



ТРАНСКАТЕТЕРНАЯ ИМПЛАНТАЦИЯ АОРТАЛЬНОГО КЛАПАНА: ОТ ИДЕИ ДО ВНЕДРЕНИЯ

В.И. Ганюков, Р.С. Тарасов, А.Ю. Колесников, И.В. Ганюков

Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Научно-исследовательский институт комплексных проблем сердечно-сосудистых заболеваний», бульвар им. академика Л.С. Барбараша, 6, Кемерово, Российская Федерация, 650002

Основные положения

• Транскатетерная имплантация аортального клапана – один из инновационных трендов современной кардиоваскулярной медицины. Данная минимально инвазивная рентгенэндоваскулярная технология становится все более щадящей, что позволяет реализовать принципы минималистического подхода, при котором пересадка аортального клапана осуществляется без разрезов, наркоза и искусственной вентиляции легких – пациенты находятся в сознании в условиях спонтанного дыхания. В статье описана смена парадигмы современной кардиологии, в рамках которой концепция лечения больных дегенеративным аортальным стенозом за 20 лет существования транскатетерной опции протезирования изменилась с ее применения у ограниченного количества пациентов крайне высокого риска, не подходящих для кардиохирургического вмешательства, до превалирования и ее использования у лиц промежуточного и даже низкого хирургического риска. Освещены основные клинические и технические принципы транскатетерной замены аортального клапана, а также перспективы развития данной технологии.

Резюме

Технология транскатетерной имплантации аортального клапана впервые применена в клинической практике в апреле 2002 г. Современные специалисты по рентгенохирургическим методам диагностики и лечения еще четверть века назад вряд ли бы поверили, что будут выполнять транскатетерные вмешательства на клапанах сердца, представляющие серьезную альтернативу «открытым» операциям при лечении пациентов с приобретенными пороками сердца. Транскатетерное протезирование или репротезирование клапанов сердца, не требующее разрезов, искусственного кровообращения, а в ряде случаев и тотальной анестезии, даже сегодня продолжает восприниматься как революционная техника, позволяющая спасти жизни тяжелых пациентов. В статье описаны основные вехи развития рентгенэндоваскулярной хирургии и технологии транскатетерной пересадки аортального клапана, объемы выполнения которой в США и ряде стран Европы ежегодно увеличиваются на 10–15%, достигая сотен тысяч случаев в год. Изложены этиология и патофизиология аортального стеноза, техника выполнения транскатетерной имплантации аортального клапана, а также оценены результаты данной перспективной малоинвазивной операции.

Ключевые слова

Транскатетерная имплантация аортального клапана • Приобретенный порок аортального клапана • Аортальный стеноз • Рентгенэндоваскулярная коррекция приобретенного порока сердца

Поступила в редакцию: 17.01.2024; поступила после доработки: 02.02.2024; принята к печати: 01.03.2024

TRANSCATHETER AORTIC VALVE REPLACEMENT: FROM IDEA TO IMPLEMENTATION

V.I. Ganyukov, R.S. Tarasov, A.Yu. Kolesnikov, I.V. Ganyukov

Federal State Budgetary Institution “Research Institute for Complex Issues of Cardiovascular Diseases”, 6, blvd. named after academician L.S. Barbarasha, Kemerovo, Russian Federation, 650002

Highlights

• Transcatheter aortic valve replacement is an innovative trend in modern cardiovascular surgery. This minimally invasive image-guided endovascular technology is becoming more and more safe, nowadays

Для корреспонденции: Владимир Иванович Ганюков, ganyukov@mail.ru; адрес: бульвар им. академика Л.С. Барбараша, 6, Кемерово, Российская Федерация, 650002

Corresponding author: Vladimir I. Ganyukov, ganyukov@mail.ru; address: 6, blvd. named after academician L.S. Barbarasha, Kemerovo, Russian Federation, 650002

it can involve a minimalistic approach in which the aortic valve replacement is performed without incisions, anesthesia and cardiopulmonary bypass – patients are conscious and spontaneously breathing. The article describes a paradigm shift in modern cardiology, in which the concept of treating patients with degenerative aortic valve stenosis has changed over the 20 years of existence of the transcatheter replacement, starting as a method used only in small number of extremely high-risk patients unsuitable for cardiac surgery and now being the most prevalent treatment modality in patients at intermediate and even low surgical risk. The main clinical and technical principles of transcatheter aortic valve replacement, as well as the prospects for the development of this technique, are highlighted.

Abstract

Transcatheter aortic valve replacement technique was first implemented about 20 years ago, in April 2002. A quarter of a century ago, specialists involved in image-guided surgery would have never believed that they would perform transcatheter interventions on heart valves. Transcatheter interventions are an alternative to open-heart surgery for acquired heart disease. Transcatheter heart valve replacement or repeat transcatheter aortic valve replacement, which do not require incisions, cardiopulmonary bypass, and in some cases general anesthesia, to this day continue to be perceived as revolutionary and breakthrough, saving the lives of many patients. The article presents the main milestones in the development of image-guided endovascular surgery and transcatheter aortic valve replacement technique, the number of which in the United States and several European countries increases by 10–15% annually, reaching hundreds of thousands per year. The etiology and pathophysiology of aortic stenosis, the technique of transcatheter aortic valve replacement and the outcome of this promising minimally invasive procedure are presented.

Keywords

TAVI • Aortic valve disease • Aortic valve stenosis • Transcatheter aortic valve disease correction

Received: 17.01.2024; received in revised form: 02.02.2024; accepted: 01.13.2024

Специальность «рентгенэндоваскулярная хирургия»: основные вехи развития

Специальность, называемая в России «рентгенэндоваскулярные диагностика и лечение» (в странах Запада за ней закрепилось понятие интервенционной кардиологии), одна из самых новых в медицине. Она возникла во второй половине XX в. и на протяжении многих лет, не обладая статусом самостоятельного направления, имела зону ответственности в виде диагностического сопровождения сердечно-сосудистой хирургии. Однако уже в 1980–1990-е гг. рентгенэндоваскулярная хирургия превратилась в самостоятельное многовекторное направление медицины, тесно связанное с кардиологией, сердечно-сосудистой хирургией, неврологией и нейрохирургией, онкологией и целым рядом других специальностей. Этому способствовали открытия, смелые инновационные решения и многолетняя работа специалистов, видевших в новом направлении огромный потенциал и творчески относившихся к своей работе. Среди наиболее значимых событий можно назвать первую катетеризацию сердца, выполненную немецким ученым Вернером Форсманом в 1929 г. В 25-летнем возрасте после серии успешных экспериментов на трупном материале вопреки советам коллег хирург

провел мочевой катетер длиной 65 см через собственную левую кубитальную (расположенную в области локтевого сгиба) вену в свое правое предсердие под контролем флюороскопа, задокументировав факт катетеризации правого сердца рентгеновским снимком (рис. 1). За такое неординарное действие он был уволен из больницы с комментарием «*Ваш метод хорош для демонстрации в цирке, а не в ре-спектабельной клинике*», однако спустя полвека это

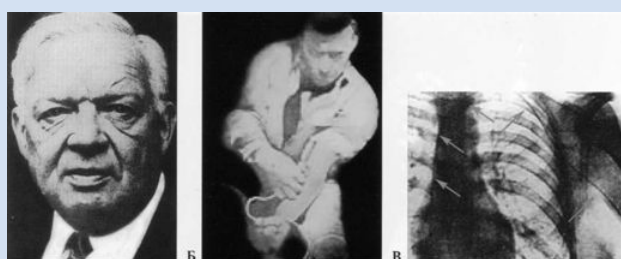


Рисунок 1. Вернер Форсман (1904–1979). Слева направо: фото ученого в зрелые годы, процесс катетеризации правого сердца через кубитальную (в области локтевого сгиба) вену и рентгеновский снимок, на котором стрелками обозначен катетер, проведенный в правое предсердие

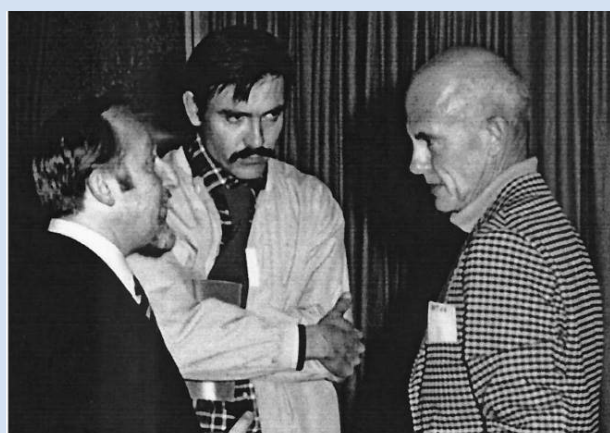
Figure 1. Werner Forsman (1904–1979). From left to right: a photo of the scientist in his mature years, the process of catheterization of the right heart through the cubital vein (in the area of the elbow bend) and an X-ray, on which the arrows indicate a catheter inserted into the right atrium

учреждение стало носить его имя. Это был первый в истории медицины случай прижизненной катетеризации сердца, открывший путь к развитию одного из самых перспективных ее направлений – интервенционной кардиологии.

