

Варианты клапаносохраняющего хирургического лечения синдрома двустворчатого аортального клапана

Для корреспонденции:

Владимир Константинович Ногинов,
mrnoginov@mail.ru

Поступила в редакцию 6 декабря 2021 г.

Исправлена 15 февраля 2022 г.

Принята к печати 5 марта 2022 г.

Цитировать: Комаров Р.Н., Ногинов В.К. Варианты клапаносохраняющего хирургического лечения синдрома двустворчатого аортального клапана.

Патология кровообращения и кардиохирургия. 2022;26(2):9-16. <https://dx.doi.org/10.21688/1681-3472-2022-2-9-16>

Финансирование

Исследование не имело спонсорской поддержки.

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

ORCID ID

Р.Н. Комаров,
<https://orcid.org/0000-0002-3904-6415>

В.К. Ногинов,
<https://orcid.org/0000-0002-0476-2120>

© Комаров Р.Н., Ногинов В.К., 2022



Р.Н. Комаров¹, В.К. Ногинов²

¹ Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования Первый Московский государственный медицинский университет имени И.М. Сеченова Министерства здравоохранения Российской Федерации (Сеченовский Университет), Москва, Российская Федерация

² Государственное бюджетное учреждение здравоохранения Ленинградская областная клиническая больница, Санкт-Петербург, Российская Федерация

Аннотация

«Золотой стандарт» лечения недостаточности бикуспидального аортального клапана, аневризмы корня и восходящего отдела аорты — протезирование аортального клапана и восходящей аорты клапаносодержащим кондуитом. В силу накопления опыта реконструкции двустворчатого аортального клапана и более выгодных гемодинамических характеристик нативного клапана по сравнению с любым протезом все чаще используются клапаносохраняющие методики реконструкции корня аорты. Цель исследования — определить показания к хирургической коррекции связанной с бикуспидальным аортальным клапаном аортопатии и наиболее эффективный метод оперативного лечения. Представлен обзор литературы по вариантам клапаносохраняющего хирургического лечения синдрома двустворчатого аортального клапана, показавшим удовлетворительные средне- и долгосрочные результаты.

Ключевые слова: аневризма аорты; бикуспидальный аортальный клапан; клапаносохраняющая операция; процедура Дэвида; реконструкция корня аорты

Введение

Существует проблема выбора между сохранением собственного бикуспидального аортального клапана (БАК) и замещением его протезом. Сохранение нативного клапана снижает риск осложнений, связанных с протезированием и постоянным приемом антикоагулянтов [1]. Также нативный клапан обладает лучшими гемодинамическими характеристиками по сравнению с любым протезом [2]. С.Д. Etz и соавт. [3] показали, что клапаносохраняющая замена корня аорты (КА) улучшает качество жизни у молодых пациентов по сравнению с имплантацией клапанного кондуита. Цель ис-

следования — определить показания к хирургической коррекции связанной с БАК аортопатии и наиболее эффективный метод оперативного лечения.

Стратегия поиска и отбора источников

Для поиска литературы использовали базы данных PubMed, Google Scholar, содержащие информацию о методах пластики БАК и вариантах хирургического лечения синдрома двустворчатого аортального клапана. Анализировали статьи до августа 2021 г. Исключали исследования, в которых представлены неполные данные.

Эпидемиология бicuspidального аортального клапана и аортопатии

Частота встречаемости БАК среди врожденных пороков сердца — 1–2 %. Взаимосвязь БАК и аневризмы проксимального отдела аорты определена термином «синдром двустворчатого аортального клапана» [4]. Опубликованный в 2021 г. Международный консенсус по классификации и номенклатуре БАК [5] признает 3 типа ассоциированной с ним аортопатии: 1 — восходящий фенотип; 2 — корневой фенотип; 3 — расширенные фенотипы.

Показанием к протезированию восходящей аорты (ВА) является ее диаметр ≥ 55 мм у лиц с нормально функционирующим БАК, ≥ 50 мм у больных с факторами риска и ≥ 45 мм у пациентов, которым показана операция на аортальном клапане (АК) [6]. Эти рекомендации не учитывают тип операции на АК — пластика или протезирование.

М.А. Borger и соавт. [7] считают, что вмешательство при меньших размерах аорты можно рассматривать у пациентов с небольшой площадью поверхности тела (англ. body surface area, BSA). Индексированную величину диаметра аорты более $2,75 \text{ см}^2/\text{м}^2$ [8] или отношение площади поперечного сечения аорты к росту пациента более $10 \text{ см}^2/\text{м}$ в области синусов Вальсальвы и более $13 \text{ см}^2/\text{м}$ выше синотубулярного соединения [9] можно использовать для руководства ранним хирургическим вмешательством у больных небольшого роста. По данным H.I. Michelena [10], риск расслоения аорты у пациентов с БАК в 8 раз превышает таковой в общей популяции.

