

## Процедура Биобенталл и аутологичные материалы в хирургии корня аорты

### Для корреспонденции:

Александр Одиссеевич Даначев,  
danachev@gmail.com

Поступила в редакцию 26 февраля 2022 г.

Исправлена 20 апреля 2022 г.

Принята к печати 21 апреля 2022 г.

**Цитировать:** Комаров Р.Н., Исмаилбаев А.М., Чернявский С.В., Дзюндзя А.Н., Даначев А.О., Огнев О.О., Ленковец М.В. Процедура Биобенталл и аутологичные материалы в хирургии корня аорты. *Патология кровообращения и кардиохирургия*. 2022;26(3):9-20. <https://dx.doi.org/10.21688/1681-3472-2022-3-9-20>

### Финансирование

Исследование не имело спонсорской поддержки.

### Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

### Вклад авторов

Концепция и дизайн работы: Р.Н. Комаров, А.М. Исмаилбаев

Написание статьи: А.Н. Дзюндзя, А.О. Даначев, О.О. Огнев, М.В. Ленковец

Исправление статьи: С.В. Чернявский

Утверждение окончательного варианта статьи: все авторы

### ORCID ID

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

А.М. Исмаилбаев, <https://orcid.org/0000-0001-8545-3276>

С.В. Чернявский, <https://orcid.org/0000-0002-1564-9182>

А.Н. Дзюндзя, <https://orcid.org/0000-0003-1133-8106>

А.О. Даначев, <https://orcid.org/0000-0001-9296-3119>

О.О. Огнев, <https://orcid.org/0000-0002-9305-2250>

М.В. Ленковец, <https://orcid.org/0000-0002-9671-9524>

© Комаров Р.Н., Исмаилбаев А.М., Чернявский С.В., Дзюндзя А.Н., Даначев А.О., Огнев О.О., Ленковец М.В., 2022



**Р.Н. Комаров, А.М. Исмаилбаев, С.В. Чернявский, А.Н. Дзюндзя, А.О. Даначев, О.О. Огнев, М.В. Ленковец**

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

### Аннотация

Модификация операции Бенталла – Де Боно с использованием биологических протезов имеет множество разновидностей, однако оптимальный подход по-прежнему не определен. К альтернативным вариантам хирургии корня аорты относят операцию Росса и модификацию процедуры Бенталла – Де Боно с применением створок из аутологичного перикарда. В обзоре литературы рассмотрены хирургическая техника и результаты различных модификаций операции Биобенталл, а также методик протезирования корня аорты с использованием аутологичных материалов. Стратегия поиска включила анализ международных (PubMed, Scopus, Embase) и отечественных баз (Российский индекс научного цитирования). Процедура Биобенталл демонстрирует удовлетворительные ранние и отдаленные результаты, сопоставимые как с классической операцией Бенталла – Де Боно, так и с клапаносохраняющими методиками. Композитные графты, содержащие бескаркасные биопротезы, представляются более перспективными и долговечными в сравнении с каркасными, однако с учетом минимального количества работ, напрямую сопоставляющих эти методики, необходимо дальнейшее изучение данной гипотезы. Тотальные ксеноперикардальные кондуиты продемонстрировали высокий потенциал к деградации и не рекомендуются к использованию. Модификация операции Росса с помещением легочного аутографта в сосудистый протез показывает превосходные гемодинамические исходы в отдаленном периоде наблюдения, но данные литературы о ее применимости в когорте больных с проксимальными аневризмами аорты ограничены. Комбинация процедуры Бенталла – Де Боно и аутоперикардиальной неокуспидизации представляется перспективной и экономически выгодной, но требует оценки клинических результатов, которые в настоящий момент не опубликованы.

**Ключевые слова:** аневризма аорты; биопротезирование; операция Росса; перикард

## Введение

Процедура Бенталла – Де Боно с имплантацией композитного графта, содержащего механический протез аортального клапана (АК), является «золотым стандартом» лечения патологий корня аорты (КА) и используется во всем мире [1]. Эволюция хирургии КА привела к развитию операции Бенталла – Де Боно с использованием синтетического кондуита, содержащего каркасный или бескаркасный биопротез, первоначально предложенной для группы пожилых пациентов с дегенеративными изменениями АК, тяжелой регургитацией и сопутствующей аортопатией КА и восходящей аорты (ВА) [2]. В мировой литературе такая процедура известна под названием БиоБенталл. Кроме того, стремление нивелировать риски, связанные с механическим протезированием, и улучшить качество жизни пациентов сподвигло хирургов к разработке альтернативных методик протезирования КА с использованием аутологичных материалов, в частности, модификации операции Росса с помещением легочного аутографта в синтетический сосудистый протез (Reinforced Ross procedure, или «Защищенный Росс») и комбинации процедур Бенталла – Де Боно и аутоперикардиальной неокуспидизации [3; 4]. В обзоре рассмотрены хирургическая техника и результаты различных модификаций операции БиоБенталл, а также методик протезирования КА с использованием аутологичных материалов. Стратегия поиска включила анализ международных (PubMed, Scopus, Embase) и отечественных баз (Российский индекс научного цитирования). Использовали ключевые слова: хирургия корня аорты; aortic root surgery; биологическая модификация процедуры Бенталла – Де Боно; BioBentall; Ross procedure for aortic root surgery; aortic root replacement using autologous pericardium. По запросам поиска проанализировали 645 статей, приоритет отдавали крупным исследованиям и метаанализам, а количество отчетов о клинических случаях минимизировали. Таким образом отобрали 65 наиболее значимых статей.

## Процедура БиоБенталл в современной хирургии корня аорты

В мировой литературе опубликовано множество вариантов выполнения процедуры БиоБенталл; рассмотрим самые значимые. О возможности использования биопротезов в операции Бенталла – Де Боно сообщали и в более ранних публикациях,

но не выделяли методику БиоБенталл как отдельную процедуру [5–7].

История процедуры БиоБенталл в отечественной хирургии начинается с 1966 г., когда в Институте сердечно-сосудистой хирургии АМН СССР (ныне НМИЦ ССХ им. А.Н. Бакулева) и Научно-исследовательском институте клинической и экспериментальной хирургии Минздрава РСФСР (ныне РНЦХ им. Б.В. Петровского) начали разработку и производство биологических протезов «Бионикс» и «БАКС». В 1968 г. Г.И. Цукерман первым в стране выполнил операции с использованием биологических протезов клапанов сердца [8]. Пионерами тотального протезирования КА с применением ксеноперикардиального кондуита являются хирурги ИССХ им. А.Н. Бакулева, в частности А.И. Малашенков и соавт. [9; 10]. Они сообщили о 15-летнем опыте использования методики в когорте 376 пациентов и продемонстрировали приемлемые ранние (летальность 8,1 %) и отдаленные результаты (срок наблюдения  $5,6 \pm 1,4$  года): свободу от реопераций 88 %, выживаемость 74 %. Большой вклад в развитие биопротезирования КА внес академик Ю.В. Белов [11].

М.Е.W. Kirsch и соавт. выделили основные модификации процедуры БиоБенталл: (1) клапано-содержащие кондуиты с использованием каркасных биопротезов; (2) клапаносодержащие кондуиты с использованием бескаркасных биопротезов; (3) тотальные ксеноперикардиальные кондуиты [12]. В первом случае каркасный биопротез имплантируют в линейный сосудистый протез [13; 14], диаметр которого на 5 мм превышает диаметр биопротеза, что облегчает имплантацию и снижает риск физического контакта между створками биопротеза и стенкой сосудистого протеза. Промытый биопротез на держателе помещают внутрь сосудистого протеза и фиксируют непрерывным полипропиленовым швом. Готовый клапаносодержащий кондуит имплантируют в КА с помощью П-образных швов, захватывающих манжету биопротеза и сосудистый трансплантат. Такая технология первоначально была связана с пролонгированным временем пережатия аорты и искусственного кровообращения ввиду отсутствия готовых кондуитов, однако еще в ранних исследованиях отмечено, что эта пролонгация не влияет на послеоперационные результаты и летальность [13; 14]. Вместе с тем G. Gatti и соавт. сообщили об удовлетворительных результатах имплантации готового кондуита, содержащего каркасный биопротез, который фиксирован не в конце сосудистого протеза, а в середине [15].

