

Реимплантация корня аорты у пациентов с двустворчатым и трехстворчатым аортальным клапаном: систематический обзор

Для корреспонденции:

Александр Валерьевич
Кокорин, kokorin.19@mail.ru

Поступила в редакцию 4 июля 2024 г.
Исправлена 15 сентября 2024 г.
Принята к печати 19 сентября 2024 г.

Цитировать: Кокорин А.В., Аминов В.В., Лукин О.П., Богачев-Прокофьев А.В. Реимплантация корня аорты у пациентов с двустворчатым и трехстворчатым аортальным клапаном: систематический обзор. *Патология кровообращения и кардиохирургия*. 2024;28(3):7-18. <https://doi.org/10.21688/1681-3472-2024-3-7-18>

Финансирование

Исследование выполнено в рамках гранта Российского научного фонда № 23-15-00434.

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

ORCID

А.В. Кокорин,
<https://orcid.org/0000-0002-1618-0400>

В.В. Аминов,
<https://orcid.org/0000-0001-8631-8092>

О.П. Лукин,
<https://orcid.org/0000-0003-3162-1523>

А.В. Богачев-Прокофьев,
<https://orcid.org/0000-0003-4625-4631>

© Кокорин А.В.,
Аминов В.В., Лукин О.П.,
Богачев-Прокофьев А.В., 2024



А.В. Кокорин¹, В.В. Аминов¹, О.П. Лукин¹, А.В. Богачев-Прокофьев²

¹ Федеральное государственное бюджетное учреждение «Федеральный центр сердечно-сосудистой хирургии» Министерства здравоохранения Российской Федерации (г. Челябинск), Челябинск, Российская Федерация

² Федеральное государственное бюджетное учреждение «Национальный медицинский исследовательский центр имени академика Е.Н. Мешалкина» Министерства здравоохранения Российской Федерации, Новосибирск, Российская Федерация

Аннотация

Актуальность. Клапаносохраняющие операции завоевывают все большую популярность в хирургическом лечении аневризм корня аорты у пациентов как с трех-, так и двустворчатым аортальным клапаном. Однако большинство исследований посвящены результатам клапаносохраняющих вмешательств у больных с трехстворчатым клапаном.

Цель. Оценка клинических результатов реимплантации корня аорты у пациентов с трехстворчатым аортальным клапаном в сравнении с двустворчатым.

Методы. Систематический обзор выполнили согласно критериям PRISMA 2020. Провели поиск опубликованных статей в электронных базах данных Medline (PubMed), Web of Science, Google Scholar, в которых сравнивались результаты реимплантации корня аорты у пациентов с трех- и двустворчатым аортальным клапаном. В обзор включили исследования, в которых больные разделены на две группы в зависимости от анатомии клапана. Исследования с одной группой исключили.

Результаты. Критериям включения соответствовали 13 статей. Всего в исследование вошли результаты лечения 3 191 пациента, из которых 608 имели двустворчатый и 2 583 — трехстворчатый аортальный клапан. Достоверных различий по полу и возрасту не было. В большинстве исследований госпитальная летальность не превышала 1 %. Не обнаружили значимых различий у больных с двустворчатым и трехстворчатым аортальным клапаном в показателях свободы от аортальной недостаточности ≥ 2 степени и отдаленной выживаемости через 5, 10, 15 и 20 лет. В нескольких работах в группе двустворчатого клапана частота повторных операций была значимо выше по сравнению с трехстворчатым ($p = 0,026$ и $p = 0,002$).

Заключение. Реимплантация корня аорты обеспечивает высокую выживаемость в отдаленном периоде наблюдения с низким риском повторной операции и рецидива аортальной недостаточности как при трех-, так и двустворчатом аортальном клапане.

Ключевые слова: двустворчатый аортальный клапан; клапаносохраняющая операция; операция David; реимплантация аортального клапана; трехстворчатый аортальный клапан

Aortic root reimplantation in patients with bicuspid and tricuspid aortic valve: a systematic review

Corresponding author: Alexander V. Kokorin, kokorin.19@mail.ru

Received 4 July 2024. Revised 15 September 2024. Accepted 19 September 2024.

How to cite: Kokorin A.V., Aminov V.V., Lukin O.P., Bogachev-Prokofiev A.V. Aortic root reimplantation in patients with bicuspid and tricuspid aortic valve: a systematic review. *Patologiya krovoobrashcheniya i kardiokhirurgiya = Circulation Pathology and Cardiac Surgery*. 2024;28(3):7-18. (In Russ.) <https://doi.org/10.21688/1681-3472-2024-3-7-18>

Funding

The research was carried out within the framework of the grant of the Russian Science Foundation No. 23-15-00434.

Conflict of interest

The authors declare no conflict of interest.

Contribution of the authors

The authors contributed equally to this article.

ORCID

A.V. Kokorin, <https://orcid.org/0000-0002-1618-0400>
 V.V. Aminov, <https://orcid.org/0000-0001-8631-8092>
 O.P. Lukin, <https://orcid.org/0000-0003-3162-1523>
 A.V. Bogachev-Prokofiev, <https://orcid.org/0000-0003-4625-4631>

© 2024 Kokorin et al.

Alexander V. Kokorin¹, Vladislav V. Aminov¹, Oleg P. Lukin¹, Alexander V. Bogachev-Prokofiev²

¹Federal Centre of Cardiovascular Surgery, Ministry of Health of Russian Federation, Chelyabinsk, Russian Federation

²Meshalkin National Medical Research Center, Ministry of Health of Russian Federation, Novosibirsk, Russian Federation

Abstract

Introduction: Valve-preserving operations are gaining popularity in the surgical treatment of aortic root aneurysms in patients with both tricuspid aortic valve (TAV) and bicuspid aortic valve (BAV). Most studies are focused on the results of valve-preserving procedures in patients with TAVs.

Objective: The study takes a comparative assessment of clinical results on aortic root reimplantation in patients with TAV and BAV.

Methods: The systematic review was accomplished according to the PRISMA 2020 criteria. Search for published papers involving comparison of the results on the valve-preserving aortic root reimplantation in patients with TAV and BAV was conducted in three main electronic databases, namely Medline [PubMed], Web of Science, and Google Scholar. The review only included studies, which involved patients of both groups, differed by the anatomy of the valve; studies based on one examination group were excluded.

Results: We revealed that 13 articles met the inclusion criteria. In total, the review involved the treatment results of 3,191 patients, of whom 608 had a BAV and 2,583 had a TAV; patients of comparison groups were similar by sex and age. In most studies, hospital mortality did not exceed 1%. Patients with BAV and TAV showed no significant differences in freedom from aortic regurgitation (AR) \geq II and long-term survival in 5, 10, 15, and 20 years. However, certain studies noted that patients of the BAV group had a significantly higher reoperation rate than those with TAV ($p = 0.026$ and $p = 0.002$).

Conclusion: Reimplantation provides excellent survival for long-term follow-up periods with a low risk of reoperation and recurrence of aortic regurgitation in patients both with TAV and BAV.

Keywords: Aortic Root Aneurysm; Aortic Valve; Bicuspid Aortic Valve Disease; David Procedure; PubMed; Reimplantation; Search Engine; Tricuspid Aortic Valve



Введение

Одним из первых упоминаний о хирургическом вмешательстве на корне аорты была работа M.W. Wheat Jr и соавт., которые в 1964 г. выполнили успешное протезирование восходящего отдела аорты и аортального клапана (АоК) с имплантацией устьев коронарных артерий в сосудистый протез у пациента с недостаточностью АоК и аневризмой восходящей аорты [1]. Однако при дальнейшем наблюдении была отмечена тенденция к расширению оставшегося участка корня аорты.

