

федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования
Первый Московский государственный медицинский университет имени И. М. Сеченова
Министерства здравоохранения Российской Федерации
(Сеченовский Университет)

На правах рукописи

Исмаилбаев Алишер Маккамджанович

**ХИРУРГИЯ КОРНЯ АОРТЫ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ
АУТОЛОГИЧНЫХ МАТЕРИАЛОВ И
КЛАПАНСОХРАНЯЮЩИХ МЕТОДИК**

специальность: 3.1.15 Сердечно-сосудистая хирургия.

Диссертация на соискание ученой степени доктора медицинских наук

Научный консультант:

доктор медицинских наук, профессор

Комаров Р.Н.

МОСКВА – 2022

ОГЛАВЛЕНИЕ

Оглавление.....	2
Список сокращений.....	3
ВВЕДЕНИЕ.....	4
ГЛАВА 1.ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ.....	13
ГЛАВА 2. МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ.....	87
2.1 Дизайн исследования	88
2.2 Общая характеристика пациентов.....	90
2.3 Хирургическая техника.....	95
2.4 Методы исследования.....	116
ГЛАВА 3. РЕЗУЛЬТАТЫ СОБСТВЕННЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ.....	124
3.1. Сравнение предоперационных данных.....	124
3.2. Первичные точки контроля исследования	132
3.3. Вторичные точки контроля исследования	137
ГЛАВА 4. РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ОПТИМИЗАЦИИ ХИРУРГИЧЕСКОЙ ТЕХНИКИ И РАЗРАБОТАННАЯ ХИРУРГИЧЕСКАЯ СТРАТЕГИЯ.....	152
ГЛАВА 5. ОБСУЖДЕНИЕ ПОЛУЧЕННЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ.....	155
ЗАКЛЮЧЕНИЕ.....	174
ВЫВОДЫ.....	181
ПРАКТИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ.....	183
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ.....	185

СПИСОК СОКРАЩЕНИЙ

AVNeo- аутоперикардальная некуспидизация аортального клапана
АН – аортальная недостаточность
BioBentall – операция Бенталла-Де Боно с имплантацией композитного графта, содержащего биологический протез
АК – аортальный клапан
АКА- аневризма корня аорты
АКШ – аортокоронарное шунтирование
АР -аортальная регургитация
АС- аортальный стеноз
БАК – бicuspidальный аортальный клапан
БЦА – брахиоцефальные артерии
ВА – восходящая аорты
ВАС – вентрикуло-аортальное соединение
ВБК – виртуальное базальное кольцо
ВОЛЖ – выводной отдел левого желудочка
ВОПЖ – выводной отдел правого желудочка
ВПС – врожденный порок сердца
ГБ – гипертоническая болезнь
ГБ – гипертоническая болезнь
ДН – дыхательная недостаточность
ЖТ – желудочковая тахикардия
ЖЭ – желудочковая экстрасистолия
ИБС – ишемическая болезнь сердца
ИМ – ишемия миокарда
КА – корень аорты
КАГ – коронароангиография
КДО – конечно-диастолический объем
КСР – конечно-систолический размер
ЛА – легочная артерия
ЛГ – легочная гипертензия
ЛЖ – левый желудочек
ЛКА – левая коронарная артерия
ЛКС – левая коронарная створка
МЖП – межжелудочковая перегородка
МК – митральный клапан
МН – митральная недостаточность
НРС – нарушения ритма сердца
НС – некоронарная створка
ОА – огибающая артерия
ОНМК – острое нарушение мозгового кровообращения
ОПН – острая почечная недостаточность
ОРИТ – отделение реанимации и интенсивной терапии
ОСН – острая сердечная недостаточность
ПАК -протезирование аортального клапана
ПКА – правая коронарная артерия
ПКА – правая коронарная артерия
ПКС – правая коронарная створка
РА – расслоение аорты
РеИ – реимплантация
РеМ – ремоделирование
РКИ – рандомизированные клинические исследования
РЧА – радиочастотная абляция
СВ – синус Вальсальвы
СД – сахарный диабет
ССС – сердечно-сосудистая система
СТС – синотубулярное соединение
ТАК – трикуспидальный аортальный клапан
ТЕЕ – чреспищеводная эхокардиография
ТН – трикуспидальная недостаточность
ТП – трепетание предсердий
ТТЕ – трансторакальная эхокардиография
ФВ – фракция выброса
ФК – фиброзное кольцо
ФК – функциональный класс
ФП – фибрилляция предсердий
ХБП – хроническая болезнь почек
ХМ – холтеровское мониторирование
ХОБЛ – хроническая обструктивная болезнь легких
ЭКС – электрокардиостимулятор
ЭХО КГ – эхокардиография

