



*Саличкин Д.В., Комлев А.Е., Лепилин П.М., Колегаев А.С.,
Кучин И.В., Нурхаметова А.А., Имаев Т.Э.

ТРАНСКАТЕТЕРНАЯ ИМПЛАНТАЦИЯ АОРТАЛЬНОГО КЛАПАНА С КОМИССУРАЛЬНЫМ СООТВЕТСТВИЕМ

ФГБУ «НАЦИОНАЛЬНЫЙ МЕДИЦИНСКИЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ЦЕНТР КАРДИОЛОГИИ ИМЕНИ АКАДЕМИКА Е.И. ЧАЗОВА»
Минздрава России, ул. Академика Чазова, д. 15 а, г. Москва 121552, Российская Федерация

***Ответственный автор:** Саличкин Дмитрий Владимирович, к.м.н., врач сердечно-сосудистой хирургии, отдел сердечно-сосудистой хирургии, Институт клинической кардиологии имени А.Л. Мясникова, ФГБУ «НМИЦ кардиологии им. акад. Е.И. Чазова» Минздрава России, ул. Академика Чазова, д. 15 а, г. Москва 121552, Российская Федерация, e-mail: dmitrij-salichkin@yandex.ru, ORCID: 0000-0002-6121-3064

Алексей Евгеньевич Комлев, врач-кардиолог, отдел сердечно-сосудистой хирургии, Институт клинической кардиологии имени А.Л. Мясникова, ФГБУ «НМИЦ кардиологии им. акад. Е.И. Чазова» Минздрава России, г. Москва, Российская Федерация, ORCID: 0000-0001-6908-7472

Петр Михайлович Лепилин, к.м.н., старший научный сотрудник, лаборатория гибридных методов лечения сердечно-сосудистых заболеваний, врач сердечно-сосудистой хирургии, отдел сердечно-сосудистой хирургии, Институт клинической кардиологии имени А.Л. Мясникова, доцент кафедры сердечно-сосудистых заболеваний и ангиологии с курсом анестезиологии и реаниматологии, ФГБУ «НМИЦ кардиологии им. акад. Е.И. Чазова» Минздрава России, г. Москва, Российская Федерация, ORCID: 0000-0003-2979-2542

Александр Сергеевич Колегаев, к.м.н., старший научный сотрудник, лаборатория гибридных методов лечения сердечно-сосудистых заболеваний, врач сердечно-сосудистой хирургии, отдел сердечно-сосудистой хирургии, Институт клинической кардиологии имени А.Л. Мясникова, доцент кафедры сердечно-сосудистых заболеваний и ангиологии с курсом анестезиологии и реаниматологии, ФГБУ «НМИЦ кардиологии им. акад. Е.И. Чазова» Минздрава России, г. Москва, Российская Федерация, ORCID: 0000-0002-5054-1310

Иван Владимирович Кучин, врач-кардиолог, отдел сердечно-сосудистой хирургии, Институт клинической кардиологии имени А.Л. Мясникова, ФГБУ «НМИЦ кардиологии им. акад. Е.И. Чазова» Минздрава России, г. Москва, Российская Федерация, ORCID: 0000-0001-7691-9185

Алина Азатовна Нурхаметова, врач-кардиолог, отдел сердечно-сосудистой хирургии, Институт клинической кардиологии имени А.Л. Мясникова, ФГБУ «НМИЦ кардиологии им. акад. Е.И. Чазова» Минздрава России, г. Москва, Российская Федерация, ORCID: 0000-0003-2839-442X

Тимур Эмвярович Имаев, д.м.н., главный научный сотрудник, руководитель лаборатории гибридных методов лечения сердечно-сосудистых заболеваний, врач сердечно-сосудистой хирургии, отдел сердечно-сосудистой хирургии, Институт клинической кардиологии имени А.Л. Мясникова, ФГБУ «НМИЦ кардиологии им. акад. Е.И. Чазова» Минздрава России, г. Москва, Российская Федерация, ORCID: 0000-0002-5736-5698

РЕЗЮМЕ

Транскатетерная имплантация аортального клапана (ТИАК) в настоящее время является общепризнанным методом лечения большинства пациентов с аортальным стенозом, причем в последнее время число таких операций неуклонно растет. Чрескожное коронарное вмешательство (ЧКВ), которое часто требуется пациентам после ТИАК, может быть сопряжено с техническими трудностями, обусловленными наличием имплантированного протеза аортального клапана. Компрометация устьев коронарных артерий может быть связана как с конструктивными особенностями протеза, так и с его позицией в корне аорты относительно комиссур нативного аортального клапана. Имплантация протеза с комиссуральным со-