Интересный исторический факт заключается в том, что В. Форсман принимал участие во Второй мировой войне на стороне нацистской Германии, а в 1945 г. попал в плен к американцам. Впоследствии был освобожден и работал урологом в небольшой клинике. Там работами В. Форсмана заинтересовалась группа американских ученых, которые в со- роковые годы XX в. вели исследования, связанные с оценкой показателей гемодинамики у раненых солдат с массивной кровопотерей и шоком. Спустя 27 лет после бросающего вызов эксперимента



Лауреаты Нобелевской премии 1956 г. «за открытия, связанные с катетеризацией сердца и патологическими изменениями в системе кровообращения». Слева направо: В. Форсман, А. Курнан и Д. Ричардс
Winners of the 1956 Nobel Prize "For discoveries related to cardiac catheterization and pathological changes in the cardiovascular system". From left to right: V. Forssmann, A. Kurnan and D. Richards



Э. Зайтлер, А. Грюнтциг и Ч. Доттер (слева направо) на симпозиуме в Германии в 1975 г. обсуждают технику баллонной ангиопластики артерий
E. Seitler, A. Gruntzig and Ch. Dotter (from left to right) are discussing balloon angioplasty procedure at a symposium in Germany in 1975

В. Форсмана Андре Фредерик Курнан и Дикинсон Ричардс стали лауреатами Нобелевской премии «за открытия, связанные с катетеризацией сердца и патологическими изменениями в системе кровообращения». Номинанты выступили с просьбой о включении в список авторов данного открытия немецкого коллеги, аргументируя это огромным влиянием работ В. Форсмана на полученные ими результаты. В итоге Нобелевскую премию получили все три ученых. В своей Нобелевской лекции в 1956 г. А. Курнан отметил: «Катетеризация сердца была ключом в замке, повернув который вначале физиологи, а затем и хирурги открыли дверь в новую эпоху понимания нормальной и патологической физиологии кровообращения и сердечно-сосудистой системы в целом» [1].

Среди открытий, внесших значительный вклад в развитие интервенционной кардиологии, также стоит отметить первую баллонную ангиопластику коронарных артерий, выполненную А. Грюнтцигом в 1977 г. Этот выдающийся человек, основываясь на идеях Ч. Доттера, М. Джадкинса и Р. Миллера, сконструировал двухпросветный баллонный катетер (1976 г.), материалом для которого послужил поливинилхлорид. Сначала А. Грюнтциг выполнил ангиопластику подвздошно-бедренных и подколенных артерий в эксперименте на трупном материале.

В сентябре 1977 г. А. Грюнтциг выполнил первую в мире коронарную баллонную ангиопластику передней межжелудочковой артерии (самой важной из трех артерий, кровоснабжающих сердечную мышцу) 38-летнему пациенту, прожившему после вмешательства еще более 20 лет (рис. 2). Первую коронарную баллонную ангиопластику в СССР в 1982 г. провели И.Х. Рабкин и А.М. Абугов во Всесоюзном научном центре хирургии АМН СССР [1]. К сожалению, А. Грюнтциг прожил насыщенную, полную открытий и инноваций, но недолгую жизнь: в 1985 г. в возрасте 46 лет он погиб в ави-

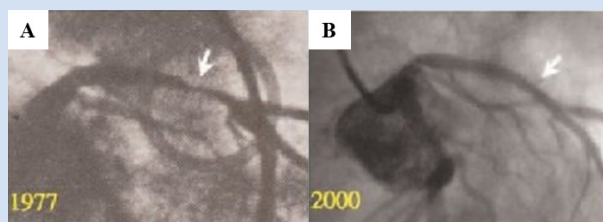


Рисунок 2. Ангиограммы пациента, которому в 1977 г. выполнена первая в мире баллонная коронарная ангиопластика: *A* – исходная ангиограмма 1977 г., стрелкой демонстрируется выраженный стеноз передней межжелудочковой артерии сердца; *B* – ангиограмма данного пациента, выполненная спустя 23 года, стрелкой отмечено место выполнения ангиопластики в отсутствии сужения сосуда

Figure 2. Angiograms of a patient who underwent the world's first balloon angioplasty in 1977. *A* – baseline angiogram performed in 1977, the arrow indicates pronounced stenosis of the anterior interventricular artery of the heart; *B* – angiogram of the same patient, performed 23 years later, the arrow indicates the angioplasty area and the absence of stenosis

акатастрофе с супругой, разбившись на самолете, который сам и пилотировал.

Несмотря на то что первое чрескожное коронарное вмешательство в объеме баллонной коронарной ангиопластики было выполнено А. Грюнтцигом только в 1977 г. в Швейцарии, а первая установка стента в коронарную артерию проведена У. Сигвартом в 1986 г. во Франции, в настоящее время стентирование коронарных артерий стало наиболее часто выполняемым инвазивным вмешательством в мире. Только в США ежегодно проводится около миллиона подобных малоинвазивных процедур, в Российской Федерации данный показатель в 2019 г. превысил 170 на 100 тыс. населения в год (более 220 тыс.), а в Европе количественные показатели ежегодно выполняемых чрескожных коронарных вмешательств находятся в диапазоне от 94 на 100 тыс. населения (Румыния) до 385 на 100 тыс. (Германия) (the EAPCI White Book database, 2016). Уже к 2004 г. количество ежегодно выполняемых в мире стентирований коронарных артерий превысило 3 млн, а к 2019 г. составило около 5 млн [2].

Говоря о важнейших этапах развития рентгенохирургии, нельзя не отметить первую ангиопластику коарктации и рекоарктации аорты и клапанного стеноза аорты в 1983 г., первое стентирование (имплантация в область сужения артерии специальной металлической конструкции, поддерживающей ее проходимость) коронарных артерий, проведенное в 1986 г., стентирование внутренней сонной артерии (артерия, кровоснабжающая головной мозг) в 1989 г., разработку устройств и техник эндоваскулярной коррекции септальных врожденных дефектов (патологические сообщения между предсердиями или желудочками сердца) у детей в 1990-е гг., а также появление в 2002 г. коронарных стентов с лекарственным покрытием (на стенты стали нано-

сить лекарственные препараты из группы цитостатиков – веществ, замедляющих деление клеток, в результате были получены намного более оптимистичные результаты стентирования в сравнении с устройствами без лекарственного покрытия).

Особое внимание в качестве сложнейшего направления рентгенохирургии занимают транскатетерные вмешательства на клапанах сердца, в настоящее время представляющие серьезную альтернативу «открытым» операциям (с разрезом грудной клетки, требующим наркоза, искусственной вентиляции легких, подключения аппарата искусственного кровообращения) при лечении пациентов с приобретенными пороками сердца. Сама идея транскатетерного протезирования или репротезирования клапанов сердца и техника его выполнения, не требующая разрезов, искусственного кровообращения, а в ряде случаев и тотальной анестезии, даже сегодня продолжает восприниматься как революционная. Действительно, в 2002 г. Ален Крибье совершил настоящий переворот в хирургии аортального стеноза, проведя первую в мире транскатетерную имплантацию аортального клапана пациенту крайне высокого хирургического риска. 16 апреля 2002 г. стал днем первой имплантации протеза пациенту.

За три дня до этого у 57-летнего больного тяжелым аортальным стенозом был диагностирован кардиогенный шок с серьезной дисфункцией левого желудочка. Также пациент имел несколько сопутствующих заболеваний, что являлось противопоказанием к хирургическому протезированию аортального клапана «открытым» методом. После экстренной безуспешной баллонной вальвулопластики (процедуры с попыткой увеличить просвет аортального клапана при помощи раздувания баллонного катетера) было предложено провести транскатетерную имплантацию аортального клапана как последний вариант лечения этого относительно молодого пациента. Симптомы данного тяжелого больного свидетельствовали о сложности его лечения, так как у него также была подострая ишемия нижних конечностей вследствие окклюзий (полного закрытия) бедренных артерий в результате атеросклероза, что препятствовало трансфеморальному (через бедренную артерию) доступу имплантации. Вмешательство провели совместно А. Крибье, Х. Ельчанинофф и К. Трон через незапланированный антеградный транссептальный подход (доступ для имплантации транскатетерного клапана путем прокола межпредсердной перегородки для заведения инструментов в область аортального клапана через следующие анатомические структуры: бедренная вена, правое предсердие, левое предсердие, митральный клапан, левый желудочек). Несмотря на то что вмешательство было незапланированным, каждый его шаг был удивительно простым.