ВВЕДЕНИЕ

Актуальность проблемы. Аневризма корня аорты имеет зачастую катастрофические последствия ввиду возникновения следующих осложнений: разрыв или расслоение, несостоятельность аортального клапана, вызванная анатомо-функциональной дисфункцией корня, и компрессия близлежащих структур. Полная замена корня аорты предполагает протезирование всех синусов с последующей реимплантацией устьев коронарных артерий. В некоторых случаях, при реконструкции корня аорты необходима коррекция патологии аортального клапана, включающая, ставшую классической, операцию Бенталла-Де Боно, или клапансохраняющую процедуру (Bentall H et al., 1968; David TE et al., 1992). Следует отметить, что методы клапансохраняющей реконструкции корня аорты претерпели значительные изменения за последние 2–3 десятилетия. Развитие современной реконструктивной хирургии восходящей аорты связано с такими знаменитыми кардиохирургами, как Magdi Yacoub и Tirone David. Основной целью подобных процедур является замена скомпрометированного сегмента восходящей аорты с одновременным сохранением или восстановлением компетентности аортального клапана, что позволяет избежать протезирования (David TE et al., 1995).

Возможность выполнения клапансохраняющих реконструкций корня аорты при различных анатомических и патоморфологических вариантах недостаточности аортального клапана основана на ряде публикаций, показывающих приемлемые ранние и отдаленные послеоперационные результаты (Oka et al., 2011; Liebrich et al., 2013). Общие риски пластики аортального клапана в изолированном виде или как компонент сочетанного вмешательства не выше, чем у пациентов с протезированием. Наиболее частым осложнением этой группы является рецидив регургитации. Таким образом, функциональность в отдаленном периоде является главной контрольной точкой, и зависит, прежде всего, от исходной морфологии и патологии клапана.

Восстановление бicuspidального аортального клапана показывает неоднозначные результаты. Хорошие ранние результаты опубликованы в нескольких работах, однако в среднеотдаленном периоде отмечается рост доли реопераций. Сопутствующая дилатация корня аорты – одна из главных причин повторных вмешательств после изолированной пластики аортального клапана. В одной из недавних работ, посвященной оценке отдаленного периода после пластики бicuspidального аортального клапана у 300 пациентов, отмечается, что нарушение ориентации комиссур, использование перикардальной вставки, длительно существующий пролапс, а также расширение фиброзного кольца являются независимыми факторами риска реопераций (Klotz et al., 2018). По данным авторов, неблагоприятная анатомия связана с 50% дисфункцией оперированного клапана в течение 5 лет, тогда как благоприятная – с 10%. В настоящее время, по-прежнему неясно, являются ли вышеописанные факторы взаимосвязанными.

В последние годы широкое распространение в практической кардиохирургии получила процедура реконструкции аортального клапана путем неокуспидизации аутоперикардальными створками (Комаров Р.Н. и др, 2021). Следует отметить, что процедура неокуспидизации аутоперикардом показывает многообещающие и приемлемые результаты в отношении гемодинамических показателей и свободы от повторных вмешательств (Ozaki S., 2021).

Учитывая опыт аутоперикардальной неокуспидизации, вполне логично, что при аневризме аорты и дегенеративно измененных створках аортального клапана наиболее физиологически и хирургически удобным вариантом лечения представляется комбинация операции Бенгалла-Де Боно и неокуспидизации аортального клапана аутологичным перикардом. Данная процедура запатентована хирургами Сеченовского университета под названием «Русский конduit», прошла клинические испытания на животных, одобрена этическим комитетом и успешно внедрена в клиническую практику (Komarov R et al., 2019).