ответствием частично решает проблему компрометации коронарных артерий, в связи с чем возможность использования данной техники должна учитываться при планировании ТИАК, особенно, у более молодых пациентов с подтвержденным атеросклерозом коронарных артерий и относительно высокой вероятностью потребности в ЧКВ в дальнейшем. В настоящее время ТИАК с принятым алгоритмом имплантации с комиссуральным соответствием применяется только у некоторых моделей протезов, которые и описаны в настоящей статье.

Ключевые слова: транскатетерная имплантация аортального клапана (ТИАК), комиссуральное соответствие.

Вклад авторов. Все авторы соответствуют критериям авторства ICMJE, принимали участие в подготовке статьи, наборе материала и его обработке.

Информация о конфликте интересов. Авторы заявляют об отсут-

ствии конфликта интересов.

Финансирование статьи. Работа выполнена без задействования грантов и финансовой поддержки от общественных, некоммерческих и коммерческих организаций.

✉ DMITRIJ-SALICHKIN@YANDEX.RU

Для цитирования: Саличкин Д.В., Комлев А.Е., Лепилин П.М., Колегаев А.С., Кучин И.В., Нурхаметова А.А., Имаев Т.Э. Транскатетерная имплантация аортального клапана с комиссуральным соответствием. Евразийский кардиологический журнал. 2023;(4):70-75. <https://doi.org/10.38109/2225-1685-2023-4-70-75>

Рукопись получена: 06.04.2023 | Рецензия получена: 01.09.2023 | Принята к публикации: 04.09.2023

© Саличкин Д.В., Комлев А.Е., Лепилин П.М., Колегаев А.С., Кучин И.В., Нурхаметова А.А., Имаев Т.Э., 2023

Данная статья распространяется на условиях «открытого доступа», в соответствии с лицензией CC BY-NC-SA 4.0 («Attribution-NonCommercial-ShareAlike»/ «Атрибуция-Некоммерчески-Сохранение Условий» 4.0), которая разрешает неограниченное некоммерческое использование, распространение и воспроизведение на любом носителе при условии указания автора и источника. Чтобы ознакомиться с полными условиями данной лицензии на русском языке, посетите сайт: <https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/deed.ru>



***Dmitry V. Salichkin, Alexey E. Komlev, Petr M. Lepilin, Alexander S. Kolegaev,
Ivan V. Kuchin, Alina A. Nurkhametova, Timur E. Imaev**

TRANSCATHETER AORTIC VALVE IMPLANTATION WITH COMMISSURAL ALIGNMENT

*E.I. CHAZOV NATIONAL MEDICAL RESEARCH CENTER OF CARDIOLOGY,
15A ACADEMICIAN CHAZOVA ST., MOSCOW 121552, RUSSIAN FEDERATION*

***Corresponding author: Dmitry V. Salichkin**, Cand. Of Sci. (Med.), cardiovascular surgeon, Department of Cardiovascular Surgery, A.L. Myasnikov Scientific research institute of clinical cardiology, E.I. Chazov National Medical Research Center of Cardiology, 15a Academician Chazova St., Moscow 121552, Russian Federation, e-mail: dmitrij-salichkin@yandex.ru, ORCID: 0000-0002-6121-3064

Alexey E. Komlev, cardiologist, Department of Cardiovascular Surgery, A.L. Myasnikov Scientific research institute of clinical cardiology, E.I. Chazov National Medical Research Center of Cardiology, Moscow, Russian Federation, ORCID: 0000-0001-6908-7472

Petr M. Lepilin, Cand. Of Sci. (Med.), Senior Researcher, Laboratory of Hybrid Methods for the Treatment of Cardiovascular Diseases, cardiovascular surgeon, Department of Cardiovascular Surgery, A.L. Myasnikov Scientific research institute of clinical cardiology, Associate Professor of the Department of Cardiovascular Diseases and Angiology with a course in Anesthesiology and Reanimatology, E.I. Chazov National Medical Research Center of Cardiology, Moscow, Russian Federation, ORCID: 0000-0003-2979-2542