Использование клапаносодержащих кондуитов с каркасными биопротезами связано с несколькими опасениями. Первое — сомнительный срок службы биопротезов, имплантированных в линейный сосудистый протез [16]. Ранней деградации способствуют физический контакт между створками и стенкой протеза, пониженная податливость ВА и отсутствие синусов Вальсальвы [17]. Некоторые авторы постулируют использование кондуитов нового поколения типа Gelseal (Vascutek Ltd, Terumo, Инчиннан, Великобритания), Gelweave Valsalva (Vascutek Ltd, Terumo, Инчиннан, Великобритания) и других, содержащих псевдосинусы Вальсальвы и имитацию нативного синотубулярного соединения [18–20]. Подобная физиологичная конструкция может способствовать нормальному движению створок биопротеза, уменьшению гемодинамического напряжения и, таким образом, имеет потенциал для повышения долговечности биопротеза [21]. Вместе с тем С.Д. Etz и соавт. сообщили о прекрасных результатах процедуры Биобенталл с использованием каркасных биопротезов, вшитых в линейный сосудистый протез [22]. В течение 12 лет наблюдения реоперация потребовалась лишь 1 пациенту из 250; частота неблагоприятных протез-ассоциированных событий, таких как тромбоземболия, кровотечение и эндокардит, не отличалась от таковой при обычном протезировании аортального клапана.

Еще одно опасение — предполагаемая сложность повторной операции при структурной дисфункции биопротеза. Вышеописанный метод имплантации клапаносодержащего кондуита с каркасным биопротезом, по сути, лишает хирурга возможности изолированно заменить клапан и требует повторного протезирования всего КА [23–25]. А. Albertini и соавт., G. Gatti и соавт. представили техники первичной процедуры Биобенталл, направленные на упрощение повторной операции [26; 15]. При обоих методах биопротез имплантируют в синтетический кондуит таким образом, что проксимальный конец трансплантата образует юбку длиной 2–20 мм (под манжетой клапана), которую фиксируют к фиброзному кольцу АК полипропиленовой нитью. Подобная техника, хотя и требует внимания во избежание обструкции устьев коронарных артерий, имеет ряд преимуществ. Во-первых, фиксация юбки к фиброзному кольцу намного удобнее фиксации манжеты биопротеза, во-вторых, есть возможность имплантировать биопротез большего диаметра, в-третьих, эксплантация клапана при повторном вмешательстве значительно упрощается, нивелируя необходимость полной замены корня аорты.

Имплантация клапаносодержащих кондуитов с использованием бескаркасных биопротезов ассоциируется со значимой регрессией массы левого желудочка уже через 6 мес. после операции, уменьшением трансклапанных градиентов и увеличением эффективной площади отверстия АК [19]. В современной кардиохирургической практике выделяют два подхода к имплантации клапаносодержащих кондуитов с использованием бескаркасных биопротезов: субкоронарный метод и full-root техника [27]. Классическим примером субкоронарной имплантации является методика P.P. Urbanski, которая схожа с вышеописанной техникой G. Gatti и соавт., но предполагает использование бескаркасного биопротеза [2; 15]. Для снижения риска деформации бескаркасного биопротеза во время имплантации процедуру Биобенталл предлагают выполнять с использованием full-root техники [28; 29]. Ограничением такого подхода является нехватка длины коммерчески доступных кондуитов подобного типа для протезирования всей ВА, что может быть решено вшиванием дополнительной вставки в виде линейного сосудистого протеза.

Процедуру Биобенталл с использованием тотальных ксеноперикардиальных кондуитов связывают, прежде всего, с протезом Shelhigh BioConduit NR-2000 (Shelhigh Inc., Юнион, США) [30]. Клапан изготавливали из некоронарных синусов аорты свиней, а протез аорты — из перикарда крупного рогатого скота. Конструкцию обрабатывали глутаровым альдегидом, гепарином и раствором No-React. Фирма-производитель предлагала кондуиты диаметром от 21 до 31 мм. Первоначально тотальные ксеноперикардиальные кондуиты использовали у пациентов с инфекционным эндокардитом, при этом ранние послеоперационные результаты были аналогичны таковым после имплантации гомографтов [31; 32]. Однако Управление по санитарному надзору за качеством пищевых продуктов и медикаментов США 17 апреля 2007 г. объявило об изъятии всех медицинских устройств, производимых компанией Shelhigh Inc., из-за риска их загрязнения в процессе производства.

## Результаты процедуры Биобенталл

А. Pantaleo и соавт. в метаанализе, включившем 1 112 пациентов, сравнили результаты процедуры Биобенталл и классической модификации с использованием механического протеза [33]. Пациентов сопоставили по 29 переменным (23 предоперационных и 6 интраоперационных характеристик),

исключили систематические ошибки и получили 2 аналогичные группы (механического и биологического протезирования) по 138 человек. В ходе анализа интраоперационных и ранних послеоперационных результатов выявили статистически достоверное увеличение длительности пережатия аорты в группе БиоБенталл ( $121,0 \pm 37,9$  против  $131,0 \pm 35,6$  мин,  $p = 0,02$ ). Такие показатели, как госпитальная летальность, инфаркт миокарда, неврологические осложнения, почечная недостаточность, реторакотомии по поводу кровотечений, длительность пребывания в стационаре и отделении интенсивной терапии, не различались между группами. Кумулятивная выживаемость через 1 год, 5 и 7 лет составила  $95,1 \pm 1,9$ ,  $83,7 \pm 4,2$  и  $75,0 \pm 5,7$  % соответственно для группы механического протезирования и  $99,2 \pm 0,8$ ,  $87,3 \pm 3,5$  и  $83,6 \pm 4,9$  % соответственно для группы БиоБенталл ( $p = 0,9$ ). Методом регрессионного анализа Кокса не выявили взаимосвязи между типом протеза и общей смертностью при последующем наблюдении [отношение рисков 0,88; 95% доверительный интервал (ДИ) 0,50–2,14;  $p = 0,4$ ]. Исследуемые группы не различались в отношении геморрагических осложнений, тромбоемболий и церебральных эмболий в отдаленном периоде после операции. Повторное вмешательство на аорте потребовалось 0,8 % пациентов в группе механического протезирования и 4,7 % в группе БиоБенталл ( $p = 0,04$ ). Авторы заключили, что при сопоставимых предоперационных характеристиках результаты механической и биологической модификаций процедуры Бенталла – Де Боно идентичны в отношении отдаленной выживаемости и событий, связанных с клапаном аорты.

А. Lechiancole и соавт. исследовали пациентов старше 65 лет (173 после процедуры БиоБенталл и 109 после имплантации кондуита, содержащего механический клапан) и отметили, что кондуиты с механическими клапанами демонстрируют тенденцию к увеличению поздней выживаемости, несмотря на более высокую частоту серьезных неблагоприятных явлений [34].

P.P. Urbanski и соавт. в ретроспективном исследовании сравнили процедуру БиоБенталл с изолированным биологическим протезированием АК [35]. Провели анализ 182 пациентов, после исключения ряда несопоставляемых данных выделили 2 группы по 79 больных. Ранние и отдаленные исходы между группами не различались, за исключением более частых церебральных событий в когорте БиоБенталл. Авторы заключили, что процедура БиоБенталл имеет сопоставимые с изолированным биологическим

протезированием риски при условии ее выполнения опытной хирургической бригадой.

Влияние типа биопротеза (каркасный, бескаркасный), используемого для процедуры Бенталла – Де Боно, на клинические исходы пациентов оценивали в единичных публикациях. В. Arabkhani и соавт. провели метаанализ 31 исследования и 5 227 пациентов, перенесших имплантацию клапаносодержащих кондуитов (74 % — бескаркасных, 26 % — каркасных). Авторы отметили, что биопротезирование связано со снижением выживаемости и значительным риском ассоциированных с клапаном событий в сравнении с механическим протезированием [36], но не обнаружили зависимости этих событий от типа имплантируемого биопротеза.

J.A.C. Ennker и соавт. сравнили среднесрочные результаты классической и full-root методик операции БиоБенталл с использованием бескаркасного биопротеза Freestyle (Medtronic, Миннеаполис, США) [29]. После анализа поправок на исходные характеристики и сопоставления по шкале предрасположенности 1 014 пациентов выделили две равнозначные группы по 148 больных. Группы оказались идентичными в отношении ранней послеоперационной летальности, свободы от реопераций, инфекционного эндокардита и кровотечений. Выживаемость в течение 9 лет также не различалась. Тем не менее пациентам в группе full-root имплантировали протезы большего диаметра и, соответственно, отмечали более низкие транспротезные градиенты ( $p = 0,03$ ).