Некоторыми авторами при наличии аневризматического расширения корня аорты постулируется возможность выполнения операции Росса (Karaskov A et al., 2016). Авторами предполагается, что данная процедура является безопасным и эффективным методом для пациентов данной когорты. Факторами риска дисфункции аутотрансплантата являются дилатация фиброзного кольца аортального клапана более 27 мм и артериальная гипертензия в послеоперационном периоде. Вместе с тем, в последние годы разработана и внедрена в практику модификация «защищенный Росс», предполагающая укрепление аутографта и фиброзного кольца синтетическим протезом (Slater M et al, 2005).

Внедрение в широкую практику новых методов реконструкции корня аорты с использованием аутологичных материалов и клапансохраняющих техник определяет необходимость детальной оценки непосредственных и отдаленных результатов этих процедур. Кроме того, клинические исходы новых подходов должны быть сравнены с классическими и изученными методиками, такими как операция Бенталла-Де Боно и David. На основании полученных данных возможна разработка современной хирургической стратегии лечения патологии корня аорты.

Степень разработанности проблемы

Значимыми нерешенными проблемами хирургии корня аорты с использованием аутологичных материалов и клапансохраняющих методик являются:

- Отсутствие унифицированных рекомендаций по определению показаний к тому или иному вмешательству с учетом внедрения новых хирургических подходов;
- Недостаточно данных, касающихся сравнения отдаленных результатов применения новых методик реконструкции и протезирования корня аорты с классическими хирургическими подходами;

- Внедрение новых методов реконструкции определяет необходимость пересмотра существующих рекомендаций по лечению патологии корня аорты.

Цель исследования: разработка современной хирургической стратегии лечения патологии корня аорты на основании оценки результатов использования аутологичных материалов и клапансохраняющих методик.

Задачи исследования:

1. Определение преимуществ и недостатков реимплантации аортального клапана по David в сравнении с классической процедурой Бенталла-Де Боно.
2. Определение оптимального метода лечения аневризмы корня аорты, сочетающегося с частичным поражением створок аортального клапана на основании оценки результатов операции «нестандартный» David.
3. Описание техники выполнения, оценка ранних и среднеотдаленных результатов, а также определение показаний к выполнению операции «Русский конduit».
4. Оценка применимости и определение показаний к выполнению операции Росса в когорте пациентов с аневризмой корня аорты, сочетающейся с аннулоаортальной эктазией.
5. Сравнительная оценка гемодинамических параметров на аортальном клапане в среднеотдаленный период наблюдения после различных вмешательств на корне аорты.
6. Разработка современной стратегии хирургического лечения различных морфологических и клинических вариантов патологии корня аорты с учетом внедрения в практику операций «Русский конduit» и «защищенный Росс».
7. Формирование практических рекомендаций, позволяющих повысить воспроизводимость операций и оптимизировать хирургическую технику при лечении патологии корня аорты.

Научная новизна.

Представленное исследование, включившее большой клинический материал (183 пациента) и весь спектр показаний к хирургии корня аорты, является первой отечественной работой, где на основании сравнительной оценки результатов различных вмешательств, разработана универсальная стратегия лечения патологии проксимального отдела грудной аорты. В анализ включены все современные, применяемые хирургические подходы, такие как: операция Бенталла-Де Боно, «классическая» процедура David, «нестандартный» David, операция «Русский конduit», операция Росса и другие. Для реализации целей и задач работы сформулированы конкретные первичные (ранняя послеоперационная летальность, кумулятивная выживаемость, свобода от реопераций, частота аортальной регургитации 2 ст и выше в среднеотдаленные сроки) и вторичные (длительность ИК, пережатия аорты, пребывания в ОРИТ и в стационаре, суммарный объем кровопотери, частота реторакотомий по поводу кровотечений и др.) конечные точки исследования, продемонстрированы данные о сопоставимости групп.

Доказаны всесторонние преимущества процедуры David в сравнении с операцией Бенталла-Де Боно у пациентов с отсутствием поражения створок аортального клапана.

Продемонстрирована более высокая частота значимой резидуальной аортальной недостаточности после одномоментной с реконструкцией корня аорты, пластики створок - 37,9%, в сравнении со стандартной процедурой David - ОШ 5,65 (ДИ1,58 - 20,24), «Русский конduit» - ОШ 7,33 (ДИ1,44 - 37,27) и «защищенный Росс» - ОШ 7,84 (ДИ1,61 - 39,55)..