Alexander S. Kolegaev, Cand. Of Sci. (Med.), Senior Researcher, Laboratory of Hybrid Methods for the Treatment of Cardiovascular Diseases, cardiovascular surgeon, Department of Cardiovascular Surgery, A.L. Myasnikov Scientific research institute of clinical cardiology, Associate Professor of the Department of Cardiovascular Diseases and Angiology with a course in Anesthesiology and Reanimatology, E.I. Chazov National Medical Research Center of Cardiology, Moscow, Russian Federation, ORCID: 0000-0002-5054-1310

Ivan V. Kuchin, cardiologist, Department of Cardiovascular Surgery, A.L. Myasnikov Scientific research institute of clinical cardiology, E.I. Chazov National Medical Research Center of Cardiology, Moscow, Russian Federation, ORCID: 0000-0001-7691-9185

Alina A. Nurkhametova, cardiologist, Department of Cardiovascular Surgery, A.L. Myasnikov Scientific research institute of clinical cardiology, E.I. Chazov National Medical Research Center of Cardiology, Moscow, Russian Federation, ORCID: 0000-0003-2839-442X

Timur E. Imaev, Dr. of Sci. (Med.), Chief Researcher, head of the Laboratory of Hybrid Methods for the Treatment of Cardiovascular Diseases, cardiovascular surgeon, Department of Cardiovascular Surgery, A.L. Myasnikov Scientific research institute of clinical cardiology, E.I. Chazov National Medical Research Center of Cardiology, Moscow, Russian Federation, ORCID: 0000-0002-5736-5698

SUMMARY

Transcatheter aortic valve implantation (TAVI) is commonly accepted method of treatment of aortic stenosis in most patients with currently increasing number of TAVI procedures. Patients after TAVI frequently have indications for percutaneous coronary intervention (PCI) that might be technically challenging due to the presence of transcatheter valve. Compromising coronary ostia involves such issues as design of the prosthesis and its position in the aortic root with respect to the commissures of native aortic valve. Since TAVI with commissural

alignment can mitigate risk of compromising coronary ostia, this option should be considered while planning TAVI, especially in younger patients with coronary atherosclerosis and relatively high probability of PCI in the future. The algorithm of commissural alignment in clinical practice of TAVI up to date has been proposed only for several transcatheter heart valves reported in this paper.

Key words: transcatheter aortic valve implantation (TAVI), commissural alignment.

Authors' contributions. All authors meet the ICMJE criteria for authorship, participated in the preparation of the article, the collection of material and its processing.

Conflict of Interest. All authors declare that there is no potential conflict

of interest requiring disclosure in this article.

Funding for the article. The work was carried out without the involvement of grants and financial support from public, non-profit and commercial organizations.

✉ **DMITRIJ-SALICHKIN@YANDEX.RU**

For citation: Dmitry V. Salichkin, Alexey E. Komlev, Petr M. Lepilin, Alexander S. Kolegaev, Ivan V. Kuchin, Alina A. Nurkhametova, Timur E. Imaev. Transcatheter aortic valve implantation with commissural alignment. Eurasian heart journal. 2023;(4):70-75 (In Russ.). <https://doi.org/10.38109/2225-1685-2023-4-70-75>

1 received: 06.04.2023 | **Revision Received:** 01.09.2023 | **Accepted:** 04.09.2023

© Dmitry V. Salichkin, Alexey E. Komlev, Petr M. Lepilin, Alexander S. Kolegaev, Ivan V. Kuchin, Alina A. Nurkhametova, Timur E. Imaev, 2023

This is an open access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International (CC BY-NC-SA 4.0) License (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>), which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original author and source are credited.

ВВЕДЕНИЕ

Со времени первой трансфеморальной имплантации аортального клапана Аланом Крийе [1], транскатетерные методики широко внедрились в клиническую практику во всем мире. С появлением протезов нового поколения и совершенствований методов имплантации количество осложнений транскатетерного лечения аортального стеноза значительно уменьшилось по сравнению с показателями на заре развития метода [2-5]. Если в начале 2000-х годов транскатетерная имплантация аортального клапана (ТИАК) рассматривалась как операция отчаяния у декомпенсированных пациентов высочайшего хирургического риска, то в настоящее время ТИАК зачастую выполняется при плановом протезировании аортального клапана (АК) независимо от возраста и хирургического риска [3,4,6,7]. Более молодой возраст пациентов, связанная с этим большая продолжительность предстоящей жизни и высокая распространенность коронарной патологии у пациентов с аортальным стенозом обуславливают актуальность проблемы сохранения адекватного доступа к устьям коронарных артерий (КА), который может быть скомпрометирован после ТИАК [8-11]. Одним из способов обеспечения выполнимости чрескожных коронарных вмешательств после ТИАК является методика имплантации с комиссуральным пациент-протезным соответствием [9,12].