Классификация

Одну из самых популярных классификаций БАК предложили H.-H. Sievers и C. Schmidtke [11], однако она не помогает в разработке реконструктивного хирургического подхода. В более современной классификации L. De Kerchove и соавт. [12] выделяют 3 типа БАК: тип А — межкомиссуральный угол (МКУ) $160\text{--}180^\circ$, тип В — $140\text{--}159^\circ$ и тип С — $120\text{--}139^\circ$. Международная консенсусная классификация и номенклатура БАК [5] делит двустворчатые клапаны на 3 типа: 1 — сращенный (сращение правой и левой створок, правой и некоронарной створок, левой и некоронарной створок); 2 — 2-синусный (латеро-латеральный и передне-задний фенотипы); 3 — тип частичного слияния. Наличие шва и симметрия фенотипов сращенного типа — критические аспекты для описания.

Межкомиссуральная ориентация

Е.Н. Stephens и соавт. анализировали структуру потока крови в ВА и показали почти нормальный поток крови через БАК с МКУ более 160° и аномальный поток через БАК с МКУ $130\text{--}140^\circ$ [13]. Это подтверждает важную роль МКУ в гемодинамике клапана. Угол ближе к 120° увеличивает систолидиастолическое напряжение на сросшейся створке и приводит к дальнейшему ее пролапсу. Максимально симметричное расположение комиссур, стремящееся к углу 180° , более благоприятно для выполнения клапаносохраняющей операции и, следовательно, отражается на долговечности и состоятельности клапана [14; 15]. Если МКУ составляет $140\text{--}160^\circ$, то есть БАК имеет тип В, то прибегают к сжатию вентрикулоаортального соединения (пликации стенки синуса) в месте шва для достижения большей симметричности клапана и ориентации комиссур 180° [2; 16; 17].

К пликации прибегают не только в месте вентрикулоаортального соединения, но и достигают синотубулярного соединения. Если МКУ составляет 140° и меньше или если рудиментарная комиссура достаточной высоты, вероятно, лучше всего лечить двустворчатый клапан по аналогии с трехстворчатым [18; 19]. Однако такая реконструкция снижает долговечность пластики [20].

Анатомия бicuspidального аортального клапана и его пластика

По сравнению с трехстворчатым клапаном, кольцо двустворчатого представляет собой строгий эллипс с вершинами-комиссурами, а площадь отверстия БАК определяется не диаметром кольца, а площадью открытия клапана, которая меньше площади кольца [21]. Ключевыми моментами, на которые необходимо обратить внимание, являются место возникновения и направление струи регургитации, конечные диастолические измерения вентрикулоаортального и синотубулярного соединений, синусов Вальсальвы, толщина и подвижность створок, наличие на них кальция. Аортальная недостаточность у пациентов с БАК и аневризмой КА возникает в результате расширения и искажения геометрии КА наряду с первичной патологией створок [22].

Важными параметрами анатомии БАК являются ориентация комиссур от симметричной до очень асимметричной, величина эффективной высоты створок, величина геометрической высоты створок, которые измеряются на чреспищеводной эхокардио-

графии и интраоперационно хирургом, состояние и характер изменений створок. В норме эффективная высота створок составляет 9–10 мм. U. Schneider и соавт. определили пролапс, требующий коррекции, когда эффективная высота была менее 9 мм на несросшейся створке [19]. В очень асимметричных БАК эффективную высоту створок измеряли во всех трех точках и корректировали соответственно.

Для успешной пластики ткани створок должно быть достаточно без включения кальция. Для этого необходимо измерить специальной линейкой геометрическую высоту нерасщепленной створки, которая соответствует расстоянию между самой низкой точкой фиксации створки клапана в синусе (надир) и серединой ее свободного края. Высота 20 мм и более считается достаточной для пластики [18; 19]. Также геометрическую высоту измеряли на обоих компонентах расщепленной створки. Свободный край створки обычно измеряют нитью по его длине между комиссурами [23].

При пролапсе сросшейся створки, избытке свободного края основным методом обычно является центральная пликация [23]. При небольших кальцинатах или фиброзе шва их удаляют с последующей пликацией свободного края узловыми проленовыми швами. Если центральная пликация затруднена в связи с избыточными отложениями кальция, прибегают к треугольной резекции этого участка с последующей пликацией свободного края створки [19; 24]. В случаях дефекта ткани створки описаны техники использования фрагмента аутоперикарда [21]. Наложение заплат из перикарда с целью увеличения площади створки или частичной ее замены ассоциировано с низкой долговечностью пластики [2; 16; 19; 25] из-за прогрессирующей дегенерации аутоперикарда. Также для укрепления свободного края створки и предупреждения ее пролапса прибегают к обшиванию свободного края нитью Gore-Tex. Если наблюдается избыточное обызвествление, которое распространяется далеко за пределы шва, следует рассмотреть замену клапана на протез из-за риска недолговечности пластики [19; 20].

Изолированное восстановление АК при БАК-ассоциированной аортальной недостаточности имело положительные результаты при использовании наиболее простых методов реконструкции: центральной пликации, резекции шва, укорочения свободного края створки [26]. Данные L. De Kerchove и соавт. отражают тенденцию: чем больше МКУ, тем меньше недостаточность на клапане и долговечнее пластика. Малая геометрическая высота, избыточ-

ное утолщение створок и их кальцификация — неблагоприятные факторы для пластики [12].