Новым этапом стала работа H. Bentall и A. De Bono, которые в 1968 г. провели полную замену корня аорты композитным клапаным кондуитом [2]. В дальнейшем этот метод стал золотым стандартом в лечении патологии корня аорты (процедура Bentall). Недостаток использования механических протезов — пожизненный прием антикоагулянтов с сопутствующим риском кровотечения и тромбоза. Частота кровотечений после замены АоК механическим протезом через 10 и 20 лет составляет 16 и 61 % соответственно [3]. Тромбоэмболические осложнения возникают у 10 % пациентов через 10 лет и у 24 % через 20 лет [3].

С другой стороны, применение биологических протезов не рекомендуется у молодых пациентов из-за быстрой структурной дегенерации. V. Chan и соавт. [4] выявили 10-летнюю свободу от повторных операций 63 % у лиц среднего возраста и 55 % у больных моложе 40 лет.

Идея сохранения нативного АоК без органического повреждения створок продолжала существовать, и через 25 лет были представлены два способа клапаносохраняющих операций: в 1992 г. T.E. David и C.M. Feindel сообщили о реимплантации АоК при протезировании корня аорты (процедура David), а в 1993 г. M.A. Sarsam и M. Yasoub предложили способ ремоделирования корня аорты [5; 6]. Данные методики позволили пациентам отказаться от приема антикоагулянтов, обеспечили гемодинамику, сопоставимую с физиологичной, и показали превосходные отдаленные результаты [7; 8].

Клапаносохраняющие вмешательства завоевывают все большую популярность в хирургическом лечении аневризм корня аорты. По данным V. Arabkhanі и соавт., они дают лучший результат по сравнению с заменой корня аорты клапаносодержащим кондуитом (операцией Bentall) с точки зрения отдаленных осложнений и выживаемости [9]. В рекомендациях Американской ассоциации сердца (American Heart Association, АНА) и Американской коллегии кардиологов (American College of

Cardiology, ACC) 2022 г., а также рекомендациях Европейского кардиологического общества (European Society of Cardiology, ESC) и Европейской ассоциации кардиоторакальной хирургии (European Association for Cardio-Thoracic Surgery, EACTS) 2021 г. указано, что при протезировании корня аорты и наличии подходящего АоК предпочтительнее выполнять клапаносохраняющую операцию (класс рекомендаций IIA) [10; 11].

Однако большинство исследований посвящены результатам клапаносохраняющих вмешательств у пациентов с трехстворчатым АоК, а данные о применении методики при двустворчатом клапане ограничены.

Двустворчатый АоК имеют 1–2 % населения, что делает его самой частой врожденной сердечно-сосудистой аномалией [12]. Кроме того, клиническая значимость патологии обусловлена не только ранней дисфункцией АоК, но и осложнениями, связанными с ассоциированной аортопатией. По сравнению со стенозом, недостаточность двустворчатого АоК и аневризматическое расширение аорты обычно возникают в относительно молодом возрасте [13]. Как следствие, отдаленный результат лечения у этой группы больных является особенно важным фактором в выборе методики хирургической коррекции.

Цель обзора — анализ клинических результатов реимплантации корня аорты у пациентов с трикуспидальной анатомией аортального клапана в сравнении с бикуспидальной.

Методы

Систематический обзор выполнили согласно критериям PRISMA 2020 [14]. Провели поиск опубликованных статей в электронных базах данных Medline (PubMed), Web of Science, Google Scholar, в которых сравнивались результаты реимплантации корня аорты у пациентов с трех- и двустворчатым АоК, без ограничений по языку и дате публикации, чтобы сделать поиск более полным и всеобъемлющим. Использовали ключевые слова “Valvesparing aortic root reimplantation”, “David procedure” и “Bicuspid aortic valve”. Два исследователя независимо оценивали опубликованные данные. Различий в процедурах оценки и скрининга между исследователями не было.

В обзор включили работы с двумя группами, в которых сравнивались результаты реимплантации при трех- и двустворчатом АоК. Исключили работы, в которых больные с различной анатомией АоК

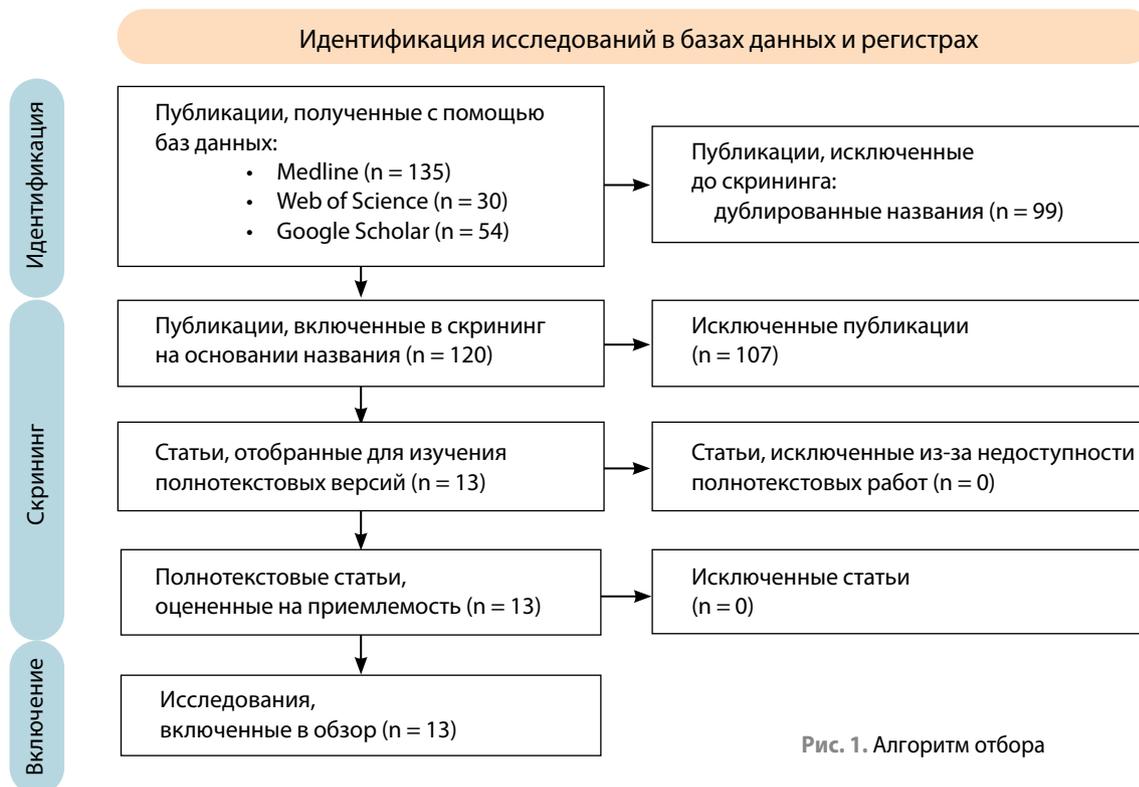


Рис. 1. Алгоритм отбора

составляли одну группу. Анализировали демографические характеристики пациентов, дизайн исследований и клинические результаты. Первичными точками, представляющими интерес, были свобода от повторных операций на АоК, свобода от аортальной недостаточности (АоН) ≥ 2 ст., вторичными — госпитальная летальность и отдаленная выживаемость.

Результаты

Первоначальный результат поиска дал 120 неповторяющихся статей, которые отобрали по названию и аннотации. После применения критериев включения и исключения в обзор включили 13 работ (рис. 1).

Всего в исследование вошли результаты лечения 3 191 пациента [15–27]. Из них 608 имели двустворчатый и 2 583 — трехстворчатый АоК. Достоверных различий по полу и возрасту не отметили (табл. 1).