M. Mutsuga и соавт. сравнили модификации БиоБенталл с использованием бескаркасных ( $n = 10$ ) и каркасных ( $n = 34$ ) протезов [19]. Анализировали ранние и среднесрочные хирургические исходы и свободу от реопераций. Средняя продолжительность наблюдения составила 69 мес. Разницы между группами в отношении ранней послеоперационной летальности не выявили. Выживаемость через 1 год, 5 и 10 лет составила 80, 50 и 30 % в группе бескаркасных и 85, 77 и 71 % в группе каркасных протезов соответственно. Различий в свободе от реопераций не обнаружили. Как и ожидали, средний трансортальный градиент в отдаленном периоде был ниже в группе бескаркасных протезов (8,1 против 15,8 мм рт. ст.,  $p = 0,05$ ).

L. Schamberger и соавт. провели сравнительный ретроспективный анализ 411 пациентов, перенесших процедуру БиоБенталл ( $n = 150$ ) и Дэвида ( $n = 261$ ) [37]. Пациенты группы БиоБенталл оказались значительно старше когорты операции Дэвида ( $p < 0,001$ ) и имели значительно меньшую частоту

ту встречаемости синдрома Марфана ( $p < 0,001$ ). В группе БиоБенталл были более высокие показатели 30-дневной летальности и чаще встречался синдром низкого сердечного выброса. Исследуемые когорты не различались в отношении ранних и отдаленных инсультов, эндокардитов, инфарктов миокарда и тромбоэмболий. Пяти- и десятилетняя выживаемость составила  $93,7 \pm 1,8$  и  $84,4 \pm 4,7$  % в группе процедуры Дэвида и  $90,9 \pm 2,6$  и  $84,6 \pm 5,4$  % в группе БиоБенталл ( $p = 0,37$ ). По свободе от реопераций в течение 10 лет группы также не различались.

C.-N. Bethancourt и соавт. в исследовании, включившем 796 пациентов, сравнили результаты процедур БиоБенталл ( $n = 436$ ) и Дэвида ( $n = 360$ ) [38]. Когорта БиоБенталл включала 55,73 % случаев имплантации каркасных протезов и 44,27 % — бескаркасных. В течение 10 лет наблюдения выживаемость и свобода от реопераций в группах были сопоставимы.

G. Stefanelli и соавт. сравнили ранние и среднесрочные клинические исходы процедур БиоБенталл (бескаркасные протезы) ( $n = 56$ ) и Дэвида ( $n = 52$ ) [39]. Исследуемые группы были сопоставимы по периоперационной летальности, кардиальной смертности в отдаленном периоде, частоте повторных операций и неблагоприятных сердечно-сосудистых событий в течение 11 лет. Тем не менее общая вероятность выживания за этот период оказалась выше в группе процедуры Дэвида (91,8 против 74,9 %,  $p = 0,0057$ ). Аналогичное преимущество клапаносохраняющих операций наблюдали в отношении трансклапанных градиентов (8,13 против 11,70 мм рт. ст.,  $p < 0,001$ ).

T. Yamabe и соавт. сравнили отдаленные результаты процедур БиоБенталл ( $n = 172$ ) и Дэвида V ( $n = 199$ ) [40]. Для процедуры БиоБенталл использовали кондуит с псевдосинусами Вальсальвы и бескаркасным биопротезом типа 3f Aortic Bioprosthesis (ATS Medical, Миннеаполис, США). По уровню госпитальной летальности (1,1 % для каждой из групп) когорты статистически значимо не различались. Десятилетняя выживаемость составила 95,3 [95% ДИ 85,8–98,5] и 98,6 [95% ДИ 90,8–99,8] % для процедур Дэвида и БиоБенталл соответственно ( $p = 0,345$ ). Кумулятивная частота повторных операций по поводу любой патологии сердца за указанный период — 3,9 % [95% ДИ 0,70–11,8] для когорты операции Дэвида и 18,1 % [95% ДИ 6,9–33,4] для БиоБенталл ( $p = 0,046$ ), по поводу причин, связанных с АК, — 1,9 [95% ДИ 0,1–8,8] против 15,9 [95% ДИ 5,5–31,4] % ( $p = 0,032$ ).

J. Esaki и соавт. в ретроспективном исследовании сравнили процедуры Дэвида V ( $n = 282$ ) и БиоБенталл ( $n = 425$ ) [41]. Группы не различались по частоте встречаемости бикуспидального АК, синдрома Марфана, острого расслоения аорты типа A и сопутствующего протезирования дуги аорты. Ранняя послеоперационная летальность составила 5,7 % в когорте процедуры Дэвида V и 0,8 % в группе БиоБенталл ( $p = 0,07$ ). Свобода от реопераций в течение 7 лет — 97,4 и 95,8 % в указанных когортах соответственно ( $p = 0,48$ ).

G. Stefanelli и соавт. изучали результаты использования тотального ксеноперикардального клапаносодержащего кондуита Shelhigh NR-2000 у 26 пациентов [30]. Получили данные о ранней послеоперационной летальности 7,7 %, отдаленной (по кардиальным причинам) — 12,5 %; общей вероятности выживания через 15 лет не выше 52,9 %; среднем трансклапанном градиенте в отдаленном периоде  $11,4 \pm 5,0$  мм рт. ст.; свободе от реопераций, связанных с АК, 100 % через 5 и 10 лет и 90,9 % через 15 лет.

A. Sahin и соавт. проанализировали результаты имплантации Shelhigh NR-2000 у 63 пациентов и предостерегли от использования данного кондуита [42]. Общая 30-дневная летальность составила 8 % ( $n = 5$ ). За период наблюдения (9,5 года) умерли 13 (24 %) пациентов; 4 смерти были напрямую связаны с кондуитами. Общая выживаемость через 1 год, 5 и 10 лет составила  $85 \pm 5$ ,  $79 \pm 6$  и  $71 \pm 7$  % соответственно. Повторная операция потребовалась 10 (19 %) пациентам на фоне эндокардита ( $n = 5$ ), стеноза АК ( $n = 3$ ), псевдоаневризм ( $n = 1$ ) и отслоения некоронарной створки ( $n = 1$ ).

В табл. 1 представлены сводные данные литературы о результатах процедуры БиоБенталл.

### **Процедура Росса в хирургии аневризм корня и восходящей аорты**

Эффективность и безопасность процедуры Росса в аортальной хирургии различных возрастных категорий продемонстрирована во многих исследованиях и не нуждается в освещении. В предыдущих отчетах пациенты с бикуспидальным АК и расширенным КА/ВА считались группами наивысшего риска дилатации аутоаортотрансплантата и неоаортальной недостаточности [43; 44]. Первые результаты использования данного подхода в когорте пациентов с пороками АК и сопутствующим расширением/аневризмой ВА продемонстрировали R.C. Elkins и соавт. [45]. Исследование включило 44 пациента,