Аннулопластика кольца

При шовной аннулопластике кольца АК шов формируют по окружности на уровне базального кольца и затягивают нить вокруг расширителя Гега-ра определенного диаметра. U. Schneider и соавт. [19] выполняли шовную аннулопластику базального кольца исходя из следующих параметров: 21 мм при BSA < 1,8 м²; 23 мм при BSA 1,8–2,0 м²; 25 мм при BSA > 2,0 м². Шовную пластику используют как в лечении изолированной аортальной недостаточности в сочетании с пластикой БАК, так и при синдроме БАК. Например, при ремоделировании КА или пластике БАК совместно с супракоронарным протезированием ВА может быть недостаточно обеспечена прочная кольцевая фиксация из-за наличия ткани аорты между линией шва и кольцом клапана, что приводит к расширению КА. Есть сообщения о неудовлетворительных результатах этого вида операций при БАК в связи с последующими дилатацией КА и недостаточностью БАК [27]. В этих случаях прибегают к шовной аннулопластике базального кольца.

Наружную аннулопластику синтетической полоской выполняют также для стабилизации кольца АК. При интактных створках БАК такая стабилизация с наложением циркулярно расположенных матрацных швов на прокладках может в зависимости от места формирования и степени натяжения шва изменить взаимное расположение комиссур в сторону их большей симметричности, что в конечном счете способно привести к регрессии аортальной недостаточности на клапане. Стабилизация и/или уменьшение кольца АК значительно повышают долговечность пластики БАК [28]. Однако S. Mastrobuoni и соавт. считают, что наружное кольцо и шовная аннулопластика не могут достичь истинного уровня вентрикулоаортального соединения без глубокого рассечения КА и обеспечивают поддержку только на супрааннулярном уровне, поэтому эффект может быть нестабильным [2].

Пластика бicuspidального аортального клапана и супракоронарное протезирование восходящей аорты

При аневризме ВА и аортальной недостаточности ряд авторов описывают методику супракоронарного протезирования ВА и пластики БАК со стабилизацией кольца АК, также возможна дополнительная стабилизация узкой синтетической полоской

из дакрона в области синотубулярного соединения [20]. У пациентов с БАК и аневризмой ВА после пластики БАК выполняли протезирование ВА от синотубулярного соединения с выбором диаметра протеза согласно BSA: 24 мм при $BSA < 1,8 \text{ м}^2$; 26 мм при $BSA 1,9-2,2 \text{ м}^2$; 28 мм при $BSA \geq 2,3 \text{ м}^2$ [29]. При использовании сосудистого протеза меньшего, чем идеальный, диаметра одна или обе створки будут пролапировать. Центральная пликация может устранить пролапс. И наоборот, при использовании сосудистого протеза большего, чем идеальный, диаметра створки могут не достигать геометрического центра реконструированного корня. Для решения этой проблемы прибегают к пликации протеза вдоль синотубулярного соединения [14]. Такая операция позволяет избежать манипуляций с устьями коронарных артерий. Сохранение синусов Вальсальвы также положительно сказывается на гемодинамике КА, однако сохранение нативной ткани аорты между кольцом аорты и синотубулярным соединением несет риск ее дилатации и прогрессирования аортальной недостаточности.

Процедура Дэвида I при бicuspidальном аортальном клапане

Реимплантация клапана в подходящий по диаметру линейный сосудистый протез может корректировать клапанную недостаточность интактного БАК. С. Lau и соавт. [26], А. Huuskonen и соавт. [30] считают, что тщательное рассечение КА и расположение протеза как можно ближе к уровню виртуального кольца, особенно в области правого коронарного синуса, важны для достижения надлежащей кольцевой стабилизации. Также во время реимплантации клапана в протез необходимо подтягивать комиссуральные швы вертикально и радиально наружу, чтобы имитировать растянутое состояние трансплантата, тем самым определяя лучшую высоту и площадь коаптации [31].

Для успеха операции крайне важно выбрать сосудистый протез подходящего диаметра. Для этого измеряют диаметр кольца АК и рассчитывают BSA пациента. Z. Veckerman и соавт. использовали диаметр протеза аорты из расчета свободный край нормальной створки БАК минус 4 мм [32]. Этот протез несколько сужают в кольце аорты П-образными циркулярными швами [31] и опускают в выходной тракт левого желудочка. Однако С. Lau и соавт. [26] избегают уменьшения размера трансплантата для достижения эффекта аннулопластики, поскольку это может привести к увеличению избыточности или пролапсу створок [23; 29], что потребует пликации или укорочения их свободного края.