МЕТОДИКА ИМПЛАНТАЦИИ РАЗЛИЧНЫХ ПРОТЕЗОВ

Транскатетерная имплантация с комиссуральным соответствием возможна для большинства существующих сегодня протезов. Исключением являются баллон-расширяемые протезы, для которых, несмотря на единичные описанные случаи [13], нет общепринятых рекомендаций для имплантации с комиссуральным соответствием, поэтому в данном обзоре они не обсуждаются. Ниже продемонстрированы технические особенности применения различных устройств.

ACURATE NEO И ACURATE NEO 2.

Протезы платформы AcurateNeo, как и все саморасширяющиеся протезы, в силу конструктивных особенностей клапана в заправленном состоянии всегда имеют одно и то же расположение по отношению к системе доставки. Данный протез

после загрузки в систему доставки имеет так называемые «свободные ячейки» по каждой комиссуре, которые легко идентифицируются на флуороскопической картине (рис. 1), что позволяет при соблюдении определенного алгоритма позиционировать комиссуры протеза (в заправленном состоянии) соответственно комиссурам нативного клапана.

На рисунке 2 представлен принцип позиционирования протеза для достижения соответствия по комиссурам, который подразумевает размещение одной из свободных ячеек по внутренней кривизне аорты в проекции, в которой левый и правый синусы накладываются друг на друга (проекция «cusp overlap»). В этом случае комиссура между левой и правой коронарной створкой также оказывается расположенной по внутренней кривизне аорты. Стоит отметить, что заводить систему доставки в этом случае рекомендовано с ориентацией промывочного порта на 6 часов условного циферблата.

CORE VALVE EVOLUTE R И CORE VALVE EVOLUTE R PRO.

Принцип имплантации протеза саморасширяющегося АК Medtronic также заключается в позиционировании протеза в проекции cusp overlap, с тем чтобы комиссура биопротеза оказалась расположенной по внутренней кривизне аорты, соответственно комиссуре между левой и правой коронарными створками нативного клапана. Советующие конструктивные особенности протеза и флуороскопические маркеры представлены на рисунке 3. С-маркер на протезе заправляется в систему доставки напротив промывочного порта. На дистальном конце системы доставки располагается маркер короны протеза, который ротирован на 90° вправо от С-маркера, который имеет флуороскопические критерии своего расположения в капсуле дистального сегмента системы доставки (наружное, внутреннее, переднее и заднее центральное относительно кривизны аорты и плоскости АК). После заведения системы доставки в положении промывочного порта на 3 часа условного циферблата необходимо разместить систему доставки в проекции cusp overlap таким образом, чтобы С-маркер располагался по внутренней кривизне аорты, а маркер короны был в положении наружной или центральной передней кривизны.

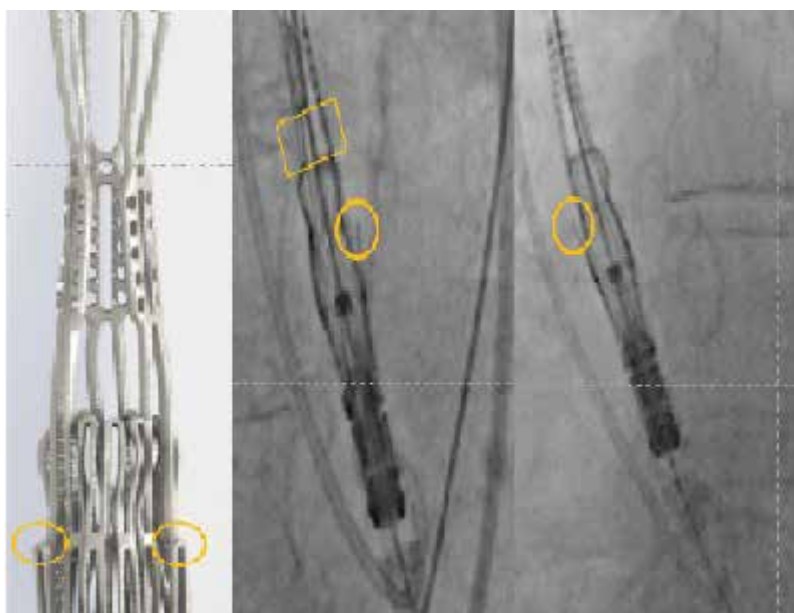


Рисунок 1. Свободные ячейки на корпусе протеза Acurate Neo и флуороскопическая картина при имплантации