В одноцентровом ретроспективном исследовании J.-P.E. Kvitting и соавт. [16] оценивали результаты реимплантации у 233 пациентов с двустворчатым и трехстворчатым АоК. На госпитальном этапе выявлена летальность 0,9 % (n = 2). Причиной у первого больного стала правожелудочковая недостаточность, у второго — инфаркт головного мозга. По-

казатели выживаемости через 5 и 10 лет — $98,7 \pm 0,7$ % и $93,5 \pm 5,1$ % соответственно. Достоверной разницы в отдаленной выживаемости между пациентами с двустворчатым и трехстворчатым АоК не было (p = 0,805). Свобода от повторных операций через 5 и 10 лет составила $98,0 \pm 1,2$ % и $92,2 \pm 3,6$ % соответственно. Авторы не обнаружили достоверных различий в свободе от реопераций при двустворчатом и трехстворчатом АоК (p = 0,179). При контрольном обследовании у 202 больных (94,8 %) АоН отсутствовала, у 10 (4,7 %) была незначительной. Таким образом, свобода от АоН > 2 ст. через 5 и 10 лет составила $97,4 \pm 1,5$ % и $95,3 \pm 2,5$ % соответственно.

Сходные выводы представили M. Liebrich и соавт. [17], которые проанализировали отдаленные результаты процедуры David у пациентов с различной морфологией АоК. Ретроспективному анализу подверглись результаты лечения 236 больных, из которых 35 имели двустворчатый и 201 — трехстворчатый АоК. Смертность на госпитальном этапе составила 1,7 % (n = 4). В группе трехстворчатого АоК определили свободу от повторных операций через 5 и 10 лет 94 и 90 % соответственно, свободу от АоН > 2 ст. 94 и 91 % соответственно. Аналогичные результаты получили в группе двустворчатого

Табл. 1. Исследования, вошедшие в отбор

Авторы, год, страна	Демография	p	Дизайн исследования	Конечная точка	Значение, %
P.G. Malvindi и соавт., 2012, Италия [15]	n = 132: BAV — 24 (18,2 %); TAV — 108 (81,8 %) Мужской пол (n, %): 96 (72,7) Средний возраст (лет): 61 ± 12	–	Одноцентровое, ретроспективное. Анализ применения методики реимплантации, определение предикторов риска реоперации	Госпитальная летальность 5-летняя выживаемость (общая) Свобода от реопераций (общая, 5 лет) Свобода от реопераций (BAV, 5 лет)	0,8 94 90 86
J.-P.E. Kvitting и соавт., 2013, США [16]	n = 233: BAV — 63 (27,0 %); TAV — 170 (73,0 %) Мужской пол (n, %): TAV — 115 (67); BAV — 50 (80) Средний возраст (лет): TAV — 36 ± 13; BAV — 43 ± 12	0,08 –	Одноцентровое, ретроспективное. Сравнение среднеотдаленных результатов (выживаемость, риск реоперации, степень остаточной AoH) при трех- и двустворчатом AoK после реимплантации AoK по методике T. David	Госпитальная летальность 5-летняя выживаемость 10-летняя выживаемость Свобода от реопераций (5 лет) Свобода от реопераций (10 лет) Свобода от структурных изменений клапана (5 лет) Свобода от структурных изменений клапана (10 лет) Свобода от AoH > 2 ст. (5 лет) Свобода от AoH > 2 ст. (10 лет)	0,9 98,7 ± 0,7 93,5 ± 5,1 98,0 ± 1,2 92,2 ± 3,6 97,6 ± 1,4 96,1 ± 2,1 97,4 ± 1,5 95,3 ± 2,5
M. Liebrich и соавт., 2013, Германия [17]	n = 236: BAV — 35 (14,8 %); TAV — 201 (85,2 %) Мужской пол (n, %): 179 (75,8) Средний возраст (лет): 56 ± 15	–	Одноцентровое, ретроспективное. Оценка отдаленных результатов процедуры David у пациентов с трехстворчатым AoK в сравнении с двустворчатым	Госпитальная летальность Смертность в отдаленном периоде Свобода от реопераций (TAV, 5 лет) Свобода от реопераций (BAV, 5 лет) Свобода от реопераций (TAV, 10 лет) Свобода от AoH > 2 ст. (TAV, 5 лет) Свобода от AoH > 2 ст. (BAV, 5 лет) Свобода от AoH > 2 ст. (TAV, 10 лет)	1,7 4 94 94 90 94 97 91
J.E. Bavaria и соавт., 2015, США [18]	n = 129: BAV — 40 (31,0 %); TAV — 89 (69,0 %) Мужской пол (n, %): BAV — 35 (87,5); TAV — 63 (70,8) Средний возраст (лет): BAV — 46 ± 12; TAV — 45 ± 15	0,3 0,7	Одноцентровое, ретроспективное. Сравнение результатов хирургического лечения AoH при двустворчатом и трехстворчатом AoK	Госпитальная летальность 5-летняя выживаемость (BAV) 5-летняя выживаемость (TAV) Свобода от реопераций (BAV, 5 лет) Свобода от реопераций (TAV, 5 лет)	0 100 99 ± 1 100 97 ± 2
C.E. Martín и соавт., 2017, Испания [19]	n = 267: BAV — 57 (21,3 %); TAV — 103 (38,6 %); MS — 107 (40,1 %) Мужской пол (n, %): BAV — 57 (100); TAV — 89 (86,3) Средний возраст (лет): BAV — 57,5 ± 17,8; TAV — 46 ± 11,8	0,005 0,001	Одноцентровое, ретроспективное. Оценка отдаленных результатов реимплантации AoK, определение факторов риска возврата AoH и реоперации у лиц с различными патологиями AoK	Госпитальная летальность 5-летняя выживаемость (BAV) 5-летняя выживаемость (TAV) Свобода от AoH ≥ 2 ст. (BAV, 5 лет) Свобода от AoH ≥ 2 ст. (TAV, 5 лет) Свобода от реопераций (BAV, 5 лет) Свобода от реопераций (TAV, 5 лет)	0,37 96 ± 3 94 ± 4 93 ± 4 92 ± 4 96 ± 3 97 ± 2
M.L. Shrestha и соавт., 2017, Германия [20]	n = 197: BAV — 24 (12,2 %); TAV — 173 (87,8 %) Мужской пол (n, %): BAV — 21 (88); TAV — 123 (71) Средний возраст (лет): BAV — 40; TAV — 49	0,7 0,005	Одноцентровое, ретроспективное. Оценка отдаленных результатов реимплантации с использованием прямого сосудистого протеза (David I)	Госпитальная летальность 5-летняя выживаемость 10-летняя выживаемость 15-летняя выживаемость 20-летняя выживаемость Свобода от реопераций (5 лет) Свобода от реопераций (10 лет) Свобода от реопераций (15 лет) Свобода от реопераций (20 лет)	0 94 85 77 60 91 84 80 66
M. Ouzounian и соавт., 2019, Канада [21]	n = 180: BAV — 45 (25,0 %); TAV — 135 (75,0 %) Мужской пол (n, %): BAV — 39 (87); TAV — 121 (90) Средний возраст (лет): BAV — 40 ± 13; TAV — 41 ± 14	0,59 0,93	Одноцентровое, ретроспективное. Сравнение результатов хирургического лечения (реимплантация корня аорты) у пациентов с двустворчатым и трехстворчатым AoK	Госпитальная летальность (BAV) Госпитальная летальность (TAV) 5-летняя выживаемость (BAV) 5-летняя выживаемость (TAV) 10-летняя выживаемость (BAV) 10-летняя выживаемость (TAV) Рецидив AoH ≥ 2,5 ст. (BAV, 5 лет) Рецидив AoH ≥ 2,5 ст. (TAV, 5 лет) Рецидив AoH ≥ 2,5 ст. (BAV, 10 лет) Рецидив AoH ≥ 2,5 ст. (TAV, 10 лет) Частота реопераций (TAV, 5 лет) Частота реопераций (BAV, 5 лет) Частота реопераций (TAV, 10 лет) Частота реопераций (BAV, 10 лет)	0 2 100 99,2 100 94,1 3,9 1,2 6,5 1,9 0 0 1,4 4,2