Реимплантация КА в сосудистый протез стабилизирует корень, препятствует его дальнейшей дилатации и, следовательно, аортальной недостаточности. Недостатки метода — необходимость реимплантации устьев коронарных артерий, нефизиологичность КА, а именно отсутствие систолической расширяемости кольца и КА, риск повреждения и стирания створок о линейный дакронный протез. Ряд авторов описывают использование сосудистого протеза Gelweave Valsalva (Vascutek Ltd., Terumo Aortic, Инчиннан, Великобритания) [21; 33], однако не доказаны его преимущества перед линейными сосудистыми протезами [34]. Одно из достоинств линейного сосудистого протеза — более широкий диапазон размеров по сравнению с протезом Gelweave Valsalva [24].

Аневризма некоронарного синуса при бicuspidальном аортальном клапане

У пациентов с БАК нередко встречаются аневризмы некоронарного синуса Вальсальвы. Его протезирование в сочетании с протезированием ВА и пластики АК с помощью внешней аннулопластики могут быть безопасным вариантом клапаносохраняющей операции [23; 35]. В. Carlotta и соавт. [35] наблюдали таких прооперированных пациентов в течение 4 лет, выживаемость и свобода от реоперации составили 100 %. Не зафиксировали аневризм коронарных синусов и ложных аневризм. Преимущества операции — в отсутствии необходимости манипуляций, связанных с реимплантацией устьев коронарных артерий, сокращении времени пережатия аорты, возможности заменить измененный некоронарный синус Вальсальвы без манипуляций с остальными синусами, сохраняя их физиологичность. Ряд авторов при МКУ более 140° после пластики БАК выполняют ремоделирование КА по типу полной симметрии, создавая протез с двумя равными синусами [29].

Альтернативные методики

Процедура Florida Sleeve, которая заключается в реимплантации всего КА в синтетический протез без реимплантации устьев коронарных артерий, может быть безопасной и долговечной для лечения вторичной по отношению к расширению корня аортальной недостаточности при БАК и аневризме ВА [36]. Однако опубликовано мало сообщений с совсем небольшим количеством исследуемых пациентов о применении такой методики у больных с бicuspidальным аортальным клапаном.

Также процедура Озаки с реимплантацией в линейный сосудистый протез — техника «Русский кон-

дуит» [37] — и процедура Росса, подразумевающая замену КА и АК легочным аутографтом [38], могут быть альтернативными вариантами хирургического лечения рассматриваемой патологии, однако необходимы дальнейшие исследования в этом направлении.

Результаты клапаносохраняющих операций при синдроме бicuspidального аортального клапана

Рассмотренные методы хирургической коррекции синдрома БАК обобщены в *таблице*. Также существуют алгоритмы хирургического лечения синдрома БАК, например алгоритм, предложенный и используемый авторами из Новосибирска [39]. В исследовании P. Vallabhajosyula и соавт. [33], которые сравнивали пациентов с недостаточностью БАК после процедур Дэвида I и Бенталла, выживаемость и свобода от реопераций на АК и аорте в группе операций Дэвида I были выше. О 100% выживаемости и свободе от реоперации через 5 лет сообщили C. Lau и соавт. [26]; 95% выживаемости через 5 лет — M.O. Kayatta и соавт. [24] и A. Huuskonen и соавт. [30], которые также не отметили разницы в долговечности функции клапана, операционных, среднесрочных результатах после операции Дэвида I у пациентов с трикуспидальным и бicuspidальным АК. По данным P.M. Patel и соавт. [31], после БАК-сохраняющей замены КА общая выживаемость составила 94 % за 10 лет, свобода от протезирования БАК за тот же период — 96 %. В исследовании U. Schneider и соавт. [19] 15-летняя выживаемость после коррек-

ции недостаточности БАК совместно с заменой КА или протезированием ВА составила 82,1 %, а после начала использования концепции анатомического восстановления БАК с шовной аннулопластикой базального кольца при его дилатации 10-летняя выживаемость была выше, чем до применения вышеупомянутых техник, и составила 98,7 %.

Таким образом, сохранение БАК во время операции на проксимальном отделе аорты целесообразно и имеет низкий риск прогрессирования патологии и повторной операции в течение длительного периода наблюдения [32; 33]. Отбор пациентов для этого вида вмешательства очень важен, потому что начальное состояние клапана, вероятно, определяет его долговечность независимо от того, была ли выполнена пластика створок [26]. Преимущество реимплантации КА в том, что весь аппарат АК поддерживается внутри протеза [21; 32]. Диаметр и пороговые значения для замены аорты у пациентов с БАК, возможно, должны учитывать фенотип клапана, при этом тип 1 (сращение правой и левой створки) [5] ассоциирован с более высоким риском дилатации и темпов роста ВА и, следовательно, может являться показанием к замене аорты при меньших ее размерах.