Figure 1. Free cells in the frame of Acurate Neo valve and fluoroscopy view during implantation

ОБСУЖДЕНИЕ

В 2013 году коллективом авторов из Франции был впервые опубликован один из первых случаев ТИАК с достижением комиссурального соответствия по поводу аортальной регургитации пациенту с узким корнем аорты, ранее перенесшему реконструкцию восходящей аорты и реваскуляризацию коронарных и сонных артерий по поводу синдрома Такаясу. В представленном наблюдении был имплантирован протез CoreValve первого поколения, у которого ушки фиксации не расположены напротив комиссур, что не позволяло использовать общепринятый в настоящее время вышеописанный алгоритм [14].

Расширение показаний к ТИАК на пациентов среднего хирургического риска и снижения возрастного ограничения закономерно привело к тому, что возрастает актуальность выполнения пациентам коронарных ЧКВ в будущем, поскольку на момент протезирования АК коронарной недостаточности может не быть. В отдельных исследованиях было показано, что доступ к коронарным сосудам может быть скомпрометирован у 8% к правой КА и 16% – к левой КА, и 26% – к правой КА и 35% – к левой КА в случае применения баллон-расширяемых и самораскрывающихся протезов соответственно [15]. Устья КА после операции ТИАК могут быть скомпрометированы разными механизмами (стратами корпуса протеза, выраженным кальцинозом створок нативного АК в сочетании с узким синусом Вальсальвы и/или низким отхождением КА относительно фиброзного кольца и т.д.), в число которых входит блокирование пространства для заведения инструмента комиссурой протеза.

Дополнительным аргументом в пользу выбора методики комиссурального соответствия у пациентов средней возрастной группы является необходимость выполнения повторного протезирования АК в будущем в связи с неизбежной деградацией створок биопротеза с течением времени. При хирургическом протезировании АК в условиях искусственного кровообращения протез а priori размещается с соблюдением комиссурального соответствия, а створки нативного АК иссекаются. В данном сценарии последующая транскатетерная имплантация клапан-в-клапан является относительно безопасной в случае

широких синусов Вальсальвы и технически выполнимой при узком корне аорты с применением методики BASILICA (эндоваскулярное рассечение сворки в проекции устья КА). В случае же имплантации протеза в транскатетерный клапан, который был имплантирован без комиссурального соответствия, процедура Basilica будет технически невыполнима [16], что резко увеличивает риски развития обструкции КА. В подобных случаях выполнимость операции протез-в-протез будет зависеть исключительно от особенностей анатомии корня аорты (ширина синусов Вальсальвы, высота отхождения устьев коронарных артерий и т.д.).

Омолождение пациентов, которым выполняется операция ТИАК, привело к изменению в тактике лечения аортального стеноза в сочетании с ИБС. У пациентов старшей возрастной группы часто встречается выраженный атеросклероз КА, и во многих случаях чрескожная реваскуляризация миокарда выполняется в качестве первого этапа эндоваскулярного лечения. Особенно обоснованным представляется первоочередное стентирование КА при запланированной имплантации самораскрывающегося протеза Core Valve, когда риск скомпрометировать устья КА высок. Однако определить гемодинамическую значимость пограничных стенозов перед ТИАК проблематично, поскольку выполнение полноценного нагрузочного теста для выявления преходящей ишемии пациентам с симптомным аортальным стенозом противопоказано, а такой метод инвазивного исследования коронарного кровотока как фракционный резерв обладает значительной диагностической погрешностью при наличии тяжелого аортального стеноза. В этих ситуациях техника комиссурального соответствия позволяет выполнять протезирование АК первым этапом без увеличения рисков скомпрометирования устьев КА с точки зрения выполнимости последующего ЧКВ (в случае если пограничный стеноз окажется гемодинамически значимым).