А. Крибье после первой имплантации транскатетерного аортального клапана пациенту в 2002 г. [2]
A. Cribier after the first transcatheter aortic valve replacement in 2002 [2]

После имплантации гемодинамические и эхокардиографические результаты исследования были значительно лучше, без клапанного градиента. Артериальное давление возвратилось к норме, что позволило прекратить использование вазопрессоров (лекарственных препаратов для повышения артериального давления). У пациента не отмечено признаков окклюзии (закрытия) устьев коронарных артерий (артерий, кровоснабжающих сердце) или нарушения структур митрального клапана, нарушений предсердно-желудочковой проводимости. Интересно, что даже после теоретического и экспериментального обоснования возможности транскатетерной имплантации аортального клапана на четыре года (1995–1999) А. Крибье тщетно потратил на поиск биомедицинской компании, которой было бы интересно участие в данном проекте. Технические эксперты приводили длинный перечень инженерных проблем и возможных осложнений, в том числе обструкции устьев коронарных артерий, механические осложнения аортального и митрального клапанов, раннюю дислокацию и инсульт. Некоторые даже объявили проект «самым безумным, о котором когда-либо заявляли» [3].

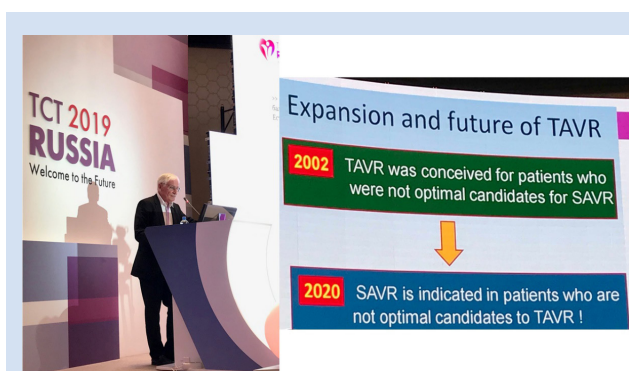
С тех пор прошло менее 20 лет, но концепция изменилась настолько, что если на заре внедрения данного метода транскатетерная имплантация аортального клапана рассматривалась для пациентов, не подходящих для «открытой» хирургии, то сейчас «открытая» коррекция аортального стеноза показана больным, не подходящим для транскатетерной имплантации клапана.

В СССР пионерами баллонной вальвулопластики (процедуры, послужившей основой для последующего внедрения технологии транскатетерного протезирования клапана сердца) митрального и аортального клапанов стали ленинградские профессора В.А. Силин и В.К. Сухов. Они стали разработчиками баллонного катетера собственной конструкции для вальвулопластики клапанов сердца. В Российской Федерации первая трансапикальная

(через верхушку сердца) имплантация транскатетерного клапана выполнена в НЦССХ им. А.Н. Бакулева в 2009 г. академиками Л.А. Бокерия и Б.Г. Алекианом. В этом же году Б.Г. Алекиан провел транскатетерную имплантацию клапана [4].

Говоря о потребности в выполнении транскатетерного протезирования аортального клапана в странах Европейского союза и России, можно привести следующие расчеты. Расчетный уровень ежегодной потребности в данном вмешательстве для стран Европейского союза на основании действующих рекомендаций составляет 115 тыс. в год (226 на 1 млн). В случае если показания к транскатетерному протезированию аортального клапана будут расширены с включением больных низкого хирургического риска (что уже и происходит), группа кандидатов на эндопротезирование возрастет до 177 тыс. в год (348 на 1 млн). На основании представленного алгоритма потребность в этих процедурах для Российской Федерации составляет 18 400 и 24 900 вмешательств в год (по актуальным и расширенным показаниям соответственно) [3]. В 2019 г. в России выполнено только около 1 200 транскатетерных протезирований аортального клапана, что ниже расчетной потребности примерно в 20 раз.

В качестве демонстрации развития технологии транскатетерного протезирования аортального клапана (ТПАК) в отечественном здравоохранении в настоящей публикации кратко представлены динамический анализ клинико-демографических и периоперационных показателей пациентов с тяжелым дегенеративным стенозом аортального клапана, технических аспектов вмешательства, а также оценка госпитальных исходов лечения и определение тенденций развития данного направления в Научно-исследовательском институте комплексных проблем сердечно-сосудистых заболеваний (НИИ КПССЗ).



А. Крибье на конференции TCT Russia в 2019 г. в Москве читает доклад о развитии транскатетерного протезирования аортального клапана

A. Cribier presents a report on the development of transcatheter aortic valve prostheses at the TCT Russia 2019 conference in Moscow



Академик РАН главный внештатный специалист Минздрава России по рентгенэндоваскулярным диагностике и лечению Б.Г. Алекиан демонстрирует транскатетерный протез аортального клапана

Member of the Russian Academy of Sciences, Lead Consultant on Image-guided Endovascular Diagnostics and Treatment of the Ministry of Health of the Russian Federation, B.G. Alekian is presenting a transcatheter aortic valve prosthesis

Что такое стеноз аортального клапана и как его протезировать под местной анестезии без разрезов

Аортальный клапан – один из четырех клапанов сердца. Расположен между главной насосной камерой сердца (левым желудочком) и крупнейшим магистральным сосудом организма – аортой, несущей под высоким давлением насыщенную кислородом кровь в органы и ткани. Аортальный клапан в норме состоит из соединительнотканного плотного фиброзного кольца, к которому крепятся три створки клапана, открывающиеся в сторону аорты в момент сокращения (систолы) левого желудочка, выбрасывающего кровь в аорту, и плотно смыкающиеся в момент расслабления (диастолы) сердца, не давая крови из аорты попасть обратно в левый желудочек (рис. 3).

Согласно данным литературы, частота выявления тяжелого сужения аортального клапана среди лиц в возрасте 65 лет и старше составляет

4,4%. Речь идет о так называемом дегенеративном или кальцинированном стенозе аортального клапана, факторами риска развития которого являются те же самые факторы, которые приводят к развитию атеросклероза артерий: высокое артериальное давление и уровень холестерина, сахарный диабет, курение, малоподвижный образ жизни. Кроме этого, известно о генетических факторах, предрасполагающих к дегенеративному изменению створок аортального клапана и отложению в них кальция.

В норме площадь открытия аортального клапана составляет около 3 см². Когда створки аортального клапана подвергаются дегенеративным изменениям с их выраженной деформацией, отложением в них кальция, происходит неполное открытие створок клапана, площадь его открытия уменьшается, в тяжелых случаях достигая всего лишь 0,5–1,0 см². Формируется так называемый градиент давления на клапане (разница между давлением в левом желудочке и аорте), который в норме отсутствует, а при аортальном стенозе может достигать и даже превышать 100 мм рт. ст., вследствие чего увеличивается скорость потока крови на аортальном клапане, при тяжелом пороке превышающая 4 м в секунду. При этом левый желудочек сердца начинает испытывать перегрузку, ведь для того чтобы изгнать кровь в аорту, ему приходится преодолевать значительное сопротивление, вызванное сужением аортального клапана. Так, при систолическом градиенте давления 100 мм рт. ст. для создания артериального давления, необходимого для нормальной жизнедеятельности организма, левый желудочек вынужден создавать давление более 200 мм рт. ст., а при повышенном артериальном давлении у пациентов с артериальной гипертензией и тяжелым аортальным стенозом давление в полости левого желудочка может достигать 250–300 мм рт. ст. Такая постоянная перегрузка левого желудочка у лиц с аортальным стенозом приводит к компенсаторной гипертрофии сердца (увеличению его объемов и массы), что негативно сказывается на системном и миокардиальном кровообращении, а со временем приводит к срыву компенсаторных механизмов и появлению таких грозных симптомов, как одышка (сначала при физической нагрузке, а затем и в покое, плохая переносимость горизонтального положения), боли в грудной клетке (чаще всего боли загрудинные, давящего характера, обусловлены недостатком кровоснабжения гипертрофированного миокарда левого желудочка, работающего с постоянной перегрузкой) и предобморочные или обморочные (синкопальные) состояния, характеризующиеся кратковременными эпизодами потери сознания, связанными с недостаточным кровоснабжением головного мозга. На этапе декомпенсации снижается и сократительная способность сердца, что при ультразвуковом исследовании проявляется