**Табл. 1.** Результаты процедуры БиоБенталл по данным литературы

Первый автор, год публикации	Количество пациентов	Дизайн	Тип биопротеза	Госпитальная/30-дневная летальность, %	Средний период наблюдения, мес.	Отдаленная выживаемость, % (лет)	Средняя частота реопераций, %
A. Pantaleo, 2017 [33]	138	Метаанализ: мех. Бенталл vs БиоБенталл	Каркасные, бескаркасные	5,8	84	99,2 ± 0,8 (1), 87,3 ± 3,5 (5), 83,6 ± 4,9 (7)	4,7
A. Lechiancole, 2019 [34]	173	Ретроспект.: мех. Бенталл vs БиоБенталл	Каркасные, бескаркасные	5	77	58 (12)	2,3
P.P. Urbanski, 2015 [35]	79	Ретроспект.: изол. ПАК vs БиоБенталл	Бескаркасные	5,1	74,4	63,2 ± 8,3 (10)	2,5
B. Arabkhani, 2020 [36]	5 227	Метаанализ: БиоБенталл	Каркасные, бескаркасные	5,5	50	80,1 (4)	8
J.A.C. Ennker, 2008 [29]	296	Ретроспект. (БиоБенталл): субкоронарная техника vs full-root	Бескаркасные	4,7 / 2,7	32	34 ± 24 / 33 ± 11 (9)	10 / 2
M. Mutsuga, 2020 [19]	44	Ретроспект. (БиоБенталл): каркасные vs бескаркасные	Каркасные, бескаркасные	6,8	69	80 (1), 50 (5), 30 (10)	0
L. Schamberger, 2020 [37]	150	Ретроспект.: Дэвид vs БиоБенталл	Каркасные, бескаркасные	2,7	60	90,9 ± 2,6 (5), 84,6 ± 5,4 (10)	19,6
C.-N. Bethancourt, 2021 [38]	436	Ретроспект.: Дэвид vs БиоБенталл	Каркасные, бескаркасные	1,1	58	92,7 (10)	10,6
G. Stefanelli, 2021 [39]	56	Ретроспект.: Дэвид vs БиоБенталл	Бескаркасные	3,64	85	74,9 (11)	2,1
T. Yamabe, 2021 [40]	172	Ретроспект.: Дэвид vs БиоБенталл	Бескаркасные	1,1	55,7	98,6 (10)	15,9
J. Esaki, 2017 [41]	425	Ретроспект.: Дэвид vs БиоБенталл	Бескаркасные	0,8	84	83 (7)	4,2
G. Stefanelli, 2020 [30]	26	Ретроспект.: БиоБенталл	Shelhigh NR-2000	7,7	93,4	52,9 (15)	9,1
A. Sahin, 2016 [42]	63	Ретроспект.: БиоБенталл	Shelhigh NR-2000	8	114	85 ± 5 (1), 79 ± 6 (5), 71 ± 7 (10)	19

*Примечание.* ПАК — протезирование аортального клапана.

из которых у 18 пороку сопутствовала аневризма ВА (средний возраст 31 год), у 26 — значительная дилатация КА (средний возраст 36 лет). В дополнение к процедуре Росса выполняли экстравальвулярную аннулопластику с помощью дакроновой манжеты или перикардиальной полоски. В раннем послеоперационном периоде был один летальный исход, связанный с периоперационным инсультом. В течение максимального срока наблюдения 2,2 года у 42 пациентов отмечали нормальную функцию аутотрансплантата с минимальной регургитацией клапана.

М. Slater и соавт. в 2005 г. представили метод помещения легочного аутотрансплантата в дакроновую трубку для предотвращения дилатации [46].

А. Ashfaq и соавт. продемонстрировали хирургическую технику Reinforced Ross procedure [47]. Мы не будем останавливаться на методах оценки и эксплантации легочного аутографта, а лишь опишем пути его подготовки и реимплантации. При подготовке аутографта особое внимание уделяют обрезке всей избыточной мышечной и жировой ткани из выводного отдела правого желудочка и части свободной стенки аутотрансплантата. Дистально аутографт обрезают для обеспечения одинаковой высоты ткани над верхней частью комиссуральных столбиков. Размер аутографта определяют с помощью расширителей Гегара. Диаметр линейного сосудистого протеза должен быть на 3–4 мм больше внутреннего диаметра аутографта. Под углом 120° на линей-

**Табл. 2.** Результаты Reinforced Ross procedure в когорте пациентов с аневризмой/расширением корня и восходящей части аорты

Первый автор, год публикации	Пациенты, n	Средний возраст, лет	Госпитальная/30-дневная летальность, %	Срок наблюдения, мес.	Свобода от реопераций, %		Свобода от значимой аортальной регургитации, %	Средняя/отдаленная выживаемость, %
					На корне аорты	На правом желудочке		
A.M. Karaskov, 2016 [4]	162	51,0 ± 10,7	5,6	40,1 ± 21,6	89,0 ± 6,6	–	94,7	93,8
A. Ashfaq, 2020 [47]	25	29	0	72	76	–	76	100
J.W. Brown, 2010 [48]	128	28,8 ± 14,4	0	30	100	100	99,2	100
R.G. Leyh, 2003 [49]	12	41,2 ± 10,9	–	18,6 ± 16,3	–	–	91,6	–
F. Juthier, 2010 [50]	4	29,7 ± 10,8	0	56	100	100	100	100
M. Andreas, 2014 [51]	76	29 ± 15	1,6	76,8	95	95	96	96
H. Leeds, 2022 [52]	4	29,6 ± 13,5	0	72	100	100	100	100

ный сосудистый протез наносят метки, указывающие ориентацию комиссур. Аутографт фиксируют к протезу при помощи 3 монофиламентных швов, расположенных под надиром каждой из створок. Эти линии швов непрерывно проводят от одного надира к другому и завязывают. Таким образом получают три «башни» узлов, являющихся визуальным напоминанием надиров створок. Дистальную часть аутографта непосредственно над комиссурами фиксируют девятью швами к дистальной части дакронового протеза. Аортальный клапан, нативные комиссуральные столбики и стенки синусов Вальсальвы иссекают. Через надир нативного АК проводят три полипропиленовых шва 4-0 под углом 120°, которые пропускают через ранее отмеченные точки на аутографте и протезе. Следующим этапом конструкцию фиксируют непрерывным проленовым швом к КА от одного надира к другому. Коронарные артерии реимплантируют путем взятия в шов аутографта и протеза.

Данные литературы, посвященные результатам Reinforced Ross procedure в когорте пациентов с аневризмой/расширением КА и ВА, представлены в табл. 2.

Несмотря на большое количество работ, посвященных Reinforced Ross procedure, ее использование в когорте пациентов с аневризмой/расширением КА и ВА отражено в минимальном количестве публикаций. Исследование А.М. Karaskov и соавт., по сути, является единственной отдельной работой, включившей пациентов с патологией ВА, которым провели операцию Росса [4]. Наиболее распространена позиция, что процедура Росса целесообразна и выполняема только у молодых пациентов [53]. Ограничением использования методики в когорте пациентов с патологией КА и ВА является устоявшееся мнение о недопустимости ее выполнения при дис-

плазии соединительной ткани [54]. Тем не менее опубликованы ограниченные серии использования данного подхода у пациентов с синдромом Марфана [55]. А.М. Karaskov и соавт. указывают на 14 случаев синдрома Марфана с хорошими непосредственными результатами [4].

Использование процедуры Росса в когорте пациентов с аневризмой/расширением КА и ВА требует дальнейшей оценки. Сомнения вызывают опубликованные факторы риска поздних неудач: исходная аортальная регургитация, методика тотальной замены КА, бicuspidальный АК, артериальная гипертензия и аннулодилатация [4]. Вместе с тем Reinforced Ross procedure представляется методом, нивелирующим эти факторы риска.

### Возможности аутоперикардиальной неокуспидизации аортального клапана в хирургии корня и восходящей аорты

Об использовании аутологичного перикарда в хирургии АК впервые сообщил D.N. Ross в 1963 г. в серии из 9 клинических случаев, посвященной пластике створок [56]. Аутоперикард применили лишь у одного пациента с целью замещения левой некоронарной створки бicuspidального клапана без указания техники обработки материала и отдаленных результатов. Эволюция понимания анатомии КА, развитие методов визуализации, оптимизация обработки аутологичного перикарда и разработка шаблонов, аналогичных нативным створкам АК, привели к широкому внедрению методики в повседневную хирургическую практику [57]. Современные методы неокуспидизации АК аутологичным перикардом ассоциированы с техниками, предложенными С.М. Duran и S. Ozaki [58; 59]. Во многих исследованиях продемонстрированы

удовлетворительные ранние и среднеотдаленные результаты аутоперикардальной неокуспидизации АК (AVNeo) [60–64]. Кроме того, этот метод подкупает отсутствием необходимости в приеме антикоагулянтов и приемлемыми гемодинамическими параметрами, сопоставимыми с таковыми после процедуры Росса [65]. Вполне логично, что при сочетании аневризм КА и ВА с дегенеративно измененными створками АК перспективным и наиболее физиологичным вариантом лечения было бы сочетание операции Бенталла – Де Боно с неокуспидизацией клапана.