Ограничения

С учетом неоднородности показаний к хирургическому лечению синдрома двустворчатого аортального клапана, сохранению БАК или его протезированию, различий хирургической техники

Подходы к лечению синдрома бicuspidального аортального клапана

Методика	Описание	Манипуляции на аорте	Ссылка на публикацию
Коррекция межкомиссурального угла	Стремление ориентации комиссур ближе к 180°		[2; 13–17]
Аннулопластика кольца аортального клапана	Шовная, кольцом		[19; 28]
Пластика бicuspidального аортального клапана	Пликация, резекция шва, укорочение свободного края створки		[18; 19; 23; 24; 26]
		+ супракоронарное протезирование восходящей аорты	[14; 20; 29]
		+ процедура Дэвида I	[2; 23; 26; 29–31]
		+ протезирование некоронарного синуса с восходящей аортой	[23; 29; 35]
		+ Florida Sleeve	[36]
«Русский кондуит»			[37]
Процедура Росса			[38]

необходимо проводить больше долгосрочных многоцентровых исследований с анализом результатов оперативного лечения синдрома двустворчатого аортального клапана.

Заключение

Пластику БАК с заменой ВА по поводу аортальной недостаточности и дилатации аорты необходимо проводить в более ранний срок, до достижения размера аорты 45 мм, причем операцией выбора будет процедура Дэвида I. Сохранение БАК типа С демонстрирует неудовлетворительные результаты.

Список литературы / References

- Karciauskas D., Mizariene V., Jakuska P., Ereminiene E., Orda P., Ordienė R., Vaskelyte J.J., Nedzelskiene I., Kinduris S., Benetis R. Early and long-term results of aortic valve sparing aortic root reimplantation surgery for bicuspid and tricuspid aortic valves. *Perfusion*. 2019;34(6):482-489. PMID: 30823866. <https://doi.org/10.1177/0267659119831926>
- Mastrobuoni S., de Kerchove L., Navarra E., Watremez C., Vancraeynest D., Rubay J., Noirhomme P., El Khoury G. Long-term experience with valve-sparing reimplantation technique for the treatment of aortic aneurysm and aortic regurgitation. *J Thorac Cardiovasc Surg*. 2019;158(1):14-23. PMID: 30635185. <https://doi.org/10.1016/j.jtcvs.2018.10.155>
- Etz C.D., Girkbach F.F., von Aspern K., Batellini R., Dohmen P., Hoyer A., Luehr M., Misfeld M., Borger M.A., Mohr F.W. Longevity after aortic root replacement: is the mechanically valved conduit really the gold standard for quinquagenarians? *Circulation*. 2013;128(11 Suppl 1):S253-S262. PMID: 24030416. <https://doi.org/10.1161/CIRCULATIONAHA.112.000338>
- Russo M., Saitto G., Nardi P., Bertoldo F., Bassano C., Scafuri A., Pellegrino A., Ruvolo G. Bicuspid aortic root spared during ascending aorta surgery: an update of long-term results. *J Thorac Dis*. 2017;9(6):1634-1638. PMID: 28740678; PMCID: PMC5506137. <https://doi.org/10.21037/jtd.2017.05.83>
- Michelena H.I., Della Corte A., Evangelista A., Maleszewski J.J., Edwards W.D., Roman M.J., Devereux R.B., Fernandes B., Asch F.M., Barker A.J., Sierra-Galan L.M., De Kerchove L., Fernandes S.M., Fedak P.W.M., Girdauskas E., Delgado V., Abbara S., Lansac E., Prakash S.K., Bissell M.M., Popescu B.A., Hope M.D., Sitges M., Thourani V.H., Pibarot P., Chandrasekaran K., Lancellotti P., Borger M.A., Forrest J.K., Webb J., Milewicz D.M., Makkar R., Leon M.B., Sanders S.P., Markl M., Ferrari V.A., Roberts W.C., Song J.-K., Blanke P., White C.S., Siu S., Svensson L.G., Braverman A.C., Bavaria J., Sundt T.M., El Khoury G., De Paulis R., Enriquez-Sarano M., Bax J.J., Otto C.M., Schäfers H.-J. International Consensus Statement on Nomenclature and Classification of the Congenital Bicuspid Aortic Valve and Its Aortopathy, for Clinical, Surgical, Interventional and Research Purposes. *Ann Thorac Surg*. 2021;112(3):e203-e235. PMID: 34304860. <https://doi.org/10.1016/j.athoracsur.2020.08.119>