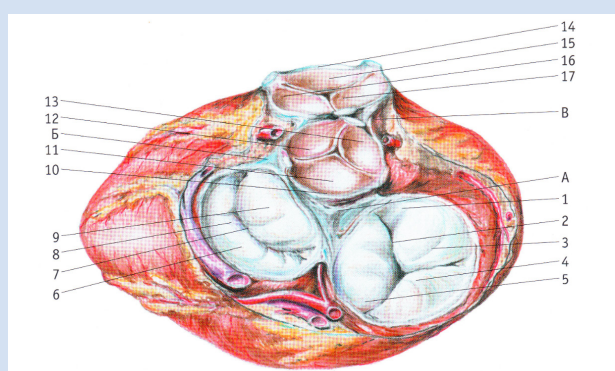


Рисунок 3. Фиброзный скелет и клапаны сердца: А – правый фиброзный треугольник; В – левый фиброзный треугольник; С – сухожилие артериального конуса; 1 – правый предсердно-желудочковый клапан; 2 – правое предсердно-желудочковое отверстие; 3 – передняя створка; 4 – задняя створка; 5 – перегородочная створка; 6 – митральный клапан; 7 – левое предсердно-желудочковое отверстие; 8 – задняя створка (прилегает к боковой стенке желудочка); 9 – передняя створка (обращена к межжелудочковой перегородке); 10 – аортальный клапан; 11 – задняя полулунная заслонка; 12 – левая полулунная заслонка; 13 – правая полулунная заслонка; 14 – клапан легочного ствола; 15 – передняя полулунная заслонка; 16 – левая полулунная заслонка; 17 – правая полулунная заслонка. Источник: В.К. Сухов, П.И. Бегун. Функциональная анатомия сердца. В кн.: Диагностика и рентгенохирургическое лечение ревматических пороков сердца. Руководство. Под ред. Л.С. Кокова, В.К. Сухова, Б.Е. Шахова. М.: ООО «Соверо-принт», 2006;15-27.

Figure 3. Fibrous skeleton and heart valves: A – Right fibrous trigone; B – left fibrous trigone; C – tendon of the conus arteriosus; 1 – right atrioventricular valve; 2 – right atrioventricular orifice; 3 – anterior cusp; 4 – posterior cusp; 5 – septal cusp; 6 – mitral valve; 7 – left atrioventricular opening; 8 – posterior cusp (adjacent to the lateral wall of the ventricle); 9 – anterior cusp (facing the interventricular septum); 10 – aortic valve; 11 – posterior semilunar cusp; 12 – left semilunar cusp; 13 – right semilunar cusp; 14 – pulmonary trunk valve; 15 – anterior semilunar cusp; 16 – left semilunar cusp; 17 – right semilunar cusp. Source: Sukhov V.K., Begun P.I. Functional anatomy of the heart. In: Diagnosis and X-ray surgical treatment of rheumatic heart defects. Guide. L.S. Kokov, V.K. Sukhov, B.E. Shakhov (Eds.). Moscow: Sovero-print LLC, 2006;15-27.

в виде снижения такого показателя, как фракция выброса левого желудочка (доля объема крови, которую левый желудочек изгоняет в аорту при сокращении; в норме этот показатель составляет 55% и более). При консервативном лечении, несмотря на асимптомный характер течения болезни, прослеживается снижение выживаемости до 60–65% к третьему году наблюдения при трансаортальной скорости кровотока более 5 м/сек и фракции выброса левого желудочка менее 60%.

Важно заметить, что левый желудочек обладает крайне высоким потенциалом компенсаторных возможностей, и аортальный стеноз годами может протекать бессимптомно, когда его можно диагностировать только на основании аускультации (прослушивания) сердца врачом при помощи фонендоскопа или на основании эхокардиографии (ультразвукового исследования сердца, являющегося «золотым стандартом» диагностики данного заболевания). Появление симптомов (проявлений) аортального стеноза в виде одного или даже трех основных признаков (одышки, болей в грудной клетке и обморочных состояний, называемых клиницистами злойшей триадой) указывает на истощение компенсаторных возможностей левого желудочка и крайне неблагоприятный ближайший прогноз при отсутствии хирургического или рентгенэндоваскулярного лечения.

Протезирование аортального клапана должно быть настоятельно рекомендовано всем симптомным пациентам с тяжелым аортальным стенозом. Выбор способа коррекции тяжелого аортального стеноза в медицинской практике основывается на современных рекомендациях профессиональных ассоциаций, составленных с учетом принципов доказательной медицины, главной составляющей которой являются результаты крупных международных или многоцентровых рандомизированных (распределение пациентов в группы исследования происходит независимым от исследователей способом) исследований. На сегодняшний день транскатетерная имплантация аортального клапана может рассматриваться у пациентов крайне высокого, высокого или промежуточного хирургического риска. Класс доказательности I с уровнем доказательности A является наивысшим и свидетельствует об абсолютных преимуществах в лечении пациентов при помощи того или иного метода. При этом шкалы, позволяющие оценить хирургический риск, учитывают срочность необходимой операции, степень декомпенсации состояния пациента, сократительную способность сердца и сопутствующие заболевания.

После того как диагноз аортального стеноза установлен и подтвержден данными ультразвуковой диагностики (эхокардиография), мультидисциплинарная команда (группа врачей нескольких

специальностей), в данном случае состоящая из кардиолога, рентгенохирурга и кардиохирурга, на основании клинических рекомендаций и с учетом состояния и особенностей конкретного пациента выбирает оптимальный способ протезирования аортального клапана: хирургический или транскатетерный. Транскатетерный метод в силу малой инвазивности часто является более привлекательным, когда речь идет о пациентах пожилого (старше 65 лет) и старческого (старше 75 лет) возраста, с выраженными симптомами заболевания, декомпенсацией состояния, тяжелыми сопутствующими заболеваниями и сниженной сократительной способностью сердца. Необходимо заметить, что доказательная база транскатетерной имплантации аортального клапана уже сейчас демонстрирует преимущества данного метода и его приемлемость и в менее тяжелых группах пациентов (с промежуточным и даже низким хирургическим риском). Действительно, тенденции развития метода транскатетерной имплантации аортального клапана таковы, что уже в самое ближайшее время в странах с развитыми системами здравоохранения и высокотехнологичной медициной на «открытое» вмешательство по протезированию аортального клапана будут направляться пациенты, по тем или иным причинам не подходящие для транскатетерной имплантации клапана.

Важнейший диагностический этап при планировании транскатетерной имплантации аортального клапана заключается в выполнении пациенту мультиспиральной компьютерной томографии сердца и аорты по специальному протоколу с синхронизацией исследования с электрокардиограммой для получения изображений с максимальным качеством. Данное исследование проводят для количественных измерений различных анатомических структур сердца аорты и подвздошно-бедренных артерий. На основании этих измерений делается заключение о технической возможности транскатетерной имплантации того или иного вида протеза, рисках данного вмешательства, наличии или отсутствии возможности оптимального вида сосудистого доступа для доставки клапана (рис. 4).

Оптимальным способом сосудистого доступа для транскатетерной имплантации аортального клапана считается общая бедренная артерия. Анатомически общая бедренная артерия располагается в области головки бедренной кости. В этой связи ее прокол для заведения инструментов и системы доставки транскатетерного аортального клапана осуществляется в паховой области. Имеет значение степень извитости, атеросклероза и кальциноза подвздошных и бедренных артерий. Для заведения системы доставки транскатетерного аортального клапана, как правило, используют сторону с минимальными проявлениями извитости и атеросклероза.

При отсутствии возможности проведения системы доставки с протезом клапана (он расположен на системе доставки в сложенном состоянии, что позволяет провести его к месту имплантации через отверстие в артерии около 7 мм и расправить в зоне аортального клапана) через общую бедренную артерию (например, при ее закрытии или выраженном атеросклеротическом сужении) рассматривается возможность альтернативного доступа (например, через подключичную артерию или верхушку сердца). К сожалению, альтернативные сосудистые доступы являются более инвазивными и требуют проведения наркоза и искусственной вентиляции легких, тогда как бедренный доступ осуществим с использованием местной анестезии, при сохраненном сознании и спонтанном дыхании пациента (при необходимости к местной анестезии добавляют те или иные успокаивающие или анальгетические препараты для более комфортного состояния больного).

Транскатетерное вмешательство проводится в условиях стерильной рентгеноперационной (катетеризационной лаборатории), оснащенной ангиографической установкой, включающей рентгенопрозрачный управляемый операционный стол, дугу, вращающуюся вокруг пациента под разными углами (с одной ее стороны расположена рентгеновская трубка, генерирующая рентгеновское излучение, с другой – электронно-оптический преоб-

разователь, осуществляющий цифровую обработку данных с их трансляцией в виде изображений на мониторы). Кроме этого, современная рентгеноперационная оснащена целым комплексом оборудования для мониторинга жизненно важных функций пациента (станции для инвазивной и неинвазивной оценки параметров кровообращения, насыщения крови кислородом, электрокардиограммы) и оборудования для выполнения различных вариантов анестезиологической защиты пациента и реанимационных мероприятий (аппарат для искусственной вентиляции легких, дефибриллятор, аппараты для поддержки кровообращения – внутриаортальный баллонный контрпульсатор, аппарат для экстракорпоральной мембранной оксигенации).