Авторы, год, страна	Демография	p	Дизайн исследования	Конечная точка	Значение, %
M.O. Kayatta и соавт., 2019, США [22]	n = 294: BAV — 69 (23,5 %); TAV — 225 (76,5 %) Мужской пол (n, %): BAV — 57 (82,6); TAV — 184 (81,8) Средний возраст (лет): BAV — 42,7 ± 12,2; TAV — 46,0 ± 13,5	0,88	Одноцентровое, ретроспективное. Оценка отдаленных результатов лечения больных с трех- и двустворчатым AoK, перенесших реимплантацию корня аорты	Госпитальная летальность (BAV)	1,6
				Госпитальная летальность (TAV)	4,8
				5-летняя выживаемость (BAV)	95
				5-летняя выживаемость (TAV)	98
				AoH ≥ 2 ст. (BAV, 6 лет)	7,7
				AoH ≥ 2 ст. (TAV, 6 лет)	2,0
Частота реопераций (BAV, 6 лет)	7,7				
Частота реопераций (TAV, 6 лет)	4,4				
D. Karciauskas и соавт., 2019, Литва [23]	n = 92: BAV — 29 (31,5 %); TAV — 63 (68,5 %) Мужской пол (n, %): BAV — 27 (93,1); TAV — 56 (88,9) Средний возраст (лет): BAV — 42,4 ± 12; TAV — 55,3 ± 14,9	0,5	Одноцентровое, ретроспективное. Анализ результатов реимплантации корня аорты у пациентов с двустворчатым и трехстворчатым AoK	Госпитальная летальность (BAV)	3,4
				Госпитальная летальность (TAV)	3,1
				10-летняя выживаемость (BAV)	96,8 ± 2,2
				10-летняя выживаемость (TAV)	90,3 ± 4,2
				Свобода от AoH ≥ 2 ст. (BAV, 5 лет)	80,4 ± 7,8
				Свобода от AoH ≥ 2 ст. (TAV, 5 лет)	95,0 ± 2,1
				Свобода от AoH ≥ 2 ст. (BAV, 10 лет)	75,7 ± 8,7
				Свобода от AoH ≥ 2 ст. (TAV, 10 лет)	90,5 ± 4,1
				Свобода от реопераций (BAV, 5 лет)	92,3 ± 5,2
				Свобода от реопераций (TAV, 5 лет)	100
				Свобода от реопераций (BAV, 10 лет)	83,9 ± 7,4
				Свобода от реопераций (TAV, 10 лет)	100
E. Beckmann и соавт., 2020, Германия [24]	n = 582: BAV — 50 (8,6 %); TAV — 532 (91,4 %) Мужской пол (n, %): BAV — 40 (80); TAV — 362 (68) Средний возраст (лет): BAV — 46 ± 13; TAV — 54 ± 16	-	Одноцентровое, ретроспективное. Анализ применения методики реимплантации David I у пациентов с двустворчатым AoK	Госпитальная смертность	0
				5-летняя выживаемость (BAV)	94
				10-летняя выживаемость (BAV)	88
				20-летняя выживаемость (BAV)	84
				Свобода от реопераций (BAV, 5 лет)	88
				Свобода от реопераций (BAV, 10 лет)	79
Свобода от реопераций (BAV, 20 лет)	74				
S.A. Mokashi и соавт., 2020, США [25]	n = 607: BAV — 92 (15 %); TAV — 515 (85 %) Мужской пол (n): BAV — 77 Средний возраст (лет): BAV — 47 ± 12; TAV — 49 ± 14	-	Одноцентровое, ретроспективное. Оценка отдаленных результатов реимплантации у больных с двустворчатым AoK в сравнении с трехстворчатым	Госпитальная летальность (BAV)	1,1
				5-летняя выживаемость (BAV)	100
				5-летняя выживаемость (TAV)	98
				AoH ≥ 2 ст. (BAV, 5 лет)	7,4
				AoH ≥ 2 ст. (TAV, 5 лет)	2,9
				Свобода от реопераций (BAV, 5 лет)	94
Свобода от реопераций (TAV, 5 лет)	98				
D.S. Deas Jr и соавт., 2021, США [26]	n = 111: BAV — 46 (41,4 %); TAV — 65 (58,6 %) Мужской пол (n, %): BAV — 44 (95,7); TAV — 54 (83,1) Средний возраст (лет): BAV — 38,1 ± 9,3; TAV — 48,7 ± 11,2	0,04	Одноцентровое, ретроспективное. Анализ влияния эксцентричности потока крови на отдаленные результаты лечения при трех- и двустворчатом AoK	5-летняя выживаемость (BAV)	97
				5-летняя выживаемость (TAV)	87
				10-летняя выживаемость (BAV)	97
				10-летняя выживаемость (TAV)	71
				Рецидив AoH ≥ 1 ст. (BAV, 5 лет)	6,4
				Рецидив AoH ≥ 1 ст. (TAV, 5 лет)	9,3
				Рецидив AoH ≥ 1 ст. (BAV, 10 лет)	13
				Рецидив AoH ≥ 1 ст. (TAV, 10 лет)	18
				Частота реопераций (TAV, 5 лет)	6,4
				Частота реопераций (BAV, 5 лет)	7,8
				Частота реопераций (TAV, 10 лет)	6,4
				Частота реопераций (BAV, 10 лет)	7,8
J. Sromicki и соавт., 2023, Швейцария, Германия [27]	n = 131: BAV — 34 (25,9 %); TAV — 97 (74,1 %) Мужской пол (n, %): 107 (82) Средний возраст (лет): 48	-	Одноцентровое, ретроспективное. Анализ отдаленных результатов реимплантации корня аорты за 25 лет	Госпитальная летальность	2
				5-летняя выживаемость	93,5 ± 2,4
				10-летняя выживаемость	87,0 ± 3,5
				15-летняя выживаемость	66,6 ± 6,5

Примечание. AoK — аортальный клапан; AoH — аортальная недостаточность; BAV — двустворчатый аортальный клапан; TAV — трехстворчатый аортальный клапан; MS — синдром Марфана.

АоК, где свобода от повторных вмешательств через 5 лет составила 94 %, а свобода от АоН > 2 ст. — 97 %. Достоверных различий между исследуемыми группами не было ($p = 0,632$ и $p = 0,629$). В работе P.G. Malvindi и соавт. [15] определена общая выживаемость через 5 лет 94 %, свобода от реопераций — 90 %, а в группе двустворчатого АоК — 86 %. В то же время не выявлено статистически значимой разницы между больными с двустворчатым и трехстворчатым клапаном ($p = 0,26$).

В 2015 г. J.E. Bavaria и соавт. [18] сравнили результаты хирургического лечения АоН с применением методики реимплантации у 129 пациентов с двустворчатым и трехстворчатым АоК. На госпитальном этапе не было случаев с летальным исходом. Пятилетняя выживаемость составила 100 % в группе двустворчатого и 99 ± 1 % — трехстворчатого АоК, а свобода от повторных операций — 100 % и 97 ± 2 % соответственно. Статистически значимой разницы по данным показателям между исследуемыми группами не выявили ($p = 0,5$ и $p = 0,6$).

В 2017 г. были представлены два одноцентровых исследования, посвященных отдаленным результатам реимплантации у пациентов с различной патологией АоК. В работе С.Е. Martín и соавт. [19] пятилетняя выживаемость у больных с двустворчатым и трехстворчатым АоК составила 96 ± 3 % и 94 ± 4 % ($p = 0,17$), свобода от АоН > 2 ст. 93 ± 4 % и 92 ± 4 % ($p = 0,62$), свобода от повторных вмешательств 96 ± 3 % и 97 ± 2 % ($p = 0,95$) соответственно. M.L. Shrestha и соавт. [20] опубликовали 20-летний опыт наблюдения за больными после операции David I и сообщили об общей выживаемости через 10 и 20 лет 85 и 60 % соответственно. Авторы отметили, что до 15 лет результаты между группами двустворчатого и трехстворчатого АоК были сопоставимы. Уровень свободы от повторных вмешательств на этапе 10 и 20 лет — 84 и 66 % соответственно. В группе с двустворчатым АоК частота реопераций была значимо выше, чем у пациентов с трехстворчатым ($p = 0,026$).

