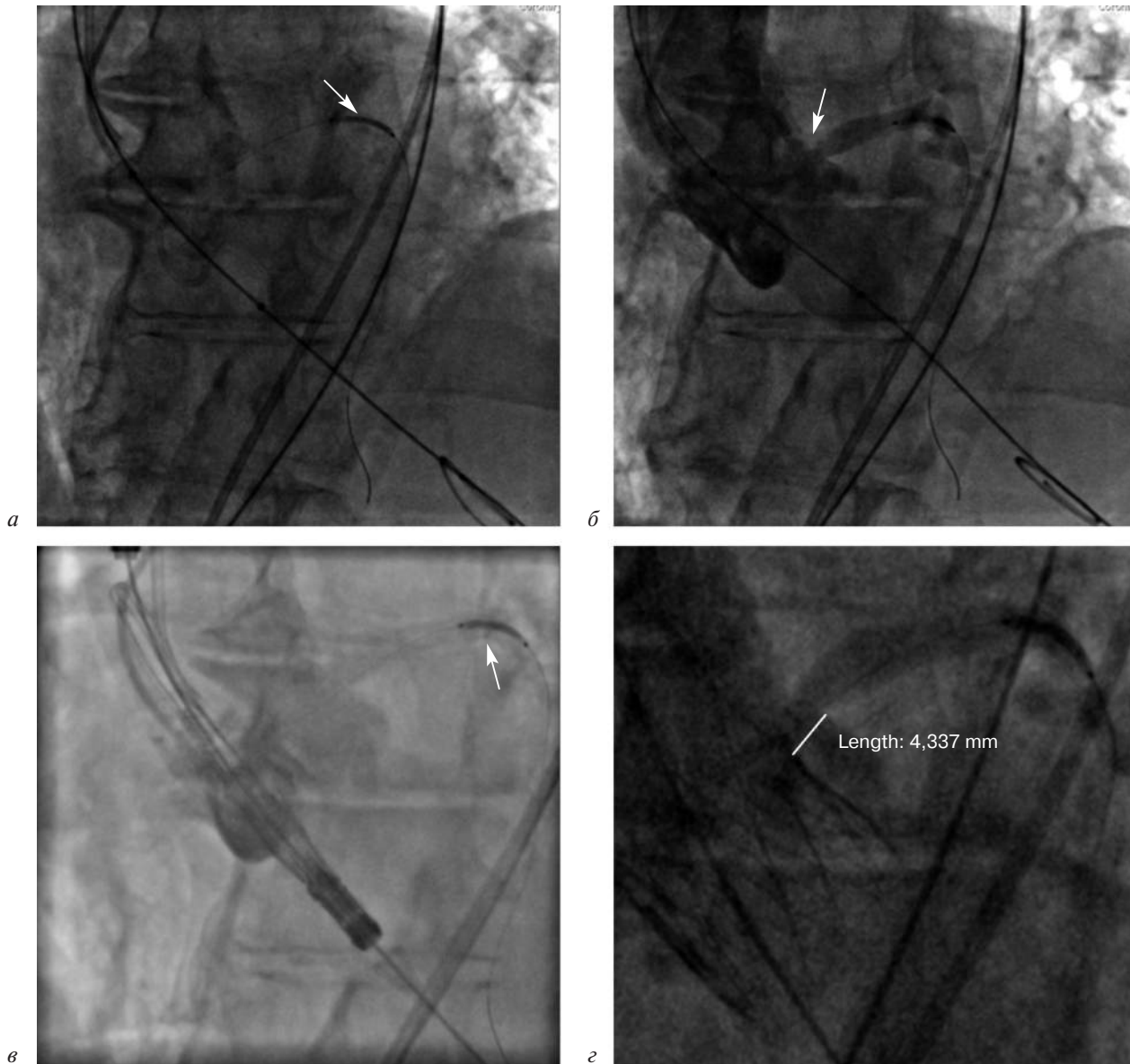


Рис. 5. Процесс имплантации аортального клапана:

а — после катетеризации левого желудочка жестким проводником 0,035" в левую коронарную артерию заведен стент (указан стрелкой); *б* — аортография после инфляции баллона 22×40 мм (стрелкой указан ствол левой коронарной артерии без признаков обструкции); *в* — начало имплантации сердечного клапана с сохраненным в левой коронарной артерии стентом (указан стрелкой); *г* — финальная аортография после раскрытия сердечного клапана: левая коронарная артерия без признаков обструкции, расстояние от каркаса биопротеза до устья левой коронарной артерии указано белой линией

На 5-е сутки пациентка выписана из стационара в удовлетворительном состоянии, без стенокардии и признаков клинически значимой сердечной недостаточности (I ФК по NYHA).