С учетом того что транскатетерное вмешательство выполняется под контролем флюороскопии и флюорографии, медицинский персонал работает с применением средств индивидуальной защиты от рентгеновского излучения (юбки, фартуки и воротники из просвинцованной резины, рентгенозащитные очки) и в стерильных халатах и перчатках. Масса средств индивидуальной защиты от рентгеновского излучения, которые использует каждый участник операционной бригады, может достигать 6–7 кг, длительность среднестатистической операции транскатетерной имплантации аортального клапана от момента прокола бедренной артерии до удаления из нее инструментов зачастую не превышает 90–120 мин, в некоторых случаях, когда хирурги сталкиваются с теми или иными техническими сложностями, операция может потребовать больше времени.

Ключевым моментом интраоперационной визуализации для правильного позиционирования и имплантации транскатетерного протеза аортального клапана служит введение рентгеноконтрастного вещества в корень аорты с визуализацией зоны фиброзного кольца аортального клапана, синусов аор-

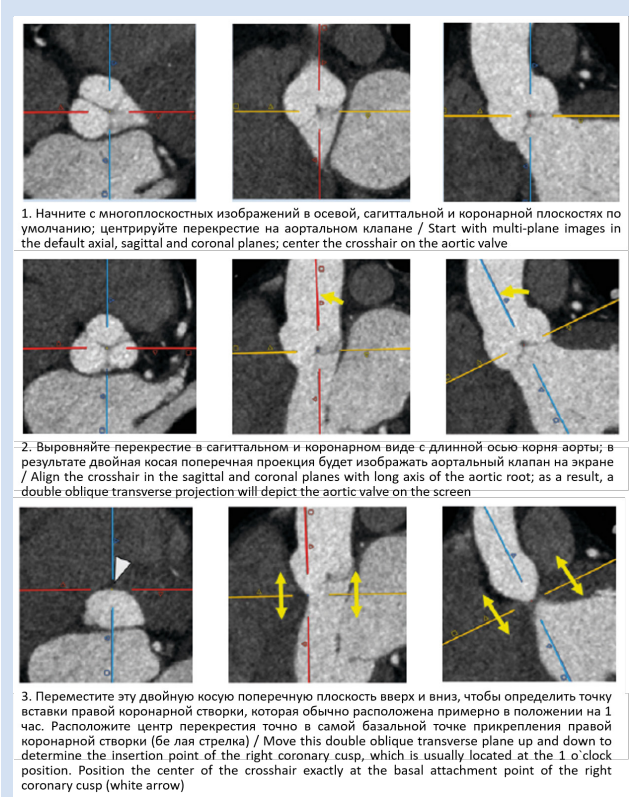


Рисунок 4. Некоторые этапы анализа мультиспиральной компьютерной томографии для выполнения количественной обработки изображений с выбором того или иного вида и типоразмера транскатетерного протеза аортального клапана [3]
Figure 4. Multispiral computed tomography used for quantitative image analysis and selection of type and standard size of a transcatheter aortic valve prosthesis [3]



Современная рентгеноперационная для выполнения транскатетерной имплантации аортального клапана [3]
Modern image-guided operating room for performing transcatheter aortic valve replacement [3]

ты. При этом хирурги, вращая под нужными углами дугу ангиографической установки, выбирают оптимальные проекции для имплантации протеза в аортальную позицию. Крайне важно для каждого вида транскатетерного протеза соблюсти оптимальные пропорции глубины его расположения в выводном отделе левого желудочка с одной стороны и высоты выстояния протеза в восходящую аорту (рис. 5). Чрезмерно глубокая (со смещением в левый желу-



Операционная бригада с использованием средств индивидуальной защиты от рентгеновского излучения, стерильных халатов и перчаток в условиях рентгенооперационной выполняет транскатетерную имплантацию аортального клапана
Heart team performs transcatheter aortic valve replacement using personal protection equipment for radiation safety, sterile gowns and gloves in the image-guided operating room

дочек) имплантация клапана сопряжена с рисками нарушения проводимости импульсов в сердце, заставляющих работать сердечную мышцу с нужной частотой. В подобных случаях нередко требуется установка постоянного электрокардиостимулятора. Слишком высокая позиция (выстояние в аорту) протеза аортального клапана может привести к комприметации устьев коронарных артерий, кровоснабжающих сердечную мышцу, а также к дислокации протеза из зоны аортального клапана в аорту.

В большинстве случаев процесс имплантации транскатетерного протеза аортального клапана требует сверхчастой электрокардиостимуляции, которая заключается в предварительной установке в правый желудочек специального электрода для электрокардиостимуляции, на который при помощи временного электрокардиостимулятора подаются импульсы, заставляющие сердце сокращаться с частотой 180–200 ударов в минуту. Основным смыслом сверхчастой стимуляции сердца заключается в том, что в момент имплантации клапана, зачастую занимающий 30–60 секунд, необходимо снизить систолическое артериальное давление до уровня 50–55 мм рт. ст. посредством уменьшения сердечного выброса (объема крови, выбрасываемого из левого желудочка в аорту). Такие показатели гемодинамики минимизируют риски смещения протеза аортального клапана в момент его имплантации. Некоторые виды современных аортальных

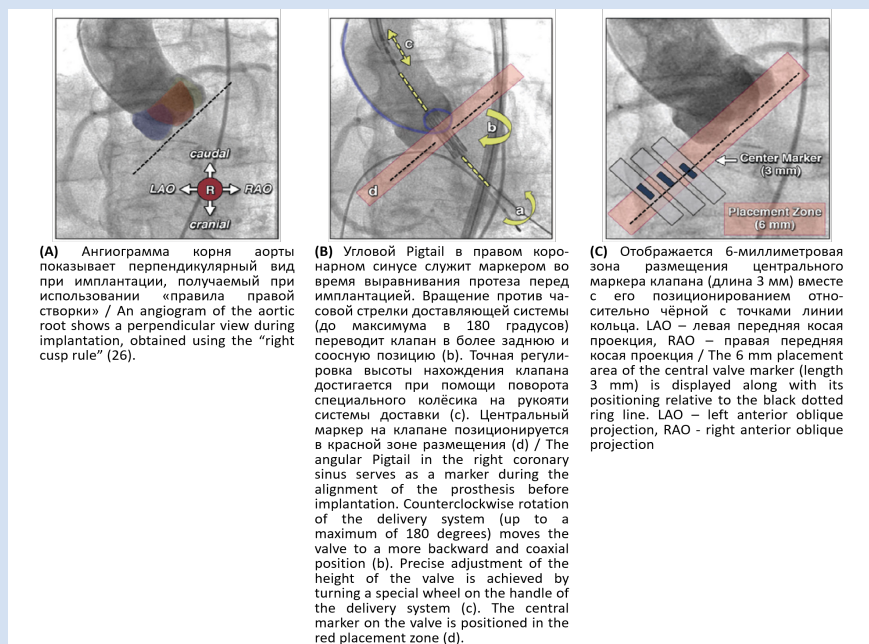


Рисунок 5. Ангиограмма корня аорты с выбором оптимальной проекции имплантации транскатетерного аортального клапана. Можно видеть контуры корня и восходящей аорты, отходящие от аорты левую и правую коронарные артерии. Пунктирной линией показана область фиброзного кольца аортального клапана, служащая ориентиром при выборе глубины расположения и имплантации протеза клапана [3]

Figure 5. Angiogram of the aortic root with the optimal projection of the transcatheter aortic valve replacement. The contours of the root and ascending aorta, the left and right coronary arteries extending from the aorta are visible. The dotted line indicates the area of aortic annulus, which serves as a guideline for choosing the placement zone of aortic valve prosthesis [3]

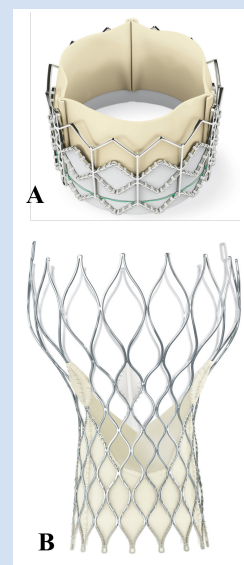


Рисунок 6. Современные виды аортальных клапанов сердца для транскатетерной имплантации: *A* – баллонорасширяемый клапан Edwards SAPIEN (Edwards Lifesciences, Corp., США); *B* – саморасширяющийся клапан CoreValve (Medtronic, Inc., США)
Figure 6. Modern types of aortic heart valves for transcatheter implantation: *A* – balloon-expandable valve Edwards SAPIEN (Edwards Lifesciences, USA); *B* – self-expanding valve CoreValve (Medtronic, Inc., USA)

клапанов сердца для транскатетерной имплантации представлены на рис. 6.