В 2019 г. M. Ouzounian и соавт. [21] опубликовали результаты хирургического лечения с применением методики реимплантации корня аорты у 180 пациентов с двустворчатым и трехстворчатым АоК. Отдаленная выживаемость на этапе 5 и 10 лет в группе двустворчатого АоК составила 100 и 100 %, трехстворчатого — 99,2 и 94,1 % соответственно ($p = 0,2$). Авторы не отметили значимой разницы в свободе от повторных операций и АоН ≥ 2 ст. между исследуемыми группами ($p = 0,42$ и $p = 0,08$).

Похожие выводы сделали M.O. Kayatta и соавт. [22], которые оценили отдаленные результаты лечения 294 пациентов с трех- и двустворчатым АоК, перенесших реимплантацию корня аорты. Уровень госпитальной летальности в группе с двустворчатым АоК — 1,6 %, трехстворчатым — 4,8 % ($p = 0,62$). Отдаленная выживаемость через 5 лет — 95 и 98 % соответственно ($p = 0,24$). Не было статистически значимой разницы в частоте повторных операций ($p = 0,81$) и АоН ≥ 2 ст. ($p = 0,75$).

D. Karciauskas и соавт. [23] провели анализ применения методики реимплантации корня аорты в одном центре у больных с двустворчатым и трехстворчатым АоК. Смертность на госпитальном этапе составила 3,4 % в группе двустворчатого и 3,1 % — трехстворчатого АоК. Десятилетняя выживаемость — $96,8 \pm 2,2$ % и $90,3 \pm 4,2$ % соответственно ($p = 0,3$). Близкой к статистически значимой была разница в свободе от АоН ≥ 2 ст. через 5 и 10 лет: в группе двустворчатого АоК — $80,4 \pm 7,8$ % и $75,7 \pm 8,7$ %, трехстворчатого — $95 \pm 2,1$ % и $90,5 \pm 4,1$ % соответственно ($p = 0,06$). Также авторы отмечают значимую разницу в 10-летней свободе от повторных операций: 100 % в группе трехстворчатого и $83,9 \pm 7,4$ % — двустворчатого клапана ($p = 0,002$).

В 2020 г. E. Beckmann и соавт. [24] представили 20-летний опыт выполнения операции David I у пациентов с двустворчатым АоК, сравнив его с результатами в группе с трехстворчатым. Летальности на госпитальном этапе в группе двустворчатого АоК не было. Выживаемость в группе двустворчатого АоК через 5, 10 и 20 лет составила 94, 88 и 84 % соответственно, в группе трехстворчатого значения были значительно ниже. При сравнении исследуемых групп авторы получили статистически значимую разницу ($p = 0,015$). Показатели свободы от повторных вмешательств через 5, 10 и 20 лет в группе двустворчатого клапана — 88, 79 и 74 % соответственно — значимо не отличались от результатов в группе трехстворчатого ($p = 0,2$).

Также в 2020 г. было опубликовано исследование из США, в котором S.A. Mokashi и соавт. [25] провели оценку отдаленных результатов реимплантации у пациентов с двустворчатым АоК в сравнении с трехстворчатым. Летальность на госпитальном этапе в группе двустворчатого АоК составила 1,1 %, пятилетняя выживаемость — 100 %, свобода от повторных операций — 94 %. Не выявлено статистически значимой разницы между группами по данным показателям.

В 2021 г. D.S. Deas Jr и соавт. [26] проанализировали результаты лечения 111 пациентов, которым выполняли реимплантацию корня аорты. Из них 46 (41,4 %) имели двустворчатый и 65 (58,6 %) — трехстворчатый АоК. Авторы сообщили об отдаленной выживаемости через 5 и 10 лет в группе с двустворчатым АоК 97 и 97 %, в группе с трехстворчатым — 87 и 71 % соответственно ($p = 0,19$). Не отметили значимой разницы между исследуемыми группами в частоте повторных вмешательств и АоН ≥ 2 ст. ($p = 0,87$ и $p = 0,60$).

J. Sromicki и соавт. [27] оценивали отдаленные результаты реимплантации корня аорты в одном центре за 25 лет. Отдаленная выживаемость через 5, 10 и 15 лет составила $93,5 \pm 2,4$ %, $87,0 \pm 3,5$ % и $66,6 \pm 6,5$ % соответственно. Не выявлено статистически значимой разницы в свободе от повторных операций и АоН ≥ 3 ст. между пациентами с двустворчатым и трехстворчатым АоК ($p = 0,55$ и $p = 0,29$ соответственно).

Обсуждение

Более трех десятилетий назад Т.Е. David впервые описал технику реимплантации как метод клапаносохраняющей операции при аневризме корня аорты. Это стало прогрессом в лечении пациентов с данной патологией, а отличные отдаленные результаты и безопасность выполнения сделали методику общепризнанной [5; 28–31].

Впоследствии показания к проведению данного вмешательства стали охватывать все более сложные группы пациентов, включая лиц с двустворчатым АоК [32]. Однако, по сравнению с превосходными результатами у больных с трехстворчатым АоК, применение методики при бicuspidальном клапане остается спорным [33].

В обзор отобраны исследования, в которых авторы сравнивают результаты реимплантации корня аорты (операция David) при трех- и двустворчатом АоК. В большинстве работ отмечено, что пациенты с двустворчатым клапаном были значительно моложе, чем с трехстворчатым [19; 20; 22–26]. Несомненно, это отражает врожденный характер двустворчатого АоК [34]. Клапаносохраняющая методика предпочтительна для этой группы больных, так как биопротезы демонстрируют более быструю дегенерацию у молодых пациентов, в то время как механические протезы имеют более высокий совокупный риск тромбоэмболических и геморрагических осложнений [35] на фоне постоянной антикоагулянтной терапии.

Также отмечено, что развитие аневризмы аорты тесно связано с морфологией двустворчатого АоК [36]. У таких пациентов продемонстрировано уменьшение толщины стенки аорты и развитие анулоэктазии АоК, следовательно, реимплантация корня аорты для них — наиболее подходящий метод лечения [37], позволяющий стабилизировать венстрикулоаортальное соединение.

Смертность от всех причин в течение первого года наблюдения была значимо выше в группе с трехстворчатым АоК. Однако в работах нет дополнительной информации по данному аспекту. На наш взгляд, такой результат обусловлен несколькими факторами. Во-первых, количество пациентов в группе с трехстворчатым АоК было значительно больше, чем с двустворчатым (2 583 против 608), и некоторые из наблюдаемых умерли от причин, не связанных с сердечно-сосудистыми заболеваниями. Во-вторых, пациенты с двустворчатым клапаном во многих исследованиях были значительно моложе. В-третьих, в группе трехстворчатого клапана чаще встречалось расслоение аорты.

Ранее отмечалось, что среднеотдаленная выживаемость (5 лет) после реимплантации корня аорты была сопоставимой при трех- и двустворчатом АоК [38]. По данным настоящего обзора, отдаленная выживаемость через 5, 10, 15 и 20 лет сопоставима в группах двустворчатого и трехстворчатого клапана [15–23; 25]. Е. Beckmann и соавт. указывают на значимо лучшие результаты в группе с двустворчатым АоК, что связано с более молодым возрастом больных и отсутствием сопутствующей патологии [24]. Также в большинстве работ не отмечено значимой разницы в свободе от повторных операций и АоН ≥ 2 ст. [15–27]; только в исследованиях М.Л. Shrestha и соавт. и D. Karciauskas и соавт. установлено, что частота реопераций в отдаленном периоде наблюдения была выше в группе двустворчатого АоК ($p = 0,026$ и $p = 0,002$), что объясняется более высокой частотой пластики морфологически измененных створок бicuspidального клапана [20; 23].