Доказано, что операция «Русский конduit», предполагающая протезирование корня аорты синтетическим протезом, содержащим створки из аутологичного перикарда, значимо не уступает по безопасности, долговечности и гемодинамическим параметрам, классической процедуре David и модификации «защищенный Росс».

Продemonстрировано, что при правильном определении показаний к операции, модификация «защищенный Росс» применима у пациентов с аневризмой корня аорты и демонстрирует лучшие клинические исходы в среднеотдаленные сроки в сравнении с другими методиками.

Теоретическая и практическая значимость.

Исследование проведено с использованием современных и корректных статистических методов. Анализ подвергнуты как предоперационные данные пациентов, так и интра-/ранние послеоперационные исходы, а также результаты наблюдения в среднеотдаленном периоде. На основании оценки результатов различных вмешательств определены оптимальные для той или иной патологии корня аорты хирургические методы лечения.

Продemonстрировано, что методики протезирования корня аорты с использованием аутологичных тканей, такие как операция «Русский конduit» и модификация «защищенный Росс» могут быть выполнены при любой патологии корня аорты, за исключением ее острого расслоения.

Доказано, что методики протезирования корня аорты с использованием аутологичных тканей демонстрируют полностью сопоставимые с классической операцией David ранние и среднеотдаленные результаты, что касается как клинических, так и гемодинамических исходов.

Определено, что наиболее подходящими кандидатами для выполнения модификации «защищенный Росс» являются более молодые лица с отсутствием коморбидной и тяжелой сопутствующей кардиальной патологии.

Результаты исследования и сформулированные практические рекомендации позволяют хирургам улучшить качество жизни и снизить частоту неблагоприятных кардиоваскулярных событий в когорте пациентов с патологией корня аорты путем внедрения методов клапансохраняющих методик, а также протезирования с использованием аутологичных материалов. В работе детально представлены технические аспекты хирургии корня аорты, такие как количество и способы наложения швов,

рекомендации по использованию шовного материала, размеров протезов и подготовки аутологичного материала, повышающие воспроизводимость уже известных методик. Полученные результаты позволяют спрогнозировать риск того или иного вмешательства в зависимости от показаний и исходной клинической тяжести пациента.

Методология и методы исследования

Представленное исследование включило ретроспективный анализ 183 пациентов, подвергшихся хирургическому лечению по поводу патологии корня аорты. Группа 1 включила 41 больного с трехстворчатой анатомией АК и отсутствием структурного поражения створок, перенесших процедуру David. Группа 2 – 29 пациентов с трехстворчатой или бicuspidальной анатомией АК и частичным структурным поражением створок, перенесшие процедуру David с дополнительным пластическим вмешательством на нативных створках. Группу 3 составили 26 больных с патологией корня и восходящей аорты, имевших значимое поражение АК, которым выполнена оригинальная процедура «Русский конduit». Группа 4 включила 33 пациента с патологией корня и восходящей аорты, а также значимым поражением АК, перенесшие процедуру «Reinforced Ross» - «защищенный Росс». Когорта 5 явилась группой контроля и сформирована из 54 больных с патологией корня и восходящей аорты, имевших значимое поражение АК, которым выполнена стандартная процедура Бенталла-Де Боно с использованием механического протеза.

Для сравнения представленных хирургических подходов использовались следующие основные точки контроля:

- ранняя послеоперационная летальность;
- кумулятивная выживаемость в среднеотдаленные сроки
- кумулятивная свобода от реопераций в среднеотдаленные сроки;
- частота аортальной регургитации 2 ст и выше в среднеотдаленные сроки;

- кумулятивная свобода от повторных сердечно-сосудистых событий в среднеотдаленные сроки.

Исследование выполнено с применением принципов доказательной медицины, с использованием одномерных и многомерных методов статистического анализа.