- Otto C.M., Nishimura R.A., Bonow R.O., Carabello B.A., Ermin J.P. 3rd, Gentile F., Jneid H., Krieger E.V., Mack M., McLeod C., O'Gara P., Rigolin V.H., Sundt T.M. 3rd, Thompson A., Toly C. 2020 ACC/AHA Guideline for the management of patients with valvular heart disease: A report of the American College of Cardiology/American Heart Association Joint Committee on Clinical Practice Guidelines. *Circulation*. 2021;143(5):e72-e227. PMID: 33332150. <https://doi.org/10.1161/CIR.0000000000000923>
- Borger M.A., Fedak P.W.M., Stephens E.H., Gleason T.G., Girdauskas E., Ikonomidis J.S., Khoynzhad A., Siu C.S., Verma S., Hope M.D., Cameron D.E., Hammer D.F., Coselli J.S., Moon M.R., Sundt T.M., Barker A.J., Markl M., Della Corte A., Michelena H.I., Elefteriades J.A. The American Association for Thoracic Surgery consensus guidelines on bicuspid aortic valve-related aortopathy: Executive summary. *J Thorac Cardiovasc Surg*. 2018;156(2):473-480. PMID: 30011756; PMCID: PMC6384009. <https://doi.org/10.1016/j.jtcvs.2017.10.161>
- Davies R.R., Gallo A., Coady M.A., Tellides G., Botta D.M., Burke B., Coe M.P., Kopf G.S., Elefteriades J.A. Novel measurement of relative aortic size predicts rupture of thoracic aortic aneurysms. *Ann Thorac Surg*. 2006;81(1):169-177. PMID: 16368358. <https://doi.org/10.1016/j.athoracsur.2005.06.026>
- Wojnarski C.M., Svensson L.G., Roselli E.E., Idrees J.J., Lowry A.M., Ehrlinger J., Petterson G.B., Gillinov A.M., Johnston D.R., Soltesz E.G., Navia J.L., Hammer D.F., Griffin B., Thamilarasan M., Kalahasti V., Sabik 3rd J.F., Blackstone E.H., Lytle B.W. Aortic dissection in patients with bicuspid aortic valve-associated aneurysms. *Ann Thorac Surg*. 2015;100(5):1666-1673; discussion 1673-1674. PMID: 26209494; PMCID: PMC5166604. <https://doi.org/10.1016/j.athoracsur.2015.04.126>
- Michelena H.I., Khanna A.D., Mahoney D., Margaryan E., Topilsky Y., Suri R.M., Eidem B., Edwards W.D., Sundt 3rd T.M., Enriquez-Sarano M. Incidence of aortic complications in patients with bicuspid aortic valves. *JAMA*. 2011;306(10):1104-1112. PMID: 21917581. <https://doi.org/10.1001/jama.2011.1286>
- Sievers H.-H., Schmidtke C. A classification system for the bicuspid aortic valve from 304 surgical specimens. *J Thorac Cardiovasc Surg*. 2007;133(5):1226-1233. PMID: 17467434. <https://doi.org/10.1016/j.jtcvs.2007.01.039>
- De Kerchove L., Mastrobuoni S., Froede L., Tamer S., Boodhwani M., Van Dyck M., El Khoury G., Schäfers H.-J. Variability of repairable bicuspid aortic valve phenotypes: towards an anatomical and repair-oriented classification. *Eur J Cardiothorac Surg*. 2019;20:eaz033. PMID: 30789231. <https://doi.org/10.1093/ejcts/ezz033>
- Stephens E.H., Hope T.A., Kari F.A., Kvitting J.-P.E., Liang D.H., Herfkens R.J., Miller D.C. Greater asymmetric wall shear stress in Sievers' type 1/LR compared with 0/LAT bicuspid aortic valves after valve-sparing aortic root replacement. *J Thorac Cardiovasc Surg*. 2015;150(1):59-68. PMID: 25956338. <https://doi.org/10.1016/j.jtcvs.2015.04.020>
- David T.E., David C.M., Ouzounian M., Feindel C.M., Lafreniere-Roula M. A progress report on reimplantation of the aortic valve. *J Thorac Cardiovasc Surg*. 2021;161(3):890-899.e1. PMID: 33008570. <https://doi.org/10.1016/j.jtcvs.2020.07.121>
- Schneider U., Schmied W., Aicher D., Giebels C., Winter L., Schäfers H.-J. Sinus plication to improve valve configuration in bicuspid aortic valve repair — early results. *Ann Thorac Surg*. 2017;103(2):580-585. PMID: 27623278. <https://doi.org/10.1016/j.athoracsur.2016.06.064>
- Schneider U., Feldner S.K., Hofmann C., Schöpe J., Wagenpfeil S., Giebels C., Schäfers H.-J. Two decades of experience with root remodeling and valve repair for bicuspid aortic valves. *J Thorac Cardiovasc Surg*. 2017;153(4):S65-S71. PMID: 28168982. <https://doi.org/10.1016/j.jtcvs.2016.12.030>
- Nawaytou O., Mastrobuoni S., de Kerchove L., Baert J., Boodhwani M., El Khoury G. Deep circumferential