Как и любая методика, техника комиссурального соответствия не лишена недостатков. Она идеально применима при нормальной анатомии корня аорты с тремя симметричными синусами Вальсальвы, тремя изолированными створками АК и отходящими от центра синуса устьями КА. В реальной клини-

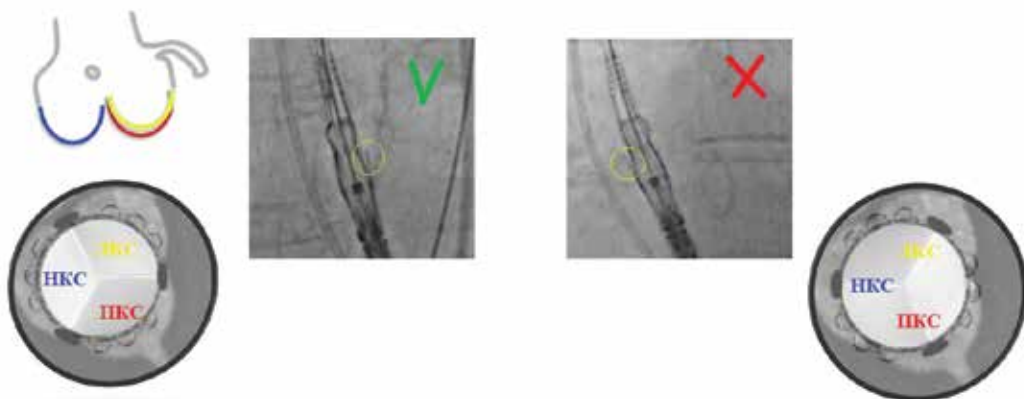


Рисунок 2. Использование проекции cusp overlap для выравнивания комиссур

Figure 2. Cusp overlap view for commissural alignment

Примечание/Note: ЛКС – левый коронарный синус (LCS – left coronary sinus), ПКС – правый коронарный синус (RCS – right coronary sinus), НКС – некоронарный синус (NCS – non-coronary sinus)

ческой практике часто встречаются пациенты с ассиметричными синусами корня аорты или деформированными створками с ассиметричным кальцинозом, а также с бicuspidальным АК. Очевидно, что в этих случаях при имплантации не всегда возможно добиться желаемого сопоставления структур корня аорты и транскатетерного протеза. Более того, некоторые исследования продемонстрировали, что при эксцентричном отхождении КА от синуса Вальсальвы более актуальным является не комиссуральное, а так называемое «коронарное» соответствие. В одном исследовании показано, что у трети пациентов при операции ре-ТИАК имеется повышенный риск коронарной окклюзии, несмотря на применение методики комиссурального соответствия при первичном вмешательстве. В то же время при использовании техники «коронарного» пациент-протезного соответствия этот риск уменьшается в 6 раз, что снижает необходимость применения сложных техник профилактики коронарной окклюзии (например, BASILICA) [17].

Существенным анатомическим ограничением для ретроградного позиционирования и вращения системы доставки может

быть выраженная извитость и/или кальциноз артерий подвздошно-бедренного сегмента и аорты. Для нивелирования данных неблагоприятных факторов методика комиссурального соответствия подразумевает заведение системы доставки в определённом положении (расположение промывочного порта по циферблату), поскольку в этом случае, как правило, необходимо минимальное дополнительное позиционирование в отличие от других положений промывочного порта [15].

Вопросы лечебной тактики в целом и выбора транскатетерного протеза АК и этапности лечения сопутствующего коронарного поражения, в частности, должны решаться на основании индивидуальной анатомии и особенностей клинической картины заболевания у конкретного пациента. Наличие в арсенале эндоваскулярного хирурга техники комиссурального соответствия позволяет в некоторых случаях оптимизировать результаты ТИАК за счет создания благоприятных условий для повторных транскатетерных вмешательств.