После имплантации клапана адекватность его расположения и функционирования оценивают при помощи рентгенографии с введением рентгеноконтрастного вещества в аорту и эхокардиографии, по результатам которой определяют функцию протеза (рис. 7).

При адекватной функции протеза вмешательство завершается. Наиболее перспективным направлением конструкции транскатетерных протезов аортального клапана являются репозиционируемые модели. Они позволяют «собрать» клапан в случае его неоптимального расположения и имплантировать заново. В конце вмешательства все инструменты извлекаются. Осуществляется закрытие отверстия в общей бедренной артерии после извлечения системы доставки клапана диаметром около 7 мм. Наиболее перспективным методом достижения этой цели представляется использование ушивающих эндоваскулярных устройств, которые устанавливают в область прокола общей бедренной

артерии в момент ее первичного прокола вначале вмешательства (рис. 8).

Далее пациенту назначают строгий постельный режим, осуществляют мониторинг жизненно важных функций в условиях отделения реанимации или палаты интенсивной терапии в течение 24–48 ч. При штатном течении послеоперационного периода спустя 24–48 ч пациент активизируется, расширяется его двигательный режим. Проводится дополнительный контроль функции протеза аортального клапана при помощи эхокардиографии, мониторируется электрокардиограмма, оценивается зона прокола общей бедренной артерии. В отсутствие значимых отклонений пациент выписывается из стационара для амбулаторного наблюдения у кардиолога. В отличие от стандартного способа протезирования аортального клапана пациенты после транскатетерной имплантации протеза выписываются из лечашего учреждения и восстанавливаются намного быстрее. Это связано с намного меньшей инвазивностью данного вмешательства по сравнению с «открытой» операцией. Более того, для ряда пациентов высоко-

го и крайне высокого хирургического риска транскатетерная имплантация аортального клапана остается единственной опцией хирургического лечения, способной сохранить жизнь.

Развитие транскатетерного протезирования аортального клапана в отечественном здравоохранении

В рамках одноцентрового регистра проанализированы результаты лечения 176 пациентов, которым в НИИ КПССЗ с 2014 по 2022 г. выполнено ТПАК. Для оценки динамики и основных трендов сформированы две группы больных. Первая группа – 72 пациента, которым ТПАК проведено на этапе становления технологии в НИИ КПССЗ с 2014 по 2019 г. Вторая группа – 104 пациента, которым ТПАК проведено с 2020 по 2022 г.

В представленном нами одноцентровом исследовании соотношение видов протезов, используемых при ТПАК в периоды 2014–2019 гг. и 2020–2022 гг., существенно не отличалось – в большинстве случаев преобладали самораскрывающиеся устройства. Указанные данные

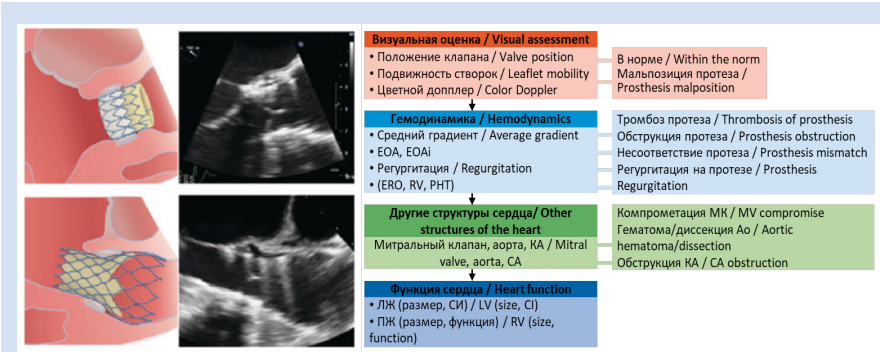


Рисунок 7. Алгоритм оценки функции транскатетерного аортального клапана при помощи интраоперационной эхокардиографии
Примечание: Ао – аорта; КА – коронарная артерия; ЛЖ – левый желудочек; МК – митральный клапан; ПЖ – правый желудочек; СИ – сердечный индекс.
Figure 7. Algorithm for evaluating the function of the transcatheter aortic valve using intraoperative echocardiography
Note: CA – coronary artery; CI – cardiac index; LV – left ventricle; MV – mitral valve; RV – right ventricle.

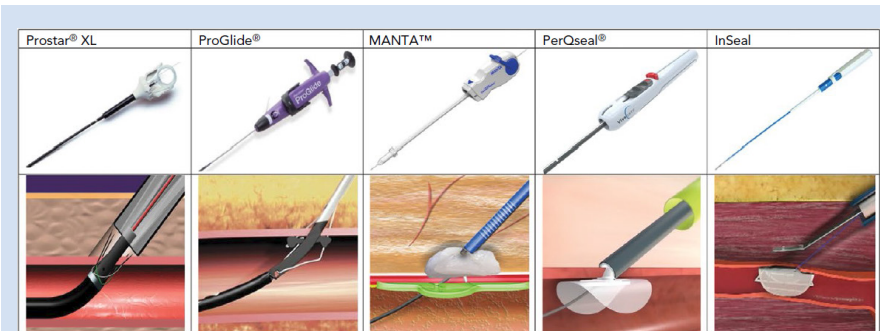


Рисунок 8. Различные виды эндоваскулярных устройств, используемых для ушивания общей бедренной артерии после удаления системы доставки транскатетерного аортального клапана. Источник: van Wiechen M.P., Ligthart J.M., Van Mieghem N.M. Large-bore Vascular Closure: New Devices and Techniques. *Interv. Cardiol.* 2019;14(1):17-21. doi: 10.15420/icr.2018.36.1
Figure 8. Various types of endovascular devices used to suture the common femoral artery after removal of the transcatheter aortic valve delivery system. Source: van Wiechen M.P., Ligthart J.M., Van Mieghem N.M. Large-bore Vascular Closure: New Devices and Techniques. *Interv. Cardiol.* 2019;14(1):17-21. doi: 10.15420/icr.2018.36.1

полностью соответствуют мировым тенденциям, согласно которым большинство компаний, производящих транскатетерные аортальные клапаны, выпускают самораскрывающиеся протезы, основным преимуществом которых служит частичная или полная репозиционируемость, тогда как главным преимуществом баллонорасширяемых протезов становится их универсальность (возможность имплантации в любую позицию помимо аортальной). При этом результаты использования самораскрывающихся и баллонорасширяемых протезов, по данным литературы, сопоставимы [5].

В проведенном исследовании отмечен значимый тренд увеличения доли случаев ТПАК с применением ушивающих устройств (с 72 до 99%) и снижения доли случаев применения искусственной вентиляции легких и тотальной внутривенной

анестезии (с 40,3 до 2,9%) [6], что полностью соответствует мировому тренду, направленному на миниинвазивный подход при ТПАК. Данный метод заключается в отказе от общей анестезии, чреспищеводной эхокардиографии и «открытого» хирургического доступа к бедренной артерии. Все это имеет как клиническую, так и медико-финансовую целесообразность [7, 8]. Несмотря на минимизацию инвазивности ТПАК в НИИ КПССЗ, продолжительность пребывания пациентов в отделении реанимации и стационаре после ТПАК в динамике не изменилась, составив 3 и 11 сут соответственно. Вероятнее всего, это связано с такими факторами, как наличие в отечественной системе здравоохранения стандартов пребывания пациентов в стационаре, а также с неоптимальными условиями наблюдения и лечения пациентов после высокотехнологичных операций на амбулаторном этапе (таблица).