- annuloplasty as an adjunct to repair regurgitant bicuspid aortic valves with a dilated annulus. *J Thorac Cardiovasc Surg.* 2018;156(2):590-597. PMID: 29887391. <https://doi.org/10.1016/j.jtcvs.2018.03.110>
18. Al-Atassi T., Boodhwani M. Aortic valve insufficiency in aortic root aneurysms: consider every valve for repair. *J Vis Surg.* 2018;4:60. PMID: 29682470; PMCID: PMC5897687. <https://doi.org/10.21037/jovs.2018.01.13>
 19. Schneider U., Hofmann C., Schöpe J., Niewald A.K., Giebels C., Karliova I., Schäfers H.-J. Long-term results of differentiated anatomic reconstruction of bicuspid aortic valves. *JAMA Cardiol.* 2020;5(12):1366-1373. PMID: 32936224; PMCID: PMC7495333. <https://doi.org/10.1001/jamacardio.2020.3749>
 20. Ehrlich T., de Kerchove L., Vojacek J., Boodhwani M., El-Hamamsy I., De Paulis R., Lansac E., Bavaria J.E., El Khoury G., Schafers H.-J. State-of-the art bicuspid aortic valve repair in 2020. *Prog Cardiovasc Dis.* 2020;63(4):457-464. PMID: 32380025. <https://doi.org/10.1016/j.pcad.2020.04.010>
 21. Tanaka H., Okada K., Okita Y. Reimplantation for annular stabilization in bicuspid aortic valve repair. *Gen Thorac Cardiovasc Surg.* 2021;69(2):260-266. PMID: 32743727. <https://doi.org/10.1007/s11748-020-01453-9>
 22. Ouzounian M., Feindel C.M., Manlihot C., David C., David T.E. Valve-sparing root replacement in patients with bicuspid versus tricuspid aortic valves. *J Thorac Cardiovasc Surg.* 2019;158(1):1-9. PMID: 31248507. <https://doi.org/10.1016/j.jtcvs.2018.10.151>
 23. Tamer S., Mastrobuoni S., van Dyck M., Navarra E., Bollen X., Poncellet A., Noirhomme P., Astarci P., El Khoury G., de Kerchove L. Free margin length and geometric height in aortic root dilatation and leaflet prolapse: implications for aortic valve repair surgery. *Eur J Cardiothorac Surg.* 2020;57(1):124-132. PMID: 31089691. <https://doi.org/10.1093/ejcts/ezz132>
 24. Kayatta M.O., Leshnower B.G., McPherson L.R., Zhang C., Lasanajak Y., Chen E.P. Valve sparing root replacement provides similar midterm outcomes in bicuspid and trileaflet valves. *Ann Thorac Surg.* 2019;107(1):54-60. PMID: 30240765. <https://doi.org/10.1016/j.athoracsur.2018.07.045>
 25. Karliova I., Schneider U., Ehrlich T., Schäfers H.-J. Results of pericardial patches in tricuspid and bicuspid aortic cusp repair. *Ann Thorac Surg.* 2020;109(3):728-735. PMID: 31472143. <https://doi.org/10.1016/j.athoracsur.2019.07.025>
 26. Lau C., Wingo M., Rahouma M., Ivascu N., Iannacone E., Kamel M., Gaudino M.F.L., Girardi L.N. Valve-sparing root replacement in patients with bicuspid aortopathy: An analysis of cusp repair strategy and valve durability. *J Thorac Cardiovasc Surg.* 2021;161(2):469-478. PMID: 31761336. <https://doi.org/10.1016/j.jtcvs.2019.10.048>
 27. Erasmi A.W., Sievers H.-H., Bechtel J.F.M., Hanke T., Stierle U., Misfeld M. Remodeling or reimplantation for valve-sparing aortic root surgery? *Ann Thorac Surg.* 2007;83(2):S752-S756. PMID: 17257921. <https://doi.org/10.1016/j.athoracsur.2006.10.093>
 28. Lansac E., Di Centa I., Sleilaty G., Lejeune S., Khelil N., Berrebi A., Diakov C., Mankoubi L., Malergue M.-C., Noghini M., Zannis K., Salvi S., Dervanian P., Debauchez M. Long-term results of external ring annuloplasty for aortic valve repair. *Eur J Cardiothorac Surg.* 2016;50(2):350-360. PMID: 27440158. <https://doi.org/10.1093/ejcts/ezw070>
 29. Miyahara S., Karliova I., Giebels C., Schneider U., Matsushima S., Schäfers H.-J. Aortic root remodeling in bicuspid and tricuspid aortic valves – long-term results. *Indian J Thorac Cardiovasc Surg.* 2020;36(Suppl 1):81-87. PMID: 33061188; PMCID: PMC7525473. <https://doi.org/10.1007/s12055-019-00798-y>
 30. Huuskonen A., Valo J., Kaarne M., Ropponen J., Inlberg L., Juvonen T., Raivio P. Outcome of valve sparing root replacement for diverse indications. *Scand Cardiovasc J.* 2021;55(3):173-179. PMID: 33501855. <https://doi.org/10.1080/14017431.2020.1869298>
 31. Patel P.M., Wei J.W., McPherson L., Binongo J., Leshnower B.G., Chen E.P. Bicuspid aortic valve sparing root replacement. *J Card Surg.* 2021;36(1):118-123. PMID: 33225511. <https://doi.org/10.1111/jocs.15210>
 32. Beckerman Z., Kayatta M.O., McPherson L.R., Binongo J.N., Lasanajak Y., Leshnower B.G., Chen E.P. Bicuspid aortic valve repair in the setting of severe aortic insufficiency. *J Vis Surg.* 2018;4:101. PMID: 29963390; PMCID: PMC5994457. <https://doi.org/10.21037/jovs.2018.04.13>
 33. Vallabhajosyula P., Szeto W.Y., Habrtheuer A., Komlo C., Milewski R.K., McCarthy F., Desai N.D., Bavaria J.E. Bicuspid aortic insufficiency with aortic root aneurysm: root reimplantation versus Bentall root replacement. *Ann Thorac Surg.* 2016;102(4):1221-1228. PMID: 27261086. <https://doi.org/10.1016/j.athoracsur.2016.03.087>
 34. De Paulis R., Scaffa R., Weltert L., Salica A. Mimicking mother nature: the Valsalva graft. *J Thorac Cardiovasc Surg.* 2020;159(5):1758-1763. PMID: 31648830. <https://doi.org/10.1016/j.jtcvs.2019.06.128>
 35. Carlotta B., Zakkar M., Zacek P., Palladino M., Lansac E. Bicuspid aortic valve repair with hemi-remodelling technique and external ring annuloplasty. *J Card Surg.* 2020;35(1):146-150. PMID: 31705828. <https://doi.org/10.1111/jocs.14334>
 36. Aalaei-Andabili S.H., Beaver T.M., Martin T.D., Hess P.J., Arnaoutakis G.J. Outcomes of Florida Sleeve procedure in patients with bicuspid versus tricuspid aortic valve. *Innovations.* 2020;15(4):361-368. PMID: 32729751. <https://doi.org/10.1177/1556984520938470>
 37. Komarov R., Chernov I., Enginiov S., Pompeu M., Tarasov D. The Russian Conduit – combining Bentall and Ozaki procedures for concomitant ascending aorta replacement and aortic valve neocuspidization. *Braz J Cardiovasc Surg.* 2019;34(5):618-623. PMID: 31719014; PMCID: PMC6852441. <https://doi.org/10.21470/1678-9741-2019-0329>
 38. Poh C.L., Buratto E., Larobina M., Wynne R., O'Keefe M., Goldblatt J., Tatoulis J., Skillington P.D. The Ross procedure in adults presenting with bicuspid aortic valve and pure aortic regurgitation: 85% freedom from reoperation at 20 years. *Eur J Cardiothorac Surg.* 2018;54(3):420-426. PMID: 29546380. <https://doi.org/10.1093/ejcts/ezy073>
 39. Шарифулин Р.М., Демин И.И., Астапов Д.А., Афанасьев А.В., Пивкин А.Н., Овчаров М.А., Сапегин А.В., Богачев-Прокофьев А.В. Реконструкция корня аорты при двустороннем аортальном клапане. *Кардиология и сердечно-сосудистая хирургия.* 2020;13(3):213-223. <https://doi.org/10.17116/kardio202013031213>
- Sharifulin R.M., Demin I.I., Astapov D.A., Afanasyev A.V., Pivkin A.N., Ovcharov M.A., Sapegin A.V., Bogachev-Prokophiev A.V. Aortic root reconstruction in bicuspid aortic valve. *Kardiologiya i Serdechno-Sosudistaya Khirurgiya = Russian Journal of Cardiology and Cardiovascular Surgery.* 2020;13(3):213-223. (In Russ.) <https://doi.org/10.17116/kardio202013031213>