Положения, выносимые на защиту:

1. Клапансохраняющая операция David в сравнении с классической процедурой Бенталла-Де Боно демонстрирует лучшие клинические исходы и среднеотдаленную выживаемость.
2. Операция «Русский конduit» позволяет выполнить реконструкцию аортального клапана и улучшить качество жизни пациентов с аневризмой восходящей аорты и дегенеративными изменениями аортального клапана, обеспечивая сопоставимую с классической операцией Бенталла - Де Боно свободу от реопераций, выживаемость, а также лучшие гемодинамические параметры в ранние и среднеотдаленные сроки наблюдения.
3. Операция David в группе пациентов с бicuspidальной анатомией аортального клапана и/или частичным кальцинозом створок связана с сомнительными гемодинамическими исходами, свободой от реопераций, выживаемостью, а также высоким риском значимой регургитации в ранние и среднеотдаленные сроки наблюдения.
4. Модификация «Защищенный Росс» применима для лечения патологии корня аорты у более молодых лиц с отсутствием коморбидной и тяжелой сопутствующей кардиальной патологии.
5. В настоящий момент, реконструктивные и клапансохраняющие операции при аневризмах восходящей аорты и компретации аортального клапана могут быть выполнены всем пациентам, не имеющим противопоказаний к вмешательствам в условиях искусственного кровообращения и пролонгированию времени ишемии миокарда.

Степень достоверности и апробация работы

Основные положения работы доложены на 4 конгрессах и съездах: XXVII Всероссийский съезд сердечно-сосудистых хирургов (2021 г); XXIV Ежегодная Сессия НМИЦ ССХ им. А.Н. Бакулева (2021 г); XII Ежегодная международная конференция «Гибридные технологии в лечении сердечно-сосудистых заболеваний» (ФГБУ «НМИЦ кардиологии» МЗ РФ, 2021 г); "Baku Heart Days" VII International Congress (2021 г).

По результатам проведённого исследования опубликовано 17 печатных работ в журналах, рекомендованных ВАК Минобрнауки РФ для публикации результатов кандидатских и докторских диссертаций. В том числе, опубликовано 5 печатных работ в зарубежных изданиях, индексируемых в базах Scopus и Web of Science.

Реализация результатов работы:

Научные положения, практические рекомендации внедрены в клиническую практику и нашли применение в клинике факультетской хирургии № 1 ФГАОУ ВО Первый МГМУ им. И.М. Сеченова Минздрава России, занимающейся лечением патологии корня аорты. В частности, в последние годы в отмеченных клиниках в когорте пациентов с патологией корня аорты минимализировано количество классических процедур Бенталла-Де Боно и выполняются в основном реконструктивные и клапаносохраняющие вмешательства. Результаты, полученные при выполнении этого исследования, могут быть использованы в других кардиохирургических центрах страны.

ГЛАВА 1. ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ

Введение. Аневризма корня аорты (АКА) — это многофакторное заболевание, в основе которого лежат различные переменные, связанные как с генетикой, так и с приобретенными состояниями [1]. Так, у пожилых пациентов имеет место атеросклеротическое происхождение таких аневризм, а предрасполагающими факторами являются артериальная гипертония, гиперхолестеринемия, сахарный диабет и курение. Частота встречаемости аневризм корня аорты увеличивается у лиц с синдромами Марфана, Лойса-Дитца, Элера-Данлоса IV и Тернера (при семейных заболеваниях аорты), а также у пациентов с оперированными или неоперированными врожденными пороками сердца (ВПС) [2,3]. Кроме того, в литературе описаны менее частые причины АКА такие как болезнь Такаясу, гигантоклеточный артериит, болезнь Бехчета, анкилозирующий спондилит, ревматоидный артрит и инфекционный аортит [2].

В контексте показаний к хирургии АКА рассматривается несколько вопросов: размер аневризмы и его годовой прирост, риск разрыва или расслоения, несостоятельность аортального клапана, вызванная анатомо-функциональной дисфункцией корня или сопутствующим аортальным пороком, а также компрессия близлежащих структур [4]. Распространенность значимой аортальной недостаточности (АН) в когорте АКА согласно исследованию Framingham составляет 13% для мужчин и 8% для женщин [5]. При рассмотрении вопроса сочетания порока аортального клапана и АКА особое внимание следует уделить группе пациентов с бicuspidальной анатомией (БАК): аневризмы в этой когорте присутствуют примерно в 50% случаев [6].