Возможность комбинации этих методик постулирована лишь в двух публикациях [3; 66]. Первое сообщение о сочетании процедур Бенталла – Де Боно и неокуспидизации АК аутологичным перикардом принадлежит Р.Н. Комарову и соавт. (методика «Русский конduit») [3]. Авторы расширили показания для операции и предположили, что ее можно использовать как укрепляющую фиброзное кольцо для его адаптации под аутоперикардальную неокуспидизацию, для которой расширенное фиброзное кольцо является противопоказанием. При этом публикация представляет собой описание хирургической техники в форме How to do it без характеристики клинических исходов. Авторы предложили два метода приготовления hand made кондуита для протезирования КА, однако наиболее воспроизводимым представляется метод фиксации неостворок с выворачиванием протеза. После срединной стернотомии выполняют забор листка перикарда размером примерно  $8 \times 8$  см, который экспонируют в 0,6% глutarовом альдегиде в течение 8 мин с последующей двукратной обработкой физиологическим раствором в течение 8 мин. Параллельно проводят чреспищеводную эхокардиографию с целью измерения фиброзного кольца АК. Размер линейного сосудистого протеза рассчитывают следующим образом: если ВА не расширена, то размер протеза равен +5 мм к диаметру ВА; в случае увеличения ВА берут протез диаметром 30 или 32 мм. Размер створок определяют по формуле: размер створки = диаметр протеза – 1 мм (при четном значении диаметра сосудистого протеза); размер створки = диаметр протеза (при нечетном значении диаметра сосудистого протеза). Например, при размере линейного сосудистого протеза 28 мм размер неостворок соответствует 27-й ячейке на шаблоне Озаки. Из подготовленного листка перикарда вырезают три симметричных неостворки. По нижнему краю протеза проводят прямую линию, отступая 5 мм от края, с целью фиксации к КА. Далее неостворки фиксируют к протезу тремя непрерывными проленовыми швами, которые завязывают снаружи

протеза. Готовый конduit выворачивают в исходное положение и имплантируют по классической методике Бенталла – Де Боно.

L. Seese и соавт. в клиническом наблюдении представили свою хирургическую технику комбинации процедуры Бенталла – Де Боно и неокуспидизации АК [66]. После срединной стернотомии производят забор листка аутологичного перикарда размером  $10 \times 10$  см, который экспонируют в 0,6% глutarовом альдегиде в течение 10 мин, а затем 3 раза промывают стерильным физиологическим раствором с интервалом в 6 мин. Аналогично с предыдущей методикой авторы использовали шаблоны Озаки. В клиническом случае они имплантировали протез ВА с имитацией синусов Вальсальвы размером 26 мм (Sulzer Vascutek, Инчиннан, Великобритания). Размер выбрали на основе результатов компьютерной томографии и интраоперационного измерения диаметра КА с помощью чреспищеводной эхокардиографии по формуле: диаметр КА + 3 мм. Аутоперикардальные неостворки вшивали на столе до начала искусственного кровообращения. Основываясь на измерениях межкомиссуральных расстояний по данным чреспищеводной эхокардиографии, вырезали 3 симметричные неостворки 29-го размера. Протез разрезали на 5 мм выше псевдосинусов Вальсальвы, неостворки фиксировали аналогично подшиванию к нативному КА при помощи трех непрерывных полипропиленовых швов начиная с надиров по предварительно прочерченной на протезе линии. Следующим этапом подключили искусственное кровообращение, пережали аорту, ввели кардиоплегический раствор, иссекли нативный АК. Hand made конduit имплантировали в КА при помощи непрерывного полипропиленового шва 3-0. Коронарные артерии реимплантировали стандартным методом, в виде «пуговиц».

## Заключение

Процедура Биобенталл демонстрирует удовлетворительные ранние и отдаленные результаты, сопоставимые как с классической операцией Бенталла – Де Боно, так и с клапаносохраняющими методиками. Композитные графты, содержащие бескаркасные биопротезы, представляются более перспективными и долговечными в сравнении с каркасными, однако с учетом минимального количества работ, напрямую сопоставляющих эти методики, необходимо дальнейшее изучение данной гипотезы. Тотальные ксеноперикардальные кондуиты продемонстрировали высокий потенциал к деградации и не рекомендуются к использованию,

что продемонстрировано в большинстве зарубежных исследований. Модификация операции Росса с помещением легочного аутографта в сосудистый протез показывает превосходные гемодинамические исходы в отдаленном периоде, тем не менее данные литературы о ее применимости в когорте больных с проксимальными аневризмами аорты ограничены. Метод комбинации процедур Бенталла – Де Боно и аутоперикардиальной неокуспидизации представляется перспективным и экономически выгодным, но требует оценки клинических результатов, которые в настоящий момент не опубликованы.

### Список литературы / References

1. Bentall H., De Bono A. A technique for complete replacement of the ascending aorta. *Thorax*. 1968;23(4):338-339. PMID: 5664694; PMCID: PMC471799. <https://doi.org/10.1136/thx.23.4.338>
2. Urbanski P.P. Replacement of the ascending aorta and aortic valve with a valved stentless composite graft. *Ann Thorac Surg*. 1999;67(5):1501-1502. [https://doi.org/10.1016/s0003-4975\(99\)00184-8](https://doi.org/10.1016/s0003-4975(99)00184-8)
3. Komarov R., Chernov I., Enginiev S., Sá M.P.B.O., 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>
4. Karaskov A.M., Bogachev-Prokofiev A.V., Sharifulin R.M., Demin I.I., Zheleznev S.I., Open A.B., Pivkin A.N. Outcomes of the Ross procedure in patients with an accompanying ascending aortic aneurysm. *Angiol Sosud Khir*. 2016;22(1):142-158. PMID: 27100550.
5. Mingke D., Dresler C., Stone C.D., Borst H.G. Composite graft replacement of the aortic root in 335 patients with aneurysm or dissection. *Thorac Cardiovasc Surg*. 1998;46(1):12-19. PMID: 9554042. <https://doi.org/10.1055/s-2007-1010177>
6. Kouchoukos N.T., Wareing T.H., Murphy S.F., Perrillo J.B. Sixteen-year experience with aortic root replacement. Results of 172 operations. *Ann Surg*. 1991;214(3):308-318; discussion 318-320. PMID: 1834031; PMCID: PMC1358653. <https://doi.org/10.1097/0000658-199109000-00013>
7. Mykén P.S., Caidahl K., Larsson P., Larsson S., Wallentin I., Berggren H.E. Mechanical versus biological valve prosthesis: a ten-year comparison regarding function and quality of life. *Ann Thorac Surg*. 1995;60(2 Suppl):S447-S452. PMID: 7646206. [https://doi.org/10.1016/0003-4975\(95\)00266-n](https://doi.org/10.1016/0003-4975(95)00266-n)
8. Цукерман Г.И., Быкова В.А., Фурсов Б.А. Первый опыт замены митрального и трикуспидального клапанов сердца аортальным гомо- и гетеротрансплантатами. *Грудная хирургия*. 1969;4:3-9.  
Tsukerman G.I., Bykova V.A., Fursov B.A. The first experience of replacing the mitral and tricuspid heart valves with aortic homo- and heterografts. *Grudnaya khirurgiya = Thoracic Surgery*. 1969;4:3-9. (In Russ.)
9. Малашенков А.И., Русанов Н.И., Быкова В.А., Рычин С.В., Паджев М.А., Костава В.Т., Занкина О.И. 15-летний опыт применения ксеноперикардиального кондуита при операции Бенталла – Де Боно. *Бюллетень НЦССХ им. А.Н. Бакулева РАМН. Сердечно-сосудистые заболевания*. 2006;7(53):34.
10. Малашенков А.И., Русанов Н.И., Рычин С.В., Терещенко В.И., Мовсесян Р.А., Фунг З.Х.Ш., Дорофеев А.В. Отдаленные результаты имплантации ксеноперикардиальных кондуитов при хирургической коррекции аневризм восходящей аорты. *Грудная и сердечно-сосудистая хирургия*. 2010;(1):29-30.  
Malashenkov A.I., Rusanov N.I., Rychin S.V., Tereshchenko V.I., Movsesyan R.A., Fung Z.Kh.Sh., Dorofeyev A.V. Long-term results of implantation of xenopericardial conduits during surgical correction of ascending aortic aneurysms. *Grudnaya i serdechno-sosudistaya khirurgiya = Russian Journal of Thoracic and Cardiovascular Surgery*. 2010;(1):29-30. (In Russ.)
11. Белов Ю.В., Комаров Р.Н. *Хирургия аорты*. М.: Мед. информ. агентство, 2018. 304 с.  
Belov Yu.V., Komarov R.N. *Aortic surgery*. Moscow: Meditsinskoe informatsionnoe agentstvo Publ.; 2018. 304 p. (In Russ.)
12. Kirsch M.E.W., Ooka T., Zannis K., Deux J.-F., Loisançe D.Y. Bioprosthetic replacement of the ascending thoracic aorta: what are the options? *Eur J Cardiothorac Surg*. 2009;35(1):77-82. PMID: 18952452. <https://doi.org/10.1016/j.ejcts.2008.09.011>
13. Hilgenberg A.D., Mora B.N. Composite aortic root replacement with a bovine pericardial valve conduit. *Ann Thorac Surg*. 2003;75(4):1338-1339. PMID: 12683599. [https://doi.org/10.1016/s0003-4975\(02\)04510-1](https://doi.org/10.1016/s0003-4975(02)04510-1)
14. Galla J.D., Lansman S.L., Spielvogel D., Minanov O.P., Ergin M.A., Bodian C.A., Griep R.B. Bioprosthetic valved conduit aortic root reconstruction: the Mount Sinai experience. *Ann Thorac Surg*. 2002;74(5):S1769-S1772; discussion S1792-S1799. PMID: 12440662. [https://doi.org/10.1016/s0003-4975\(02\)04144-9](https://doi.org/10.1016/s0003-4975(02)04144-9)
15. Gatti G., Dell'Angela L., Pinamonti B., Moncada A., Minati A., Benussi B., Sinagra G., Pappalardo A. Aortic root replacement with a stented bioprosthetic valved conduit: mid-term results. *J Heart Valve Dis*. 2013;22(4):500-508. PMID: 24224412.
16. Beck A., Thubrikar M.J., Robicsek F. Stress analysis of the aortic valve with and without the sinuses of Valsalva. *J Heart Valve Dis*. 2001;10(1):1-11. PMID: 11206754.
17. Sripathi V.C., Kumar R.K., Balakrishnan K.R. Further insights into normal aortic valve function: role of a compliant aortic root on leaflet opening and valve orifice area. *Ann Thorac Surg*. 2004;77(3):844-851. PMID: 14992884. [https://doi.org/10.1016/S0003-4975\(03\)01518-2](https://doi.org/10.1016/S0003-4975(03)01518-2)
18. De Paulis R., De Matteis G.M., Nardi P., Scaffa R., Colella D.F., Chiarello L. A new aortic Dacron conduit for surgical treatment of aortic root pathology. *Ital Heart J*. 2000;1(7):457-463. PMID: 10933327.
19. Mutsuga M., Narita Y., Usui A. Mid-term results of Biological Bentall using a larger valve implantation technique. *Nagoya J Med Sci*. 2020;82(4):645-655. PMID: 33311795; PMCID: PMC7719461. <https://doi.org/10.18999/nagjms.82.4.645>
20. Beckerman Z., Leshnowar B.G., McPherson L., Binongo J.N., Lasanjak Y., Chen E.P. The evidence in a Bentall procedure with Valsalva graft: is this standard of care? *J Vis Surg*. 2018;4:98. PMID: 29963387; PMCID: PMC5994456. <https://doi.org/10.21037/jovs.2018.04.05>
21. Grande-Allen K.J., Cochran R.P., Reinhall P.G., Kunzelman K.S. Re-creation of sinuses is important for sparing the aortic valve: a finite element study. *J Thorac Cardiovasc Surg*.