Из основных факторов, которые могут повлиять на отдаленный результат, авторы отмечают большой диаметр кольца АоК, использование перикардальных заплат, кальциноз створок клапана и маленькую эффективную высоту коаптации [20; 21; 39; 40]. В то же время реимплантация приводит к стабилизации клапанного кольца и предотвращает дальнейшее расширение корня у этих пациентов, а применение подходов, предложенных Н.-J. Schäfers, помогает достичь нужной эффективной высоты коаптации створок клапана, что снижает риск рецидива

АоН и повторного вмешательства в отдаленном периоде [41–43].

Одним из существенных различий между сравниваемыми группами была необходимость в пластике створок у пациентов с двустворчатым АоК. В то же время L. de Kerchove и соавт. и J.E. Bavaria и соавт. подчеркивают, что патология створок не должна рассматриваться как противопоказание к операции, и данная группа больных не подвержена большому риску рецидива АоН в отдаленном периоде [44; 18]. Это подтверждает и работа D. Aicher и соавт., в которой сравнивались три различных метода восстановления створок (центральная пластика, треугольная резекция, пластика перикардальной заплатой). В результате было продемонстрировано, что различные патологии АоК могут быть успешно устранены независимо от используемой методики [45]. Поэтому различные способы пластики створок могут быть применены для лечения первичной патологии клапана с превосходными результатами в отдаленном периоде наблюдения [46–49].

Еще одним значимым фактором, влияющим на отдаленный результат, является степень остаточной АоН. Если после операции присутствует умеренная АоН, рекомендуется провести повторное вмешательство и добиться лучшей коррекции АоК, либо в крайнем случае выполнить процедуру Bentall [24].

Отдельно необходимо остановиться на гемодинамике АоК после реконструкции. J.E. Bavaria и соавт. отмечают, что средний градиент у пациентов с двустворчатым клапаном после операции был несколько выше, чем у больных с трехстворчатым [18]. Однако P. Vallabhajosyula и соавт. сообщают, что у одного пациента с двустворчатым АоК максимальный градиент в послеоперационном периоде составлял > 20 мм рт. ст., и не приводят последствий прогрессирующего стеноза АоК в отдаленном периоде [50]. Таким образом, хотя лица с двустворчатым АоК имеют более высокий трансклапанный градиент, маловероятно, что это имеет клиническое значение и связано с развитием тяжелого стеноза клапана в отдаленном периоде наблюдения [18].

Дискуссионным остается вопрос о влиянии на отдаленный результат синусов неокорня аорты. На текущий момент самый длительный период наблюдения имеют итоги применения прямых сосудистых протезов, опубликованные T.E. David и соавт. [7]. Выживаемость в данной группе через 15 и 20 лет составила $78 \pm 3\%$ и $72,4 \pm 3,8\%$, а отсутствие умеренной или тяжелой АоН или повторной операции через 20 лет — $96 \pm 1\%$ и $96,9 \pm 1,3\%$ соответственно [7].

Однако существуют и коммерчески доступные протезы с заранее сформированными синусами. Это почти физиологичный кондуит, имитирующий нормальный корень аорты. T.H. Oechtering и соавт. [51] оценили работу данных сосудистых протезов при помощи 4D-flow магнитно-резонансной томографии и продемонстрировали хорошие показатели потоков крови и трансклапанных градиентов давления у пациентов, перенесших реимплантацию корня аорты. Также C.E. Martín и соавт. сообщили, что применение методики David V (Stanford modification), которая заключается в реимплантации корня аорты с использованием двух прямых сосудистых протезов разных диаметров, позволяет добиться более физиологичной работы створок как при двустворчатом, так и трехстворчатом клапане [19; 52].

Как итог, реимплантация корня аорты может быть выполнена с отличными отдаленными результатами независимо от вида используемого сосудистого протеза. Этот метод демонстрирует низкий риск госпитальной и отдаленной летальности, а также повторных операций у пациентов как с двустворчатым, так и трехстворчатым аортальным клапаном. Однако требуется дальнейшее наблюдение за данными группами больных и оценка результатов последующих исследований [19].

Ограничения

Результаты следует интерпретировать с учетом следующих ограничений: обзор основан на небольшом количестве исследований, подходящих критериям включения; все работы имеют ретроспективный характер наблюдений; использованы различные конечные точки; авторы не представляют подробных данных о фенотипах бикуспидально-аортального клапана.

Заключение

Реимплантация корня аорты обеспечивает высокий уровень выживаемости в отдаленном периоде наблюдения с низким риском реоперации и рецидива АоН как при трех-, так и двустворчатом АоК. Исходя из этого, методика оптимальна для хирургического лечения данных групп пациентов. Низкая частота тромбоэмболических или геморрагических осложнений, а также инфекционного эндокардита повышает отдаленную выживаемость. Однако требуется дальнейшее накопление материала и изучение результатов в более отдаленные сроки.