Уменьшение количества случаев с кровотечением из зоны сосудистого доступа, требующих гемотрансфузии и/или хирургического вмешательства (с 9,7 до 3,8%) [9], а также существенное снижение показателя госпитальной летальности, с 5,6 до 1%, в представленном исследовании связаны с кривой обучения хирургов, появлением новых усовершенствованных поколений транскатетерных клапанов и абсолютным доминированием прецизионного пункционного доступа под ангиографическим контролем

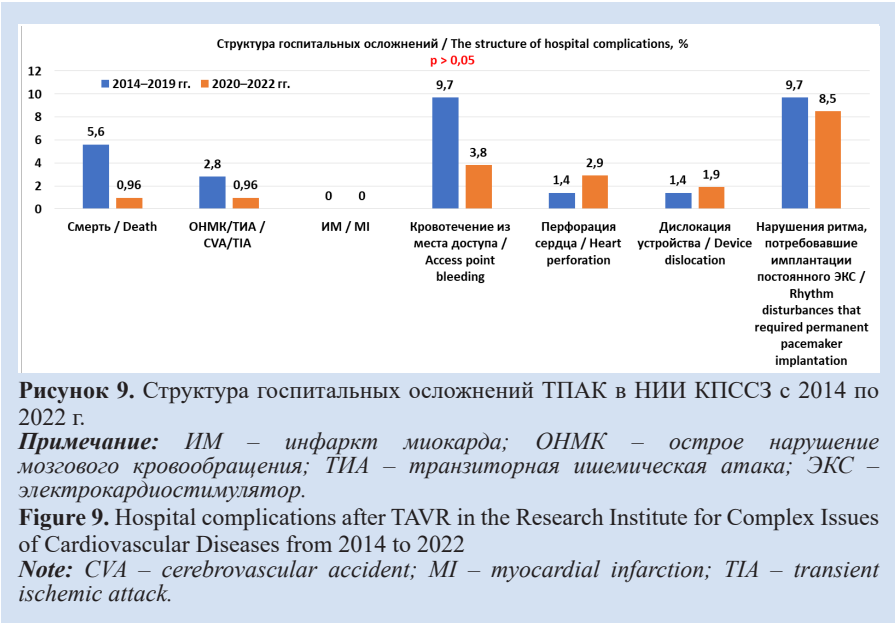


Рисунок 9. Структура госпитальных осложнений ТПАК в НИИ КПССЗ с 2014 по 2022 г.

Примечание: ИМ – инфаркт миокарда; ОНМК – острое нарушение мозгового кровообращения; ТИА – транзиторная ишемическая атака; ЭКС – электрокардиостимулятор.

Figure 9. Hospital complications after TAVR in the Research Institute for Complex Issues of Cardiovascular Diseases from 2014 to 2022

Note: CVA – cerebrovascular accident; MI – myocardial infarction; TIA – transient ischemic attack.

Госпитальные исходы ТПАК в НИИ КПССЗ с 2014 по 2022 г.
Hospital outcomes in the Research Institute for Complex Issues of Cardiovascular Diseases from 2014 to 2022

Характеристика / Characteristic		Пациенты 2014–2019 гг. / Patients 2014–2019, n = 72	Пациенты 2020–2022 гг. / Patients 2020–2022, n = 104	p
Длительность нахождения, дней / Length of stay, days, Me (Q1–Q3)	В отделении реанимации / In the intensive care unit	3 (2–3)	3 (2–3)	0,361
	В стационаре / In the hospital	11 (9–12)	11 (9–12)	0,059
ФК ХСН (НУНА) при выписке / CHF, FC (NYHA) at discharge, n (%)	I–II	54 (75)	63 (60,6)	0,278
	III–IV	18 (25)	41 (39,4)	0,128
Фракция выброса / Ejection fraction, %, Me (Q1–Q3)		64,5 (60–66,3)	65 (61,3–68)	0,14
Средняя скорость на АК / Average velocity on the AV, Me (Q1–Q3)		134 (105–161)	135 (113–156)	0,694
Транспротезная регургитация на АК / Transvalvular regurgitation on the AV, > 1 ст. / st., n (%)		8 (11,1)	13 (12,7)	0,817
Максимальный градиент на АК, мм рт. ст. / Maximum gradient on the AV, mmHg, Me (Q1–Q3)		15 (12–19)	16 (12–21)	0,35
Средний градиент на АК, мм рт. ст. / Average gradient on the AV, mmHg, Me (Q1–Q3)		7 (6–10)	8 (6–11)	0,32

Примечание: АК – аортальный клапан; ФК – функциональный класс; ХСН – хроническая сердечная недостаточность; НУНА – Нью-Йоркская ассоциация кардиологов.

Note: AV – aortic valve; CHF – chronic heart failure; FC – functional class; NYHA – New-York Heart Association.

с применением ушивающих устройств, что также полностью соответствует мировым тенденциям (рис. 9) [8].

Таким образом, на примере становления и реализации технологии ТПАК на протяжении девяти лет в НИИ КПССЗ показано соответствие развития данного направления в российском здравоохранении мировым трендам. Продемонстрированы увеличение количества ежегодно выполняемых ТПАК, отказ от «открытого» хирургического доступа к общей бедренной артерии и искусственной вентиляции легких в пользу применения эндоваскулярных, ушивающих устройств и операций, выполняемых в условиях местной анестезии с седацией, при сохранном сознании и спонтанном дыхании пациентов. Выявлено пятикратное снижение госпитальной летальности, некоторое уменьшение количества случаев ТПАК, осложненных нарушением проводимости с последующей установкой постоянного электрокардиостимулятора, а также уменьшение времени выполнения вмешательства.

Заключение

Благодаря смелым инновационным идеям и творческим, талантливым и отважным врачам и ученым в современной медицине представлена такая перспективная и активно развивающаяся высокотехнологичная малоинвазивная специальность, как рентгенохирургия. Это направление объединяет достижения кардиологии, интервенционной кардиологии, сердечно-сосудистой хирургии, неврологии, нейрохирургии, онкологии, гинекологии, методик визуализа-

ции и новых компьютерных цифровых технологий, позволяет оказывать эффективную помощь пациентам с заболеваниями системы кровообращения: от внутриутробного периода и первых часов жизни человека (детям с врожденными пороками сердца) до пациентов пожилого и старческого возраста с атеросклерозом различной локализации, приобретенными пороками сердца и другими заболеваниями. Одной из наиболее востребованных технологий рентгенохирургии в настоящее время является транскатетерная имплантация клапанов сердца, интегрирующая достижения медицины и инженерной мысли, выполняемая без разрезов, наркоза, искусственных вентиляции легких и кровообращения, позволяющая спасать и улучшать качество жизни больных.

Конфликт интересов

В.И. Ганюков и Р.С. Тарасов входят в редакционную коллегию журнала «Комплексные проблемы сердечно-сосудистых заболеваний». А.Ю. Колесников заявляет об отсутствии конфликта интересов. И.В. Ганюков заявляет об отсутствии конфликта интересов.

Финансирование

Исследование выполнено при финансовой поддержке Министерства науки и высшего образования Российской Федерации в рамках поискового научного исследования «Эндоваскулярные, гибридные, экстракорпоральные технологии профилактики и лечения патологии сердца и сосудов в кардиохирургии» № 0419-2023-0002.

Информация об авторах

Ганюков Владимир Иванович, доктор медицинских наук, заведующий отделом хирургии сердца и сосудов федерального государственного бюджетного научного учреждения «Научно-исследовательский институт комплексных проблем сердечно-сосудистых заболеваний», Кемерово, Российская Федерация; **ORCID** 0000-0002-9704-7678

Тарасов Роман Сергеевич, доктор медицинских наук, доцент заведующий лабораторией рентгенэндоваскулярной и реконструктивной хирургии сердца и сосудов отдела хирургии сердца и сосудов федерального государственного бюджетного научного учреждения «Научно-исследовательский институт комплексных проблем сердечно-сосудистых заболеваний», Кемерово, Российская Федерация; **ORCID** 0000-0003-3882-709X

Колесников Алексей Юрьевич, младший научный сотрудник лаборатории тканевой инженерии и внутрисосудистой визуализации, врач по рентгенэндоваскулярным диагностике и лечению федерального государственного бюджетного научного учреждения «Научно-исследовательский институт комплексных проблем сердечно-сосудистых заболеваний», Кемерово, Российская Федерация; **ORCID** 0000-0001-6247-1287

Ганюков Иван Владимирович, врач по рентгенэндоваскулярным диагностике и лечению федерального государственного бюджетного научного учреждения «Научно-исследовательский институт комплексных проблем сердечно-сосудистых заболеваний», Кемерово, Российская Федерация; **ORCID** 0000-0001-7660-4730

Author Information Form

Ganyukov Vladimir I., PhD, Head of the Department of Heart and Vascular Surgery, Federal State Budgetary Institution “Research Institute for Complex Issues of Cardiovascular Diseases”, Kemerovo, Russian Federation; **ORCID** 0000-0002-9704-7678

Tarasov Roman S., PhD, Associate Professor, Head of the Laboratory of Image-guided Endovascular and Reconstructive Surgery of the Heart and Blood Vessels, Department of Heart and Vascular Surgery, Federal State Budgetary Institution “Research Institute for Complex Issues of Cardiovascular Diseases”, Kemerovo, Russian Federation; **ORCID** 0000-0003-3882-709X