The possibilities of valve-sparing surgical treatment of bicuspid aortic valve syndrome

Roman N. Komarov¹, Vladimir K. Noginov²

¹ Sechenov First Moscow State Medical University, Moscow, Russian Federation

² Leningrad Regional Clinical Hospital, Saint-Petersburg, Russian Federation

Corresponding author. Vladimir K. Noginov, mrnoginov@mail.ru

Abstract

The Bentall procedure is the gold standard for the treatment of bicuspid aortic valve insufficiency, aortic root aneurysm and ascending aortic aneurysm today. Valve-sparing methods of reconstruction of the aortic root are becoming increasingly common, with the accumulation of experience in the reconstruction of the bicuspid aortic valve and more favorable hemodynamic characteristics of the native valve compared to any prosthesis. The purpose of our study is to determine the indications for surgical correction of BAV-related aortopathy and the most effective method of surgical treatment. We performed a literature review of the variants of valve-sparing surgical treatment of bicuspid aortic valve syndrome, which have shown satisfactory med-term and long-term results. The article will be interested to cardiovascular surgeons and cardiologists.

Keywords: aortic aneurysm; aortic root reconstruction; bicuspid aortic valve; David procedure; valve-sparing operation

Received 6 December 2021. Revised 15 February 2022. Accepted 5 March 2022.

Funding: The study did not have sponsorship.

Conflict of interest: Authors declare no conflict of interest.

Contribution of the authors: The authors contributed equally to this article.

ORCID ID

R.N. Komarov, <https://orcid.org/0000-0002-3904-6415>

V.K. Noginov, <https://orcid.org/0000-0002-0476-2120>

Copyright: © 2022 Komarov et al.

How to cite: Komarov R.N., Noginov V.K. The possibilities of valve-sparing surgical treatment of bicuspid aortic valve syndrome. *Patologiya krovoobrashcheniya i kardiokhirurgiya = Circulation Pathology and Cardiac Surgery*. 2022;26(2):9-16. (In Russ.) <https://dx.doi.org/10.21688/1681-3472-2022-2-9-16>