Обсуждение

Важным условием успешного выполнения ТИАК является предоперационная оценка факторов риска, одним из которых является риск ОКО.

В нашем клиническом случае из «классических» факторов риска развития ОКО выявлена низкая высота отхождения ЛКА — 10,4 мм.

Из дополнительных факторов: обширный кальциноз створок аортального клапана, узкий синотубулярный гребень — 29,7 мм (при этом синус Вальсальвы — 30,2 мм) с выраженным объемным кальцинозом над устьем ЛКА. Из клинических факторов риска можно выделить женский пол и пожилой возраст. Стоит отметить, что проведенные пробы с баллоном не выявили поджатия устья ЛКА.

Учитывая факторы риска ОКО, высокий риск кардиохирургического вмешательства и отсутствие эффекта от медикаментозной терапии в данном клиническом случае, было принято

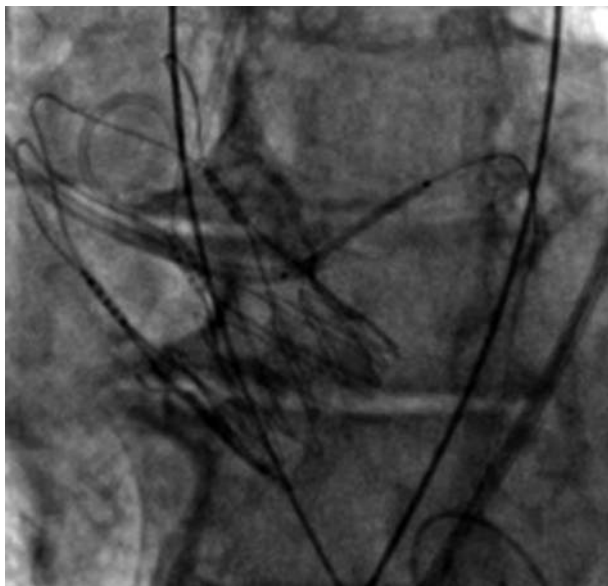


Рис. 6. Извлечение стента из левой коронарной артерии

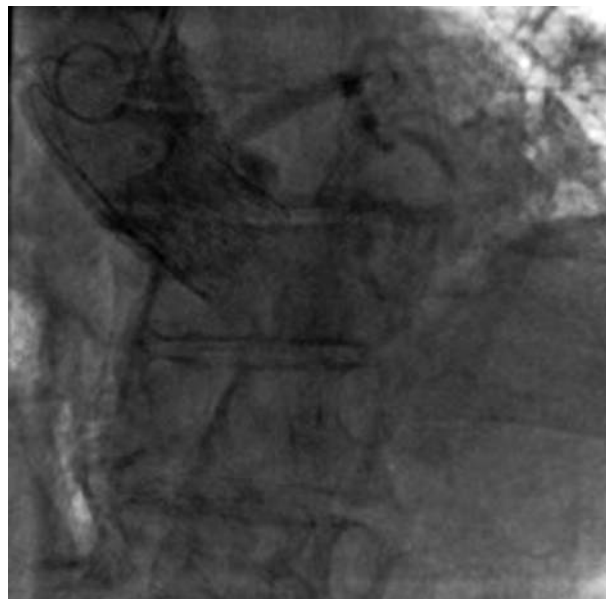


Рис. 7. Контрольная аортография

решение о проведении ТИАК с дополнительными мероприятиями, направленными на профилактическую защиту устья ЛКА.

Необходимо подчеркнуть, что наилучший способ профилактики ОКО все еще остается спорным. Широко используется предварительная защита коронарной артерии с введением коронарного проводника в бассейн соответствующей артерии [10] для возможности последующего выполнения по нему стентирования устья КА. Из разновидностей этой методики рассматривается использование с коронарным проводником микрокатетера или «спасительного» коронарного баллона [10].