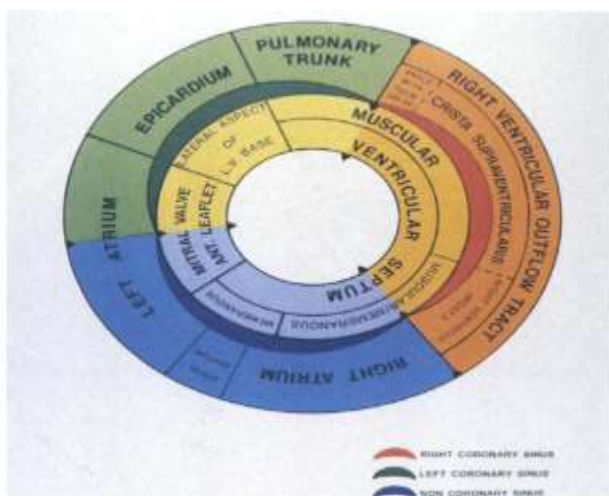
Классическим хирургическим подходом для пациентов с АКА и компретацией аортального клапана (АК) является композитное протезирование корня аорты с использованием клапаносодержащего кондуита (биологического или механического) по методике Бенталла-Де Боно [7]. Данная процедура оставалась «золотым» стандартом для этой

категории пациентов на протяжении десятилетий. Несмотря на превосходные ранние послеоперационные результаты, пациенты, перенесшие операцию Бенталла-Де Боно, имеют долгосрочный кумулятивный риск, связанный с тромбоэмболическими событиями, инфекционным эндокардитом, структурным и неструктурным повреждением протеза, а также с антикоагулянтной терапией [8]. Аналогичные факторы риска в когорте пациентов с митральными пороками послужили толчком для развития пластики митрального клапана (МК) в 80-х годах 20 века [9]. Клапаносберегающие вмешательства на МК нивелировали необходимость в антикоагулянтной терапии и уменьшили осложнения, связанные с протезированием [10]. Первой важной «вехой» в развитии пластики АК было рассмотрение ее в контексте патологии корня аорты, а «пионерами» методики по праву считаются Т. David и М. Yacoub, описавшие способы ремоделирования и реимплантации корня в начале 1990-х годов [11,12,13]. Последние 15 лет ознаменовались развитием систематизированных подходов к восстановлению створок АК, появлением классификации АН, ориентированной на реконструкцию клапана, а также публикацией отдаленных результатов первых клапаносберегающих операций, что способствовало продвижению их вперед, перенаправив значимую часть пациентов, нуждающихся в процедуре Бенталла-Де Боно, в свою пользу [14,15,16,17,18,19,20]. Кроме того, появились данные о возможности имплементации технологий операции Росса и аутоперикардальной некуспидизации для лечения больных с тяжелой деструкцией АК (например, при БАК) в сочетании с АКА [21,22]. Таким образом, мы находимся на этапе, когда каждый пациент с АН или пороком АК, сочетающимся с АКА, должен, по крайней мере, рассматриваться и оцениваться на предмет сохранения/восстановления клапана. В данном обзоре будут рассмотрены вопросы хирургической анатомии корня аорты, показаний и противопоказаний к реконструктивным или

клапаносохраняющим вмешательствам, а также технические особенности и результаты большинства методик, применяемых в данной когорте.

Хирургическая анатомия корня аорты. Корень аорты считается «центральный элементом» сердца или «мостом» между левым желудочком и восходящей аортой. С внутренней и внешней поверхности КА связан со всеми камерами сердца, левым желудочком, левым предсердием, правым желудочком и правым предсердием (рис.1) [23]. Точное знание его специфической анатомии является фундаментальным в хирургии КА в целом, и в сохранении и/или восстановлении АК, в частности. Корень аорты охватывает АК, соединяется с основанием передней створки МК и дает начало коронарным артериям [24]. Помимо основной анатомической функции, КА участвует в процессе взаимодействия створок с синусами Вальсальвы (СВ) и в регуляции динамики кровотока в течение полного сердечного цикла [25,26]. Несмотря на то, что КА хорошо изучен с анатомической точки зрения, по сей день существуют споры о том, как лучше его описать с позиции отдельных компонентов и с конкретной ссылкой фиброзное кольцо (ФК) [27].