- 2000;119(4 Pt 1):753-763. PMID: 10733765. [https://doi.org/10.1016/S0022-5223\(00\)70011-0](https://doi.org/10.1016/S0022-5223(00)70011-0)
22. Etz C.D., Homann T.M., Rane N., Bodian C.A., Di Luozzo G., Plestis K.A., Spielvogel D., Griep R.B. Aortic root reconstruction with a bioprosthetic valved conduit: a consecutive series of 275 procedures. *J Thorac Cardiovasc Surg.* 2007;133(6):1455-1463. PMID: 17532939. <https://doi.org/10.1016/j.jtcvs.2007.01.058>
  23. Kirsch E.W.M., Radu N.C., Mekontso-Dessap A., Hillion M.L., Loisanse D. Aortic root replacement after previous surgical intervention on the aortic valve, aortic root, or ascending aorta. *J Thorac Cardiovasc Surg.* 2006;131(3):601-608. PMID: 16515911. <https://doi.org/10.1016/j.jtcvs.2005.11.007>
  24. Joudinaud T.M., Baron F., Raffoul R., Pagis B., Vergnat M., Parisot C., Hvass U., Nataf P.R. Redo aortic root surgery for failure of an aortic homograft is a major technical challenge. *Eur J Cardiothorac Surg.* 2008;33(6):989-994. PMID: 18328723. <https://doi.org/10.1016/j.ejcts.2008.01.054>
  25. Liu C., Doig F., Naidoo R., Tesar P. Redo aortic valve replacement following Bio-Bentall's procedure. *Heart Lung Circ.* 2019;28(10):e131-e133. PMID: 31175018. <https://doi.org/10.1016/j.hlc.2019.04.015>
  26. Albertini A., Dell'Amore A., Zussa C., Lamarra M. Modified Bentall operation: the double sewing ring technique. *Eur J Cardiothorac Surg.* 2007;32(5):804-806. PMID: 17766138. <https://doi.org/10.1016/j.ejcts.2007.07.011>
  27. Dapunt O.E., Easo J., Hölzl P.F., Murin P., Südkamp M., Horst M., Natour E. Stentless full root bioprosthesis in surgery for complex aortic valve-ascending aortic disease: a single center experience of over 300 patients. *Eur J Cardiothorac Surg.* 2008;33(4):554-559. PMID: 18282760. <https://doi.org/10.1016/j.ejcts.2007.12.053>
  28. Easo J., Weymann A., Hölzl P., Horst M., Eichstaedt H., Mashhour A., Zhigalov K., Szczechowicz M., Thomas R.P., Sabashnikov A., Dapunt O.E. Hospital results of a single center database for stentless xenograft use in a full root technique in over 970 patients. *Sci Rep.* 2019;9(1):4371. PMID: 30867492; PMCID: PMC6416277. <https://doi.org/10.1038/s41598-019-40772-7>
  29. Ennker J.A.C., Albert A.A., Rosendahl U.P., Ennker I.C., Dalladaku F., Florath I. Ten-year experience with stentless aortic valves: full-root versus subcoronary implantation. *Ann Thorac Surg.* 2008;85(2):445-452; discussion 452-453. PMID: 18222240. <https://doi.org/10.1016/j.athoracsur.2007.10.015>
  30. Stefanelli G., Pirro F., Macchione A., Bellisario A., Weltert L. Long-term follow-up after Bentall operation using a stentless Shelhigh NR-2000 bio-conduit. *J Card Surg.* 2020;35(5):988-995. PMID: 32176376. <https://doi.org/10.1111/jocs.14510>
  31. Carrel T.P., Berdat P., Englberger L., Eckstein F., Immer F., Seiler C., Kipfer B., Schmidli J. Aortic root replacement with a new stentless aortic valve xenograft conduit: preliminary hemodynamic and clinical results. *J Heart Valve Dis.* 2003;12(6):752-757. PMID: 14658817.
  32. Siniawski H., Lehmkuhl H., Weng Y., Pasic M., Yankah C., Hoffmann M., Behnke I., Hetzer R. Stentless aortic valves as an alternative to homografts for valve replacement in active infective endocarditis complicated by ring abscess. *Ann Thorac Surg.* 2003;75(3):803-808; discussion 808. PMID: 12645697. [https://doi.org/10.1016/s0003-4975\(02\)04555-1](https://doi.org/10.1016/s0003-4975(02)04555-1)
  33. Pantaleo A., Murana G., Di Marco L., Jafrancesco G., Barberio G., Berretta P., Leone A., Di Bartolomeo R., Pacini D. Biological versus mechanical Bentall procedure for aortic root replacement: a propensity score analysis of a consecutive series of 1112 patients. *Eur J Cardiothorac Surg.* 2017;52(1):143-149. PMID: 28407120. <https://doi.org/10.1093/ejcts/ezx070>
  34. Lechiancole A., Celiento M., Isola M., Gatti G., Melina G., Vendramin I., Battistella C., Pappalardo A., Sinatra R., Bortolotti U., Livi U. Modified Bentall procedure: mechanical vs biological valved conduits in patients older than 65 years. *Int J Cardiol.* 2019;296:38-42. PMID: 31351789. <https://doi.org/10.1016/j.ijcard.2019.07.053>
  35. Urbanski P.P., Heinz N., Zacher M., Diegeler A. Bio-Bentall procedure versus isolated biological aortic valve replacement: a case-match study. *Eur J Cardiothorac Surg.* 2015;47(6):1077-1082. PMID: 25143239. <https://doi.org/10.1093/ejcts/ezu316>
  36. Arabkhani B., Etnel J., Vriesendorp M., van Valen R., Lansac E., van Brakel T., Bogers A., Takkenberg H. Clinical outcome after bioprosthetic aortic root replacement: a meta-analysis and microsimulation model. *Authorea.* 2020. Nov. 19. <https://doi.org/10.22541/au.160579289.94820860/v1>
  37. Schamberger L., Leontyev S., Davierwala P.M., Von Aspern K., Lehmann S., Misfeld M., Borger M.A. David aortic valve-sparing reimplantation versus biological aortic root replacement: a retrospective analysis of 411 patients. *Indian J Thorac Cardiovasc Surg.* 2020;36(Suppl 1):97-103. PMID: 33061190; PMCID: PMC7525841. <https://doi.org/10.1007/s12055-019-00873-4>
  38. Bethancourt C.-N., Blitzer D., Yamabe T., Zhao Y., Nguyen S., Nitta S., Kelebeyev S., Borger M.A., Kurlansky P.A., George I., Smith C., Takayama H. Valve-sparing root replacement versus Bio-Bentall: inverse propensity weighting of 796 patients. *Ann Thorac Surg.* 2022;113(5):1529-1535. PMID: 34116001. <https://doi.org/10.1016/j.athoracsur.2021.05.044>
  39. Stefanelli G., Pirro F., Gabbieri D., Bellisario A., Weltert L. Long-term outcomes of stentless Bio-Bentall vs. David reimplantation for aortic root dilatation and aortic valve pathology. *Structural Heart.* 2021;5(Suppl 1):64. <https://doi.org/10.1080/24748706.2021.1900696>
  40. Yamabe T., Zhao Y., Kurlansky P.A., Nitta S., Borger M.A., George I., Smith C.R., Takayama H. Assessment of long-term outcomes: aortic valve reimplantation versus aortic valve and root replacement with biological valved conduit in aortic root aneurysm with tricuspid valve. *Eur J Cardiothorac Surg.* 2021;59(3):658-665. PMID: 33230518. <https://doi.org/10.1093/ejcts/ezaa389>
  41. Esaki J., Leshnowar B.G., Binongo J.N., Lasanajak Y., McPherson L., Halkos M.E., Guyton R.A., Chen E.P. Clinical outcomes of the David V valve-sparing root replacement compared with bioprosthetic valve-conduits for aortic root aneurysms. *Ann Thorac Surg.* 2017;103(6):1824-1832. PMID: 27964919. <https://doi.org/10.1016/j.athoracsur.2016.09.055>
  42. Sahin A., Müggler O., Sromicki J., Caliskan E., Reser D., Emmert M.Y., Alkadhi H., Maisano F., Falk V., Holubec T. Long-term follow-up after aortic root replacement with the Shelhigh® biological valved conduit: a word of caution! *Eur J Cardiothorac Surg.* 2016;50(6):1172-1178. PMID: 27229673. <https://doi.org/10.1093/ejcts/ezw167>
  43. Kouchoukos N.T., Masetti P., Nickerson N.J., Castner C.F., Shannon W.D., Dávila-Román V.G. The Ross procedure: long-term clinical and echocardiographic follow-up. *Ann Thorac Surg.* 2004;78(3):773-781; discussion 773-781. PMID: 15336990. <https://doi.org/10.1016/j.athoracsur.2004.02.033>
  44. Luciani G.B., Casali G., Favaro A., Prioli M.A., Barozzi L., Santini F., Santini F., Mazzucco A. Fate of the