Обращает на себя внимание тот факт, что у пациентов, которым ТИАК проводилась без профилактической защиты КА и у которых развилась ОКО, наблюдалась более высокая частота развития инфаркта миокарда (43,8% против 13,6%, $p=0,03$), кардиогенного шока (62,5% против 9,1%, $p<0,01$) и внутрибольничной смертности (18,8% против 0%, $p=0,02$) [13].

Относительно недавно разработана новая методика профилактики развития ОКО у пациентов из группы риска — техника BASILICA. При этой технике выполняется транскатетерное продольное рассечение створки нативного или биопротеза аортального клапана, которая при смещении после имплантации клапана не препятствует кровотоку в синусе и устье коронарной артерии [14].

Данная техника ассоциируется с хорошими ранними результатами, но является достаточно

сложной процедурой и пока нечасто используется за пределами экспертных центров.

На сегодняшний день в самом крупном международном мультицентровом ретроспективном исследовании CORPROTAVR, в котором приведены среднесрочные клинические результаты у пациентов с высоким риском возникновения обструкции коронарной артерии во время ТИАК, технология защиты КА при помощи профилактического проведения проводника применялась редко — 2,2% от общего числа процедур, при этом стентирование устья коронарных артерий выполнено примерно в 60% случаев и в основном проводилось с использованием техники «дымохода» [15]. Суть данной методики состоит в предварительном заведении в дистальный отдел защищаемой коронарной артерии стента. После имплантации аортального клапана оценивается проходимость коронарной артерии, в случае ОКО выполняется тракция стента и имплантация в проксимальный отдел артерии, при этом часть стента выступает над смещенной тканью створки или окклюзирующей частью каркаса биопротеза по типу «дымохода».

Проведение стентирования ствола ЛКА с применением техники «дымохода» в качестве метода экстренной помощи при ОКО во время ТИАК впервые описали T. Chakravarty et al. в 2013 г. [16]. В настоящее время данная техника применяется не только в качестве интенсивной терапии в случаях полной обструкции коронарного кровотока, но и в случаях визуализации

частичной обструкции устья КА или снижения коронарного кровотока, когда ожидается прогрессирование до полной ОКО [13].

Перед планированием проведения ТИАК с возможным стентированием устья КА по технике «дымохода» необходимо оценить длину и диаметр требующегося стента. Средняя длина применяемых стентов составляет приблизительно 20 мм, что подчёркивает важность расположения верха «дымохода» над смещёнными створками клапана или синотубулярным гребнем [13].

Стоит отметить, что обеспечение защиты устья КА во время ТИАК не является стандартизированной процедурой. И как следствие, выбор техники проведения процедуры определялся на основании опыта и предпочтений оператора.

В нашем случае выполнение защиты устья ЛКА только с помощью проводника или коронарного баллона предполагалось неэффективным: нависающий конгломерат кальция над устьем ЛКА, вероятно, затруднял бы последующее заведение стента между каркасом биопротеза и СТГ в устье коронарной артерии после имплантации клапана и развития ОКО. В связи с этим заведение стента в ЛКА с возможностью последующего его подтягивания и стентирования устья ЛКА либо по методике «дымохода», либо с помощью «классического» стентирования устьевого поражения коронарной артерии предположительно должно было быть более эффективным и безопасным в случае развития ОКО.

У нашей пациентки, учитывая длинный ствол ЛКА, был выбран стент длиной 20 мм, который, в зависимости от сложившейся ситуации с устьем ЛКА после имплантации клапана, должен был бы своим проксимальным краем либо выходить над синотубулярным гребнем по методике «дымохода», либо полностью имплантироваться в ствол ЛКА с незначительной protrusion стента в просвет аорты без перехода его дистального конца на ПНА.

Стоит отметить, что у пациентов, перенесших ТИАК со стентированием по методике «дымохода», есть риск развития периперационного инфаркта миокарда, связанного с тромбозомболическими явлениями, вызванными выступанием стента из устья КА и его взаимодействием с кровью, застаивающейся в переполненных синусах Вальсальвы [15].

Клинические данные свидетельствуют о том, что стентирование с применением техники

«дымохода» является подходящей стратегией спасения при ОКО, но по-прежнему опасение вызывает возможность позднего тромбоза стента — 3,5% случаев в течение года [13].