Список литературы / References

1. Wheat M.W. Jr, Wilson J.R., Bartley T.D. Successful replacement of the entire ascending aorta and aortic valve. *JAMA*. 1964;188:717-719. PMID: 14122677. <https://doi.org/10.1001/jama.1964.03060340015004>
2. Bentall H., De Bono A. A technique for complete replacement of the ascending aorta. *Thorax*. 1968;23(4):338-339. PMID: 5664694; PMID: PMC471799. <https://doi.org/10.1136/thx.23.4.338>
3. Oxenham H., Bloomfield P., Wheatley D.J., Lee R.J., Cunningham J., Prescott R.J., Miller H.C. Twenty year comparison of a Bjork-Shiley mechanical heart valve with porcine bioprostheses. *Heart*. 2003;89(7):715-721. PMID: 12807838; PMID: PMC1767737. <https://doi.org/10.1136/heart.89.7.715>
4. Chan V., Malas T., Lapiere H., Boodhwani M., Lam B.-K., Rubens F.D., Hendry P.J., Masters R.G., Goldstein W., Mesana T.G., Ruel M. Reoperation of left heart valve bioprostheses according to age at implantation. *Circulation*. 2011;124(11 Suppl):S75-S80. PMID: 21911822. <https://doi.org/10.1161/CIRCULATIONAHA.110.011973>
5. David T.E., Feindel C.M. An aortic valve-sparing operation for patients with aortic incompetence and aneurysm of the ascending aorta. *J Thorac Cardiovasc Surg*. 1992;103(4):617-621; discussion 622. PMID: 1532219. [https://doi.org/10.1016/S0022-5223\(19\)34942-6](https://doi.org/10.1016/S0022-5223(19)34942-6)
6. Sarsam M.A., Yacoub M. Remodeling of the aortic valve annulus. *J Thorac Cardiovasc Surg*. 1993;105(3):435-438. PMID: 8445922. [https://doi.org/10.1016/S0022-5223\(19\)34225-4](https://doi.org/10.1016/S0022-5223(19)34225-4)
7. David T.E., David C.M., Feindel C.M., Manlhiot C. Reimplantation of the aortic valve at 20 years. *J Thorac Cardiovasc Surg*. 2017;153(2):232-238. PMID: 27923487. <https://doi.org/10.1016/j.jtcvs.2016.10.081>
8. Schäfers H.-J., Raddatz A., Schmied W., Takahashi H., Miura Y., Kunihara T., Aicher D. Reexamining remodeling. *J Thorac Cardiovasc Surg*. 2015;149(2 Suppl):S30-S36. PMID: 25439784. <https://doi.org/10.1016/j.jtcvs.2014.09.048>
9. Arabkhanli B., Klautz R.J.M., de Heer F., De Kerchove L., El Khoury G., Lansac E., Schäfers H.-J., El-Hamamsy I., Lenoir M., Aramendi J.I., Meuris B., Verbrugghe P., Kluin J., Koolbergen D.R., Bouchot O., Rudez I., Kolesar A., van Brakel T.J. A multicentre, propensity score matched analysis comparing a valve-sparing approach to valve replacement in aortic root aneurysm: Insight from the AVIATOR database. *Eur J Cardiothorac Surg*. 2023;63(2):ezac514. PMID: 36308450; PMID: PMC9942544. <https://doi.org/10.1093/ejcts/ezac514>
10. Isselbacher E.M., Prentza O., Hamilton Black J. 3rd, Augoustides J.G., Beck A.W., Bolen M.A., Braverman A.C., Bray B.E., Brown-Zimmerman M.M., Chen E.P., Collins T.J., DeAnda A. Jr, Fanola C.L., Girardi L.N., Hicks C.W., Hui D.S., Schuyler Jones W., Kalahasti V., Kim K.M., Milewicz D.M., Oderich G.S., Ogbechie L., Promes S.B., Gyang Ross E., Schermerhorn M.L., Singleton Times S., Tseng E.E., Wang G.J., Woo Y.J.; Peer Review Committee Members. 2022 ACC/AHA Guideline for the diagnosis and management of aortic disease: A Report of the American Heart Association/American College of Cardiology Joint Committee on Clinical Practice Guidelines. *Circulation*. 2022;146(24):e334-e482. PMID: 36322642; PMID: PMC9876736. <https://doi.org/10.1161/CIR.0000000000001106>
11. Vahanian A., Beyersdorf F., Praz F., Milojevic M., Baldus S., Bauersachs J., Capodanno D., Conradi L., De Bonis M., De Paulis R., Delgado V., Freemantle N., Gilard M., Haugaa K.H., Jeppsson A., Jüni P., Pierard L., Prendergast B.D., Sádaba J.R., Tribouilloy C., Wojakowski W.; ESC/EACTS Scientific Document Group. 2021 ESC/EACTS Guidelines for the management of valvular heart disease. *Eur Heart J*. 2022;43(7):561-632. Erratum in: *Eur Heart J*. 2022;43(21):2022. PMID: 34453165. <https://doi.org/10.1093/eurheartj/ehab395>
12. Stefani L., Galanti G., Toncelli L., Manetti P., Vono M.C., Rizzo M., Maffulli N. Bicuspid aortic valve in competitive athletes. *Br J Sports Med*. 2008;42(1):31-35; discussion 35. PMID: 17548371. <https://doi.org/10.1136/bjism.2006.033530>
13. Tzemos N., Therrien J., Yip J., Thanassoulis G., Tremblay S., Jamorski M.T., Webb G.D., Siu S.C. Outcomes in adults with bicuspid aortic valves. *JAMA*. 2008;300(11):1317-1325. PMID: 18799444. <https://doi.org/10.1001/jama.300.11.1317>
14. Page M.J., McKenzie J.E., Bossuyt P.M., Boutron I., Hoffmann T.C., Mulrow C.D., Shamseer L., Tetzlaff J.M., Akl E.A., Brennan S.E., Chou R., Glanville J., Grimshaw J.M., Hróbjartsson A., Lalu M.M., Li T., Loder E.W., Mayo-Wilson E., McDonald S., McGuinness L.A., Stewart L.A., Thomas J., Tricco A.C., Welch V.A., Whiting P., Moher D. The PRISMA 2020 statement: an updated guideline for reporting systematic reviews. *BMJ*. 2021;372:n71. PMID: 33782057; PMID: PMC8005924. <https://doi.org/10.1136/bmj.n71>
15. Malvindi P.G., Raffa G.M., Basciu A., Citterio E., Cappai A., Ornaghi D., Tarelli G., Settepani F. Bicuspidy does not affect reoperation risk following aortic valve reimplantation. *Interact Cardiovasc Thorac Surg*. 2012;14(6):717-720. PMID: 22389000; PMID: PMC3352725. <https://doi.org/10.1093/icvts/ivs059>
16. Kvitting J.-P.E., Kari F.A., Fischbein M.P., Liang D.H., Beraud A.-S., Stephens E.H., Mitchell R.S., Miller D.C. David valve-sparing aortic root replacement: equivalent mid-term outcome for different valve types with or without connective tissue disorder. *J Thorac Cardiovasc Surg*. 2013;145(1):117-126, 127. e1-127.e5; discussion 126-127. PMID: 23083792; PMID: PMC6382393. <https://doi.org/10.1016/j.jtcvs.2012.09.013>
17. Liebrich M., Kruszynski M.K., Roser D., Meisner C., Doll K.-N., Hemmer W.B., Weimar T. The David procedure in different valve pathologies: a single-center experience in 236 patients. *Ann Thorac Surg*. 2013;95(1):71-76. PMID: 23063194. <https://doi.org/10.1016/j.athoracsur.2012.08.010>
18. Bavaria J.E., Desai N., Szeto W.Y., Komlo C., Rhode T., Wallen T., Vallabhajosyula P. Valve-sparing root reimplantation and leaflet repair in a bicuspid aortic valve: comparison with the 3-cusp David procedure. *J Thorac Cardiovasc Surg*. 2015;149(2 Suppl):S22-S28. PMID: 25500099. <https://doi.org/10.1016/j.jtcvs.2014.10.103>
19. Martín C.E., García Montero C., Serrano S.-F., González A., Mingo S., Moñivas V., Centeno J., Forteza A. The influence of Marfans and bicuspid valves on outcomes following aortic valve reimplantation. *J Card Surg*. 2017;32(10):604-612. PMID: 28929526. <https://doi.org/10.1111/jocs.13206>
20. Shrestha M.L., Beckmann E., Abd Alhadi F., Krueger H., Meyer-Bockenamp F., Bertele S., Koigeldiyev N., Kaufeld T., Fleissner F., Korte W., Schmitto J., Cebotari S., Harringer W., Haverich A., Martens A. Elective David I procedure has excellent long-term results: 20-year single-center experience. *Ann Thorac Surg*. 2018;105(3):731-738. PMID: 29198631. <https://doi.org/10.1016/j.athoracsur.2017.08.040>