- aortic root late after Ross operation. *Circulation*. 2003;108 Suppl 1:II61-II67. PMID: 12970210. <https://doi.org/10.1161/01.cir.0000089183.92233.75>
45. Elkins R.C., Lane M.M., McCue C. Ross procedure for ascending aortic replacement. *Ann Thorac Surg*. 1999;67(6):1843-1845. PMID: 10391322. [https://doi.org/10.1016/s0003-4975\(99\)00392-6](https://doi.org/10.1016/s0003-4975(99)00392-6)
  46. Slater M., Shen I., Welke K., Komanapalli C., Ungerleider R. Modification to the Ross procedure to prevent autograft dilatation. *Semin Thorac Cardiovasc Surg Pediatr Card Surg Annu*. 2005;181-184. PMID: 15818376. <https://doi.org/10.1053/j.pcsu.2005.01.022>
  47. Ashfaq A., Leeds H., Shen I., Muralidaran A. Reinforced Ross operation and intermediate to long term follow up. *J Thorac Dis*. 2020;12(3):1219-1223. PMID: 32274203; PMCID: PMC7139019. <https://doi.org/10.21037/jtd.2019.09.53>
  48. Brown J.W., Ruzmetov M., Shahriari A.P., Rodefeld M.D., Mahomed Y., Turrentine M.W. Modification of the Ross aortic valve replacement to prevent late autograft dilatation. *Eur J Cardiothorac Surg*. 2010;37(5):1002-1007. PMID: 20138780. <https://doi.org/10.1016/j.ejcts.2009.12.012>
  49. Leyh R.G., Hagl C., Kofidis T., Haverich A. Impact of ascending aorta replacement combined with a Ross procedure on autograft root distensibility and function in patients with combined pathology of the aortic valve and ascending aorta. *Interact Cardiovasc Thorac Surg*. 2003;2(2):116-119. PMID: 17670005. [https://doi.org/10.1016/S1569-9293\(02\)00116-0](https://doi.org/10.1016/S1569-9293(02)00116-0)
  50. Juthier F., Banfi C., Vincentelli A., Ennezat P.-V., Le Tourneau T., Pinçon C., Prat A. Modified Ross operation with reinforcement of the pulmonary autograft: Six-year results. *J Thorac Cardiovasc Surg*. 2010;139(6):1420-1423. PMID: 20381090. <https://doi.org/10.1016/j.jtcvs.2010.01.032>
  51. Andreas M., Seebacher G., Reida E., Wiedemann D., Pees C., Rosenhek R., Heinze G., Moritz A., Kocher A., Laufer G. A single-center experience with the Ross procedure over 20 years. *Ann Thorac Surg*. 2014;97(1):182-188. PMID: 24119982. <https://doi.org/10.1016/j.athoracsur.2013.08.020>
  52. Leeds H., Ashfaq A., McGrath L., Dewey E.N., Ungerleider R.M., Shen I., Muralidaran A. Short- and mid-term autograft outcomes following the reinforced Ross operation. *World J Pediatr Congenit Heart Surg*. 2022;13(1):38-45. PMID: 34919480. <https://doi.org/10.1177/21501351211061086>
  53. David T.E., David C., Woo A., Manlhiot C. The Ross procedure: outcomes at 20 years. *J Thorac Cardiovasc Surg*. 2014;147(1):85-93. PMID: 24084276. <https://doi.org/10.1016/j.jtcvs.2013.08.007>
  54. Kouchoukos N.T. Aortic allografts and pulmonary autografts for replacement of the aortic valve and aortic root. *Ann Thorac Surg*. 1999;67(6):1846-1848. PMID: 10391323. [https://doi.org/10.1016/s0003-4975\(99\)00443-9](https://doi.org/10.1016/s0003-4975(99)00443-9)
  55. Ootaki Y., Walsh M.J., Shen I., Ungerleider R.M. Ross procedure for patient with Marfan syndrome. *Ann Thorac Surg*. 2014;97(6):2186-2188. PMID: 24882304. <https://doi.org/10.1016/j.athoracsur.2013.09.021>
  56. Ross D.N. Surgical reconstruction of the aortic valve. *Lancet*. 1963;1(7281):571-574. PMID: 13975079. [https://doi.org/10.1016/s0140-6736\(63\)92687-4](https://doi.org/10.1016/s0140-6736(63)92687-4)
  57. Комаров Р.Н., Симонян А.О., Борисов И.А., Далинин В.В., Исмаилбаев А.М., Курасов Н.О., Щеглов М.И. История применения аутологических материалов в хирургии аортального клапана. *Патология кровообращения и кардиохирургия*. 2021;25(3):106-115. <https://dx.doi.org/10.21688/1681-3472-2021-3-106-115>
  58. Komarov R.N., Simonyan A.O., Borisov I.A., Dalinin V.V., Ismailbayev A.M., Kurasov N.O., Tcheglov M.I. History of the use of autologous materials in aortic valve surgery. *Patologiya krovoobrashcheniya i kardiokhirurgiya = Circulation Pathology and Cardiac Surgery*. 2021;25(3):106-115. (In Russ.) <https://dx.doi.org/10.21688/1681-3472-2021-3-106-115>
  59. Duran C.M., Gometza B., Kumar N., Gallo R., Martin-Duran R. Aortic valve replacement with freehand autologous pericardium. *J Thorac Cardiovasc Surg*. 1995;110(2):511-516. PMID: 7637369. [https://doi.org/10.1016/S0022-5223\(95\)70248-2](https://doi.org/10.1016/S0022-5223(95)70248-2)
  60. Ozaki S., Kawase I., Yamashita H., Uchida S., Nozawa Y., Matsuyama T., Takatoh M., Hagiwara S. Aortic valve reconstruction using self-derived aortic valve plasty system in aortic valve disease. *Interact Cardiovasc Thorac Surg*. 2011;12(4):550-553. PMID: 21273254. <https://doi.org/10.1510/icvts.2010.253682>
  61. Ozaki S. Ozaki procedure: 1,100 patients with up to 12 years of follow-up. *Turk Gogus Kalp Damar Cerrahisi Derg*. 2019;27(4):454. PMID: 32082907; PMCID: PMC7018167. <https://doi.org/10.5606/tgkdc.dergisi.2019.01904>
  62. Reuthebuch O., Koechlin L., Schurr U., Grapow M., Fassl J., Eckstein F.S. Aortic valve replacement using autologous pericardium: single center experience with the Ozaki technique. *Swiss Med Wkly*. 2018;148:w14591. PMID: 29442340. <https://doi.org/10.4414/smw.2018.14591>
  63. Ngo H.T., Nguyen H.C., Nguyen T.T., Le T.N., Camilleri L., Doan H.Q. Reconstruction of aortic valve by autologous pericardium (Ozaki's procedure): Single center experience in Vietnam. *Asian Cardiovasc Thorac Ann*. 2021;29(5):394-399. PMID: 33307715. <https://doi.org/10.1177/0218492320981468>
  64. Pirola S., Mastroiacovo G., Arlati F.G., Mostardini G., Bonomi A., Penza E., Polvani G. Single center five years' experience of Ozaki procedure: midterm follow-up. *Ann Thorac Surg*. 2021;111(6):1937-1943. PMID: 33597118. <https://doi.org/10.1016/j.athoracsur.2020.08.039>
  65. Чернов И.И., Энгиноев С.Т., Комаров Р.Н., Тарасов Д.Г., Синельников Ю.С., Марченко А.В., Арутюнян В.Б., Кадрыалиев Б.К., Исмаилбаев А.М., Тлисов В.М., Зорин Д.А., Щеглов М.И., Жигалов К.Ю. Трехлетние результаты операции Озаки у пациентов 65 лет и старше: многоцентровое исследование. *Патология кровообращения и кардиохирургия*. 2021;25(4):53-63. <https://dx.doi.org/10.21688/1681-3472-2021-4-53-63>
  66. Chernov I.I., Enginoyev S.T., Komarov R.N., Tarasov D.G., Sinelnikov Yu.S., Marchenko A.V., Arutyunyan V.B., Kadyraliev B.K., Ismailbaev A.M., Tlisov V.M., Zorin D.A., Tcheglov M.I., Zhigalov K.Yu. Three-year results of Ozaki surgery in patients 65 years and older: a multicenter study. *Patologiya krovoobrashcheniya i kardiokhirurgiya = Circulation Pathology and Cardiac Surgery*. 2021;25(4):53-63. (In Russ.) <https://dx.doi.org/10.21688/1681-3472-2021-4-53-63>
  67. Polito A., Albanese S.B., Cetrano E., Forcina S., Cicienia M., Rinelli G., Carotti A. Aortic valve neocuspidalization may be a viable alternative to Ross operation in pediatric patients. *Pediatr Cardiol*. 2021;42(3):668-675. PMID: 33394106; PMCID: PMC7780600. <https://doi.org/10.1007/s00246-020-02528-3>
  68. Seese L., Yoon P., Morell V.O., Chu D. Aortic root replacement with autologous pericardium valved conduit. *Ann Thorac Surg*. 2022;113(3):e227-e229. PMID: 33971175. <https://doi.org/10.1016/j.athoracsur.2021.04.076>