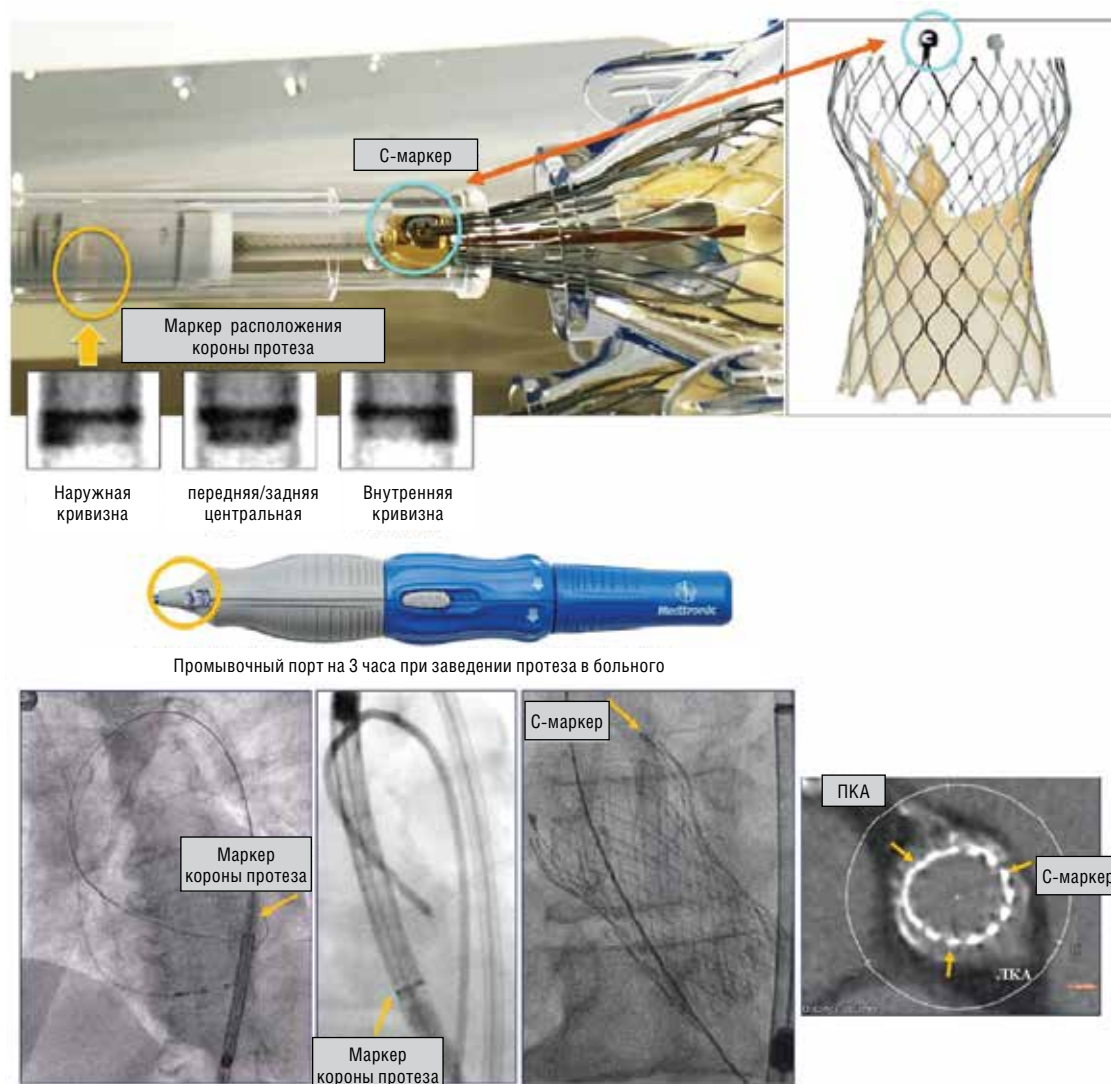


Рисунок 3. Расположение C-маркера протеза CoreValve в системе доставки

Figure 3. Position of C-marker in the delivery system of CoreValve

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ/ REFERENCES:

1. Cribrier A, Eltchaninoff H, Bash A, et al. Percutaneous transcatheter implantation of an aortic valve prosthesis for calcific aortic stenosis: first human case description. *Circulation*. 2002;106:3006-3008. <https://doi.org/10.1161/01.cir.0000047200.36165.b8>
2. Leon MB, Smith CR, Mack M, et al. Transcatheter aortic-valve implantation for aortic stenosis in patients who cannot undergo surgery. *N Engl J Med*. 2010;363:1597-607. <https://doi.org/10.1056/NEJMoa1008232>
3. Leon MB, Smith CR, Mack MJ, et al. Transcatheter or surgical aortic-valve replacement in intermediate-risk patients. *N Engl J Med*. 2016;374:1609-20. <https://doi.org/10.1056/NEJMoa1514616>
4. Reardon MJ, Van Mieghem NM, Popma JJ, et al. Surgical or transcatheter aortic-valve replacement in intermediate-risk patients. *N Engl J Med*. 2017;376:1321-31. <https://doi.org/10.1056/NEJMoa1700456>
5. Имаев Т.Э., Комлев А.Е., Акчурин Р.С. Прогноз при транскатетерной имплантации аортального клапана. Рациональная фармакотерапия в кардиологии 2016;12(6):718-724. [Imaev T.E., Komlev A.E., Akchurin R.S. The Prognosis in Transcatheter Aortic Valve Implantation. Rational Pharmacotherapy in Cardiology 2016;12(6):718-724 (In Russ.)]. <http://dx.doi.org/10.20996/1819-6446-2016-12-6-718-724>
6. Mack MJ, Leon MB, Thourani VH, et al. Transcatheter aortic-valve replacement with a balloon-expandable valve in low-risk patients. *N Engl J Med*. 2019;380:1695-705. <https://doi.org/10.1056/NEJMoa1814052>
7. Popma JJ, Deeb GM, Yakubov SJ, et al. Transcatheter aortic-valve replacement with a self-expanding valve in low-risk patients. *N Engl J Med*. 2019;380:1706-15. <https://doi.org/10.1056/NEJMoa1816885>
8. Bieliauskas G, Wong I, Bajoras V, et al. Patient-specific implantation technique to obtain neo-commissural alignment with self-expanding transcatheter aortic valves. *JACC Cardiovasc Interv*. 2021;14:2097-108. <https://doi.org/10.1016/j.jcin.2021.06.033>
9. De Backer O, Landes U, Fuchs A, et al. Coronary access after TAVR-in-TAVR as evaluated by multidetector computed tomography. *JACC Cardiovasc Interv*. 2020;13:2528-38. <https://doi.org/10.1016/j.jcin.2020.06.016>
10. Rogers T, Greenspun BC, Weissman G, et al. Feasibility of coronary access and aortic valve reintervention in low-risk TAVR patients. *JACC Cardiovasc Interv*. 2020;13:726-35. <https://doi.org/10.1016/j.jcin.2020.01.202>
11. Tang GHL, Sengupta A, Alexis SL, et al. Conventional versus modified delivery system technique in commissural alignment from the Evolut low-risk CT substudy. *Catheter Cardiovasc Interv*. 2022;99:924-31. <https://doi.org/10.1002/ccd.29973>
12. Yudi MB, Sharma SK, Tang GHL, Kini A. Coronary angiography and percutaneous coronary intervention after transcatheter aortic valve replacement. *J Am Coll Cardiol*. 2018;71:1360-78. <https://doi.org/10.1016/j.jacc.2018.01.057>
13. Santos-Martínez S, Redondo A, González-Bartol E, et al. Feasibility of precise commissural and coronary alignment with balloon-expandable TAVI. *Rev Esp Cardiol (Engl Ed)*. 2023 Jan;76(1):19-24. <https://doi.org/10.1016/j.rec.2022.03.003>
14. Dumonteil N, Marcheix B, Lairez O, Laborde JC. Transcatheter aortic valve implantation for severe, non-calcified aortic regurgitation and narrow aortic root: description from a case report of a new approach to potentially avoid coronary artery obstruction. *Catheter Cardiovasc Interv*. 2013 Aug 1;82(2):E124-7. <https://doi.org/10.1002/ccd.24541>
15. Webb JG, Blanke P, Meier D, et al. TAVI in 2022: Remaining issues and future direction. *Arch Cardiovasc Dis*. 2022 Apr;115(4):235-242. <https://doi.org/10.1016/j.acvd.2022.04.001>
16. Avvedimento M, Tang GHL. Commissural alignment in TAVI: a new frontier to facilitate coronary reaccess and Redo TAVI. *Mini-invasive Surg* 2022;6:24. <http://dx.doi.org/10.20517/2574-1225.2021.143>
17. Redondo A, Baladrón Zorita C, Tchétché D, et al. Commissural Versus Coronary Optimized Alignment During Transcatheter Aortic Valve Replacement. *JACC Cardiovasc Interv*. 2022 Jan 24;15(2):135-146. <https://doi.org/10.1016/j.jcin.2021.10.005>