В то же время применение технологии защиты коронарной артерии без установки стента является значительным риском развития отсроченной окклюзии коронарной артерии — 4,3% случаев [15]. Также были отмечены более высокие показатели смертности от сердечно-сосудистых заболеваний у пациентов, при лечении которых была применена технология защиты коронарной артерии без установки стента, по сравнению с пациентами, перенесшими стентирование устья КА. Стоит отметить, что не во всех случаях возникновения отсроченной окклюзии устья КА возможно повторное проведение коронарного проводника для выполнения стентирования, что, в свою очередь, является причиной крайне высоких показателей смертности [15].

Тот факт, что в некоторых случаях отсроченная коронарная окклюзия может возникнуть в первые минуты после удаления проводника, подтверждает, что обструкция КА зачастую является следствием смещения створки клапана в направлении устья, и свидетельствует о том, что расположенный в КА проводник может смещать створки нативного и даже биопротезного аортального клапана в достаточной степени, чтобы сохранять коронарный кровоток и проходимость устья КА [15]. Таким образом, ангиографическая оценка коронарной перфузии после раскрытия клапана при наличии проводника в устье КА может вводить в заблуждение. В связи с этим у всех пациентов, считающихся подверженными риску развития коронарной окклюзии после ТИАК, оценивается расстояние от каркаса аортального клапана до устья коронарной артерии, и если оно составляет менее 4 мм, настоятельно рекомендуется рассмотреть возможность стентирования устья [15, 17, 18].

В нашем случае, учитывая отсутствие сужения просвета устья ЛКА, расположение конгломерата кальция СТГ над верхней короной биопротеза (на уровне стабилизирующих дуг), который не скомпрометировал устье ЛКА, расположение смещенной створки нативного аортального клапана ниже устья коронарной артерии, расстояние от устья ЛКА до основного каркаса биопротеза более 4 мм, от имплантации стента было решено воздержаться.

Еще одной потенциально полезной переменной, которую можно учитывать в случае оценки целесообразности стентирования устья КА, является минимальное различие средних значений диаметров синуса Вальсальвы и караса транскатетерного клапана [15].

Заключение

Принятые факторы риска ОКО не всегда точны в отношении выявления пациентов с высоким риском проведения ТИАК, но тщательная предоперационная подготовка способствует увеличению количества безопасных процедур ТИАК. Опыт операционной бригады по использованию различных методов профилактической защиты коронарных артерий позволяет успешно и относительно безопасно проводить ТИАК пациентам, находящимся в группе риска развития острой коронарной окклюзии.

Литература [References]