Kolesnikov Alexey Yu., Junior Researcher at the Laboratory of Tissue Engineering and Intravascular Imaging, Image-guided Endovascular Diagnostics and Treatment Specialist, Federal State Budgetary Institution “Research Institute for Complex Issues of Cardiovascular Diseases”, Kemerovo, Russian Federation; **ORCID** 0000-0001-6247-1287

Ganyukov Ivan V., Image-guided Endovascular Diagnostics and Treatment Specialist, Federal State Budgetary Institution “Research Institute for Complex Issues of Cardiovascular Diseases”, Kemerovo, Russian Federation; **ORCID** 0000-0001-7660-4730

Вклад авторов в статью

ГВИ – вклад в концепцию и дизайн исследования, написание и корректировка статьи, утверждение окончательной версии для публикации, полная ответственность за содержание

TPC – вклад в концепцию и дизайн исследования, интерпретация данных исследования, написание и корректировка статьи, утверждение окончательной версии для публикации, полная ответственность за содержание

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

ГИВ – получение и анализ данных исследования, написание и корректировка статьи, утверждение окончательной версии для публикации, полная ответственность за содержание

Author Contribution Statement

GVI – contribution to the concept and design of the study, manuscript writing, editing, approval of the final version, fully responsible for the content

TRS – contribution to the concept and design of the study, data Interpretation, manuscript writing, editing, approval of the final version, fully responsible for the content

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

GIV – data collection and analysis, manuscript writing, editing, approval of the final version, fully responsible for the content

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Рентгенэндоваскулярная хирургия. Национальное руководство: в 4 томах. Под ред. Б.Г. Алекяна. М.: Издательство Литтерра; 2017. Т. 2: Ишемическая болезнь сердца. С. 21-26.
2. MedMarket Diligence. Global dynamics of surgical and interventional cardiovascular procedures, 2015–2022 [report #C500]. (MedMarket Diligence, 2016).
3. Протопопов А. В., Ганюков В. И., Тарасов Р. С. Транскатетерные вмешательства при патологии клапанов сердца. Красноярск: Версо; 2021. 528 с.
4. Рентгенэндоваскулярная хирургия. Национальное руководство: в 4 томах Под ред. Б.Г. Алекяна . М.: Издательство Литтерра; 2017. Т. 4: Структурные заболевания сердца. С. 17-18.
5. Feistritz H.J., Kurz T., Stachel G., Hartung P., Lurz P., Eitel I., Marquetand C., Nef H., Doerr O., Vigelius-Rauch U., Lauten A., Landmesser U., Treskatsch S., Abdel-Wahab M., Sandri M., Holzhey D., Borger M., Ender J., Ince H., Öner A., Meyer-Saraei R., Hambrecht R., Wienbergen H., Fach A., Augenstein T., Frey N., König I.R., Vonthein R., Funkat A.K., Berggreen A.E., Heringlake M., Desch S., de Waha-Thiele S., Thiele H.; SOLVE-TAVI Investigators. Impact of Anesthesia Strategy and Valve Type on Clinical Outcomes

After Transcatheter Aortic Valve Replacement. J Am Coll Cardiol. 2021;77(17):2204-2215. doi: 10.1016/j.jacc.2021.03.007

6. Butala N.M., Chung M., Secemsky E.A., Manandhar P., Marquis-Gravel G., Kosinski A.S., Vemulapalli S., Yeh R.W., Cohen D.J. Conscious Sedation Versus General Anesthesia for Transcatheter Aortic Valve Replacement: Variation in Practice and Outcomes. JACC Cardiovasc Interv. 2020 Jun 8;13(11):1277-1287. doi: 10.1016/j.jcin.2020.03.008.

7. Sathananthan J., Lauck S., Webb J.G., Wood D.A. Minimalist Transcatheter Aortic Valve Replacement: The Right Pathway Forward? Interv Cardiol Clin. 2018;7(4):435-443. doi: 10.1016/j.iccl.2018.07.001

8. Sawan M.A., Calhoun A.E., Grubb K.J., Devireddy C.M. Update on Minimalist TAVR Care Pathways: Approaches to Care in 2022. Curr Cardiol Rep. 2022;24(9):1179-1187. doi: 10.1007/s11886-022-01737-x

9. Stortecky S., Franzone A., Heg D., Tueller D., Noble S., Pilgrim T., Jeger R., Toggweiler S., Ferrari E., Nietlispach F., Taramasso M., Maisano F., Grünenfelder J., Muller O., Huber C., Roffi M., Carrel T., Wenaweser P., Windecker S. Temporal trends in adoption and outcomes of transcatheter aortic valve implantation: a Swiss TAVI Registry analysis. Eur Hear J Qual Care Clin Outcomes 2019;5(3):242-251. doi: 10.1093/ehjqcco/qcy048.

REFERENCES

1. Rentgenjendovaskuljarnaja hirurgija. Nacional'noe rukovodstvo: v 4 tomah. Pod red. B.G. Alekjana. M.: Izdatel'stvo Litterra; 2017. T. 2: Ishemicheskaja bolezn' serdca. C. 21-26. (In Russian)
2. MedMarket Diligence. Global dynamics of surgical and interventional cardiovascular procedures, 2015–2022 [report #C500]. (MedMarket Diligence, 2016).
3. Protopopov A. V., Ganjukov V. I., Tarasov R. S. Transkateternye vmeshatel'stva pri patologii klapanov serdca. Krasnojarsk: Verso; 2021. (In Russian)
4. Rentgenjendovaskuljarnaja hirurgija. Nacional'noe rukovodstvo: v 4 tomah Pod red. B.G. Alekjana . M.: Izdatel'stvo Litterra; 2017. Т. 4: Strukturnye zabolevaniya serdca. C. 17-18. (In Russian)
5. Feistritz H.J., Kurz T., Stachel G., Hartung P., Lurz P., Eitel I., Marquetand C., Nef H., Doerr O., Vigelius-Rauch U., Lauten A., Landmesser U., Treskatsch S., Abdel-Wahab M., Sandri M., Holzhey D., Borger M., Ender J., Ince H., Öner A., Meyer-Saraei R., Hambrecht R., Wienbergen H., Fach A., Augenstein T., Frey N., König I.R., Vonthein R., Funkat A.K., Berggreen A.E., Heringlake M., Desch S., de Waha-Thiele S., Thiele H.; SOLVE-TAVI Investigators. Impact of Anesthesia Strategy and Valve Type on Clinical Outcomes

After Transcatheter Aortic Valve Replacement. J Am Coll Cardiol. 2021;77(17):2204-2215. doi: 10.1016/j.jacc.2021.03.007

6. Butala N.M., Chung M., Secemsky E.A., Manandhar P., Marquis-Gravel G., Kosinski A.S., Vemulapalli S., Yeh R.W., Cohen D.J. Conscious Sedation Versus General Anesthesia for Transcatheter Aortic Valve Replacement: Variation in Practice and Outcomes. JACC Cardiovasc Interv. 2020 Jun 8;13(11):1277-1287. doi: 10.1016/j.jcin.2020.03.008.

7. Sathananthan J., Lauck S., Webb J.G., Wood D.A. Minimalist Transcatheter Aortic Valve Replacement: The Right Pathway Forward? Interv Cardiol Clin. 2018;7(4):435-443. doi: 10.1016/j.iccl.2018.07.001

8. Sawan M.A., Calhoun A.E., Grubb K.J., Devireddy C.M. Update on Minimalist TAVR Care Pathways: Approaches to Care in 2022. Curr Cardiol Rep. 2022;24(9):1179-1187. doi: 10.1007/s11886-022-01737-x

9. Stortecky S., Franzone A., Heg D., Tueller D., Noble S., Pilgrim T., Jeger R., Toggweiler S., Ferrari E., Nietlispach F., Taramasso M., Maisano F., Grünenfelder J., Muller O., Huber C., Roffi M., Carrel T., Wenaweser P., Windecker S. Temporal trends in adoption and outcomes of transcatheter aortic valve implantation: a Swiss TAVI Registry analysis. Eur Hear J Qual Care Clin Outcomes 2019;5(3):242-251. doi: 10.1093/ehjqcco/qcy048.

Для цитирования: Ганюков В.И., Тарасов Р.С., Колесников А.Ю., Ганюков И.В. Транскатетерная имплантация аортального клапана: от идеи до внедрения. Комплексные проблемы сердечно-сосудистых заболеваний. 2024;13(1): 152-164. DOI: 10.17802/2306-1278-2024-13-1-152-164

To cite: Ganyukov V.I., Tarasov R.S., Kolesnikov A.Yu., Ganyukov I.V. Transcatheter aortic valve replacement: from idea to implementation. Complex Issues of Cardiovascular Diseases. 2024;13(1): 152-164. DOI: 10.17802/2306-1278-2024-13-1-152-164