## BioBentall procedure and autological materials in aortic root surgery

**Roman N. Komarov, Alisher M. Ismailbaev, Stanislav V. Cherniavskii, Andrey N. Dzyundzya, Alexander O. Danachev, Oleg O. Ognev, Maryna V. Lencovets**

Sechenov University, Moscow, Russian Federation

**Corresponding author.** Alexander O. Danachev, [danachev@gmail.com](mailto:danachev@gmail.com)

### Abstract

The BioBentall procedure has many options, but the optimal approach is still not determined. Alternative options for aortic root surgery include Ross procedure and modification of the Bentall – De Bono procedure using autologous pericardium leaflets. This literature review showed topical issues of surgical technique and the results of various modifications of the BioBentall operation, as well as methods of the aortic root repair using autologous materials. The search strategy included the analysis of international (PubMed, Scopus, Embase) and Russian's databases (Russian Science Citation Index). The BioBentall procedure demonstrates satisfactory early and long-term results comparable to both the classic Bentall – De Bono procedure and valve-sparing techniques. Composite grafts containing frameless bioprostheses seem to be more promising and durable in comparison with stent-grafts, however, given the minimal amount of publications directly comparing these techniques, further study of this hypothesis is necessary. Total xenopericardial conduits have demonstrated higher rates of degradation and are currently not recommended for use, as demonstrated in most foreign studies. Modified Ross procedure shows excellent hemodynamic outcomes in the long-term follow-up, however, the literature data regarding its applicability in a cohort of patients with proximal aortic aneurysms are limited. The combination of the Bentall – De Bono procedure and autopericardial neocuspidization seems to be a promising and cost-effective method, however, this approach requires a clinical assessment, which results have not been yet published.

**Keywords:** Aortic Aneurysm; Bioprosthesis; Pericardium

Received 26 February 2022. Revised 20 April 2022. Accepted 21 April 2022.

**Funding:** The study did not have sponsorship.

**Conflict of interest:** Authors declare no conflict of interest.

### Contribution of the authors

Conception and study design: R.N. Komarov, A.M. Ismailbaev

Drafting the article: A.N. Dzyundzya, A.O. Danachev, O.O. Ognev, M.V. Lencovets

Critical revision of the article: S.V. Cherniavskii

Final approval of the version to be published: R.N. Komarov, A.M. Ismailbaev, S.V. Cherniavskii, A.N. Dzyundzya, A.O. Danachev, O.O. Ognev, M.V. Lencovets

### ORCID ID

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

A.M. Ismailbaev, <https://orcid.org/0000-0001-8545-3276>

S.V. Cherniavskii, <https://orcid.org/0000-0002-1564-9182>

A.N. Dzyundzya, <https://orcid.org/0000-0003-1133-8106>

A.O. Danachev, <https://orcid.org/0000-0001-9296-3119>

O.O. Ognev, <https://orcid.org/0000-0002-9305-2250>

M.V. Lencovets, <https://orcid.org/0000-0002-9671-9524>

**Copyright:** © 2022 Komarov et al.

**How to cite:** Komarov R.N., Ismailbaev A.M., Cherniavskii S.V., Dzyundzya A.N., Danachev A.O., Ognev O.O., Lencovets M.V. BioBentall procedure and autological materials in aortic root surgery. *Patologiya krovoobrashcheniya i kardiokhirurgiya = Circulation Pathology and Cardiac Surgery*. 2022;26(3):9-20. (In Russ.) <https://dx.doi.org/10.21688/1681-3472-2022-3-9-20>