1. Сборник статистических материалов по болезням системы кровообращения. М.: МЗ РФ; 2021. www.mednet.ru [Collection of statistical materials on diseases of the circulatory system Moscow; 2021 (in Russ.). www.mednet.ru]
2. Cribier A., Eltchaninoff H., Bash A., Borenstein N., Tron C., Bauer F. et al. Percutaneous transcatheter implantation of 10. an aortic valve prosthesis for calcific aortic stenosis: first human case description. *Circulation*. 2002; 106: 3006–8. DOI: 10.1161/01.CIR.0000047200.36165.B8
3. Thourani V.H., Kodali S., Makkar R.R., Herman H.C., Williams M., Babaliaros V. et al. Transcatheter aortic valve replacement versus surgical valve replacement in intermediate-risk patients: a propensity score analysis. *Lancet*. 2016; 387: 2218–25. DOI: 10.1016/S0140-6736(16)30073-3
4. Leon M.B., Smith C.R., Mack M.J., Makkar R.R., Svensson L.G., Kodali S.K. et al. Transcatheter or surgical aortic-valve replacement in intermediate-risk patients. *N. Engl. J. Med*. 2016; 374: 1609–20. DOI: 10.1056/NEJMoa1514616
5. Vahl T.P., Kodali S.K., Leon M.B. Transcatheter aortic valve replacement 2016: a modern-day “Through the looking-glass” adventure. *J. Am. Coll. Cardiol*. 2016; 67 (12): 1472–87. DOI: 10.1016/j.jacc.2015.12.059
6. Otto C.M., Nishimura R.A., Bonow R.O., Carabello B.A., Erwin 3d J.P., Gentile F. et al. 2020 ACC/AHA Guideline for the Management of Valvular Heart Disease. *Circulation*. 2021; 143: e72–e227. DOI: 10.1161/CIR.0000000000000932
7. Kumar V., Sandhu G.S., Harper C.M., Ting H.H., Rihal C.H. Transcatheter aortic valve replacement programs: clinical outcomes and developments. *J. Am. Heart Assoc*. 2020; 9: e015921. DOI: 10.1161/JAHA.120.015921
8. Ribeiro H.B., Sarmiento-Leite R., Siqueira D.A., Carvalho L.A., Mangione J.A., Rodés-Cabau J. et al. Coronary obstruction following transcatheter aortic valve implantation. *Arq. Bras. Cardiol*. 2014; 102 (1): 93–6. DOI: 10.5935/abc.20130252
9. Ribeiro H.B., Webb J.G., Makkar R.R., Cohen M.G., Kapadia S.R., Kodali S. et al. Predictive factors, management, and clinical outcomes of coronary obstruction following transcatheter aortic valve implantation: insights from a large multicenter registry. *J. Am. Coll. Cardiol*. 2013; 62: 1552–62. DOI: 10.1016/j.jacc.2013.07.040
10. Yamamoto M., Shimura T., Kano S., Kagase A., Kodama A., Koyama Y. et al. Impact of preparatory coronary protection in patients at high anatomical risk of acute coronary obstruction during transcatheter aortic valve implantation. *Intern. J. Cardiol*. 2016; 217: 58–63. DOI: 10.1016/j.ijcard.2016.04.185
11. Okuyama K., Jilaihawi K., Makkar R.R., Leaflet length and left main coronary artery occlusion following transcatheter aortic valve replacement. *Catheter. Cardiovasc. Interv*. 2013; 82: 754–9. DOI: 10.1002/ccd.25059
12. Abramowitz Y., Chakravarty T., Jilaihawi H., Kashif M., Kazuno Y., Takahashi N. et al. Clinical impact of coronary protection during transcatheter aortic valve implantation: first reported series of patients. *EuroIntervention*. 2015; 11: 572–81. DOI: 10.1002/ccd.25059
13. Mercanti F., Rosseel L., Neylon A., Bagur R., Sinning J.M., Nickenig G. et al. Chimney stenting for coronary occlusion during TAVR: insights from the chimney registry. *JACC Cardiovasc. Interv*. 2020; 13 (6): 751–61. DOI: 10.1016/j.jcin.2020.01.227
14. Lederman R.J., Babaliaros V.C., Rogers T., Khan J.M., Kamioka N., Dvir D. et al. Preventing coronary obstruction during transcatheter aortic valve replacement. From computed tomography to BASILICA. *J. Am. Coll. Cardiol. Cardiovasc. Interv*. 2019; 1197–216. DOI: 10.1016/j.jcin.2019.04.052
15. Palmerini T., Chakravarty T., Saia F., Bruno A.G., Bacchi-Reggiani M.L., Marrozzini C. et al. Coronary protection to prevent coronary obstruction during TAVR: a multicenter international registry. *JACC Cardiovasc. Interv*. 2020; 13 (6): 739–47. DOI: 10.1016/j.jcin.2019.11.024
16. Chakravarty T., Jilaihawi H., Nakamura M., Kashif M., Kar S., Cheng W. et al. Pre-emptive positioning of a coronary stent in the left anterior descending artery for left main protection: a prerequisite for transcatheter aortic valve-in-valve implantation for failing stentless bioprostheses? *Catheter. Cardiovasc. Interv*. 2013; 82: E630–6. DOI: 10.1002/ccd.25037
17. Blanke P., Soon J., Dvir D., Park J.K., Naoum C., Kueh S.H. et al. Computed tomography assessment for transcatheter aortic valve in valve implantation: the Vancouver approach to predict anatomical risk for coronary obstruction and other considerations. *J. Cardiovasc. Comput. Tomogr*. 2016; 10: 491–9. DOI: 10.1016/j.jcct.2016.09.004
18. Ribeiro H.B., Rodés-Cabau J., Blanke P., Leipsic J., Park K.J., Bapat V. et al. Incidence, predictors, and clinical outcomes of coronary obstruction following transcatheter aortic valve replacement for degenerative bioprosthetic surgical valves: insights from the VIVID registry. *Eur. Heart J*. 2018; 39: 687–95. DOI: 10.1093/eurheartj/ehx455