21. Ouzounian M., Feindel C.M., Manlhiot 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>
22. Kayatta M.O., Leshnower B.G., McPherson L., 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>
23. Karcauskas 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>
24. Beckmann E., Martens A., Krüger H., Korte W., Kaufeld T., Stettinger A., Haverich A., Shrestha M.L. Aortic valve-sparing root replacement in patients with bicuspid aortic valve: long-term outcome with the David I procedure over 20 years. *Eur J Cardiothorac Surg.* 2020;58(1):86-93. PMID: 32243510. <https://doi.org/10.1093/ejcts/ezaa083>
25. Mokashi S.A., Rosinski B.F., Desai M.Y., Griffin B.P., Hammer D.F., Kalahasti V., Johnston D.R., Rajeswaran J., Roselli E.E., Blackstone E.H., Svensson L.G. Aortic root replacement with bicuspid valve reimplantation: Are outcomes and valve durability comparable to those of tricuspid valve reimplantation? *J Thorac Cardiovasc Surg.* 2022;163(1):51-63.e5. PMID: 32684389. <https://doi.org/10.1016/j.jtcvs.2020.02.147>
26. Deas D.S. Jr, Lou X., Leshnower B.G., Almuwaqqat Z., Binongo J.N., McPherson L., Chen E.P. Fifteen years of aortic valve-sparing root replacement and impact of eccentric jets on late outcomes. *Ann Thorac Surg.* 2021;112(6):1901-1907. PMID: 33421396; PMCID: PMC8257771. <https://doi.org/10.1016/j.athoracsur.2020.12.024>
27. Sromicki J., Van Hemelrijck M., Schmiady M.O., Greutmann M., Bonassin Tempesta F., Mestres C.-A., Vogt P.R., Carrel T.P., Holubec T. Twenty-five year experience with aortic valve-sparing root replacement in a single teaching center. *Front Cardiovasc Med.* 2023;10:1104149. PMID: 36970369; PMCID: PMC10036903. <https://doi.org/10.3389/fcvm.2023.1104149>
28. David T.E. Current readings: Aortic valve-sparing operations. *Semin Thorac Cardiovasc Surg.* 2014;26(3):231-238. PMID: 25527017. <https://doi.org/10.1053/j.semtcvs.2014.10.002>
29. Sef D., Bahrami T., Raja S.G., Klokocovnik T. Current trends in minimally invasive valve-sparing aortic root replacement — best available evidence. *J Card Surg.* 2022;37(6):1684-1690. PMID: 35348237. <https://doi.org/10.1111/jocs.16453>
30. David T.E., Ivanov J., Armstrong S., Feindel C.M., Webb G.D. Aortic valve-sparing operations in patients with aneurysms of the aortic root or ascending aorta. *Ann Thorac Surg.* 2002;74(5):S1758-S1761; discussion S1792-S1799. PMID: 12440659. [https://doi.org/10.1016/s0003-4975\(02\)04135-8](https://doi.org/10.1016/s0003-4975(02)04135-8)
31. David T.E., David C.M., Manlhiot C., Colman J., Crean A.M., Bradley T. Outcomes of aortic valve-sparing operations in Marfan syndrome. *J Am Coll Cardiol.* 2015;66(13):1445-1453. PMID: 26403341. <https://doi.org/10.1016/j.jacc.2015.07.041>
32. David T.E. Aortic valve sparing in different aortic valve and aortic root conditions. *J Am Coll Cardiol.* 2016;68(6):654-664. PMID: 27491910. <https://doi.org/10.1016/j.jacc.2016.04.062>
33. David T.E., Feindel C.M., Webb G.D., Colman J.M., Armstrong S., Maganti M. Aortic valve preservation in patients with aortic root aneurysm: results of the reimplantation technique. *Ann Thorac Surg.* 2007;83(2):S732-S735; discussion S785-S790. PMID: 17257917. <https://doi.org/10.1016/j.athoracsur.2006.10.080>
34. 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>
35. Pettersson G.B., Subramanian S., Flynn M., Nowicki E.R., Batizy L.H., Svensson L.G., Blackstone E.H. Reoperations after the Ross procedure in adults: towards autograft-sparing/Ross reversal. *J Heart Valve Dis.* 2011;20(4):425-432. PMID: 21863656.
36. Svensson L.G., Rodriguez E.R. Aortic organ disease epidemic, and why do balloons pop? *Circulation.* 2005;112(8):1082-1084. PMID: 16116065. <https://doi.org/10.1161/CIRCULATIONAHA.105.564682>
37. de Kerchove L., Boodhwani M., Glineur D., Vandyck M., Vanovershelde J.-L., Noirhomme P., El Khoury G. Valve sparing-root replacement with the reimplantation technique to increase the durability of bicuspid aortic valve repair. *J Thorac Cardiovasc Surg.* 2011;142(6):1430-1438. PMID: 21955470. <https://doi.org/10.1016/j.jtcvs.2011.08.021>
38. Kari F.A., Doll K.-N., Hemmer W., Liebrich M., Sievers H.-H., Richardt D., Reichenspurner H., Dettler C., Siepe M., Czerny M., Beyersdorf F. Survival and freedom from aortic valve-related reoperation after valve-sparing aortic root replacement in 1015 patients. *Interact Cardiovasc Thorac Surg.* 2016;22(4):431-438. PMID: 26718320. <https://doi.org/10.1093/icvts/ivv354>
39. Shrestha M., Baraki H., Maeding I., Fitzner S., Sarikouch S., Khaladj N., Hagl C., Haverich A. Long-term results after aortic valve-sparing operation (David I). *Eur J Cardiothorac Surg.* 2012;41(1):56-61; discussion 61-62. PMID: 21632258; PMCID: PMC3241084. <https://doi.org/10.1016/j.ejcts.2011.04.012>
40. 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>
41. Sultan I., Komlo C.M., Bavaria J.E. How I teach a valve-sparing root replacement. *Ann Thorac Surg.* 2016;101(2):422-425. PMID: 26777920. <https://doi.org/10.1016/j.athoracsur.2015.12.035>
42. El Khoury G., Vanovershelde J.-L., Glineur D., Pierard F., Verhelst R.R., Rubay J., Funken J.-C., Watremez C., Astarci P., Lacroix V., Poncelet A., Noirhomme P. Repair of bicuspid aortic valves in patients with aortic regurgitation. *Circulation.* 2006;114(1 Suppl):I610-I616. PMID: 16820646. <https://doi.org/10.1161/CIRCULATIONAHA.105.001594>
43. Schäfers H.-J., Bierbach B., Aicher D. A new approach to the assessment of aortic cusp geometry. *J Thorac Cardiovasc Surg.* 2006;132(2):436-438. PMID: 16872982. <https://doi.org/10.1016/j.jtcvs.2006.04.032>
44. de Kerchove L., Boodhwani M., Glineur D., Poncelet A., Rubay J., Watremez C., Vanovershelde J.-L., Noirhomme P., El Khoury G. Cusp prolapse repair in trileaflet aortic valves: free margin plication and free margin resuspension techniques. *Ann Thorac Surg.* 2009;88(2):455-461; discussion 461. PMID: 19632393. <https://doi.org/10.1016/j.athoracsur.2009.04.064>

45. Aicher D., Langer F., Adam O., Tscholl D., Lausberg H., Schäfers H.-J. Cusp repair in aortic valve reconstruction: does the technique affect stability? *J Thorac Cardiovasc Surg.* 2007;134(6):1533-1538; discussion 1538-1539. PMID: 18023678. <https://doi.org/10.1016/j.jtcvs.2007.08.023>
46. Boodhwani M., de Kerchove L., Glineur D., Poncelet A., Rubay J., Astarci P., Verhelst R., Noirhomme P., El Khoury G. Repair-oriented classification of aortic insufficiency: impact on surgical techniques and clinical outcomes. *J Thorac Cardiovasc Surg.* 2009;137(2):286-294. PMID: 19185138. <https://doi.org/10.1016/j.jtcvs.2008.08.054>
47. Boodhwani M., de Kerchove L., Glineur D., Rubay J., Vanoverschelde J.-L., Noirhomme P., El Khoury G. Repair of regurgitant bicuspid aortic valves: a systematic approach. *J Thorac Cardiovasc Surg.* 2010;140(2):276-284.e1. PMID: 20488466. <https://doi.org/10.1016/j.jtcvs.2009.11.058>
48. Boodhwani M., de Kerchove L., Glineur D., Rubay J., Vanoverschelde J.-L., Van Dyck M., Noirhomme P., El Khoury G. Aortic valve repair with ascending aortic aneurysms: associated lesions and adjunctive techniques. *Eur J Cardiothorac Surg.* 2011;40(2):424-428. PMID: 21236695. <https://doi.org/10.1016/j.ejcts.2010.11.053>
49. Boodhwani M., El Khoury G. Principles of aortic valve repair. *J Thorac Cardiovasc Surg.* 2010;140(6 Suppl):S20-S22; discussion S45-S51. PMID: 21092791. <https://doi.org/10.1016/j.jtcvs.2010.07.028>
50. Vallabhajosyula P., Komlo C., Szeto W.Y., Wallen T.J., Desai N., Bavaria J.E. Root stabilization of the repaired bicuspid aortic valve: subcommissural annuloplasty versus root reimplantation. *Ann Thorac Surg.* 2014;97(4):1227-1234. PMID: 24418204. <https://doi.org/10.1016/j.athoracsur.2013.10.071>
51. Oechtering T.H., Hons C.F., Sieren M., Hunold P., Hennemuth A., Huellebrand M., Drexel J., Scharfschwerdt M., Richardt D., Sievers H.-H., Barkhausen J., Frydrychowicz A. Time-resolved 3-dimensional magnetic resonance phase contrast imaging (4D Flow MRI) analysis of hemodynamics in valve-sparing aortic root repair with an anatomically shaped sinus prosthesis. *J Thorac Cardiovasc Surg.* 2016;152(2):418-427.e1. PMID: 27423836. <https://doi.org/10.1016/j.jtcvs.2016.04.029>
52. Demers P., Miller D.C. Simple modification of "T. David-V" valve-sparing aortic root replacement to create graft pseudosinuses. *Ann Thorac Surg.* 2004;78(4):1479-1481. PMID: 15464530. <https://doi.org/10.1016/j.athoracsur.2003.08.032>