Рисунок 1. Взаимосвязь корня аорты с близлежащими структурами сердца – схема Sud A и коллег [23].



Фиброзное кольцо аортального клапана. Основные концепции, определяющие ФК АК представлены в Табл. 1

Таблица 1. Основные концепции, дающие представление об анатомии ФК АК

Первый автор	Год публикации	Концепция
El Khoury [28]	2005	Концепция функционального кольца: (I) синотубулярное соединение (СТС); (II) полулунные зоны прикрепления створок (III) виртуальная линия, соединяющая надир каждой створки с зоной комиссур;
Boodhwani [29]	2013	Концепция функционального кольца: (I) СТС; (II) вентрикуло-аортальное соединение (ВАС)
Kunzelman [30]	1994	СТС и ВАС приблизительно пропорциональны в диаметре, причем СТС обычно примерно на 10-15% меньше, чем ВАС
Messika-Zeitoun D [31] Hagendorff [32]	2010 2018	Концепция виртуального базального кольца (ВБК), образованного надирями каждой створки, соединяющихся в круглой форме
De Paulis [33]	2019	Концепция четкой трехмерной формы кольца

Представленные в таблице 1 концепции El Khoury [28], Boodhwani [29] и Kunzelman [30] имеют практическое значение для понимания сложности анатомии корня аорты в контексте реконструктивной хирургии корня аорты. Стоит отметить, что для хирургов в повседневной практике ФК аорты представляет собой место крепления створки к стенке аорты, анатомически иллюстрирующее разделение между левым желудочком и синусами Вальсальвы [34]. Концепция виртуального базального кольца (ВБК), образованного надирями каждой створки, соединяющихся в круглой форме, отражает эхокардиографический и радиологический взгляд на анатомию КА [31,32]. В недавнем обзоре De Paulis и коллег объединены концепции

понимания анатомии КА с радиологической и хирургической точек зрения (рис.2,3) [33].

Рисунок 2. Эхокардиографический взгляд на анатомию корня аорты [33].

На рисунке показаны три основных диаметра корня. А: диаметр СТС, измеренный на уровне сужения между корнем и восходящей аортой; В: диаметр синусов Вальсальвы, измеренный на уровне максимального их выпячивания; С: диаметр ВБК, измеренный путем соединения нижних частей створок (это эхокардиографический параметр, который используется для измерения диаметра кольца аорты).

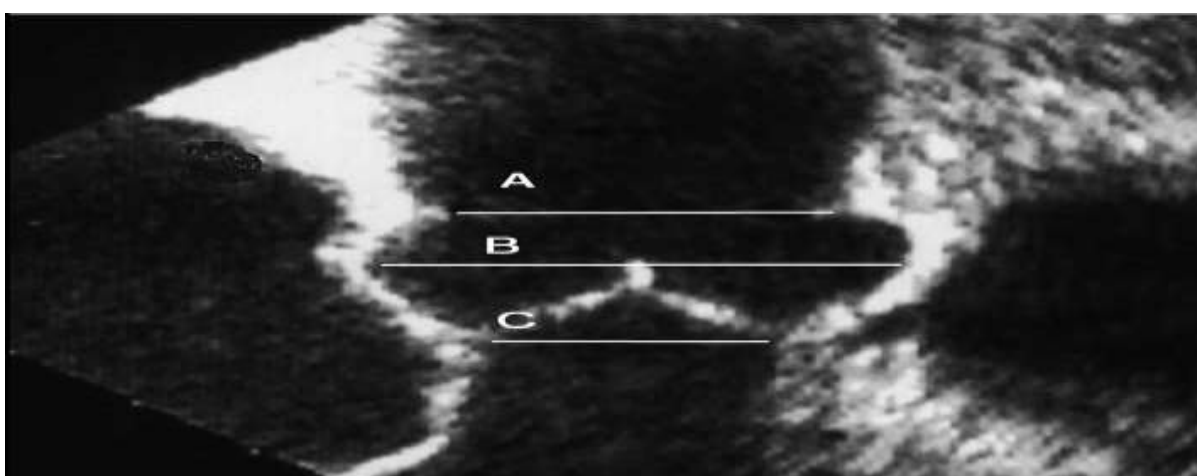
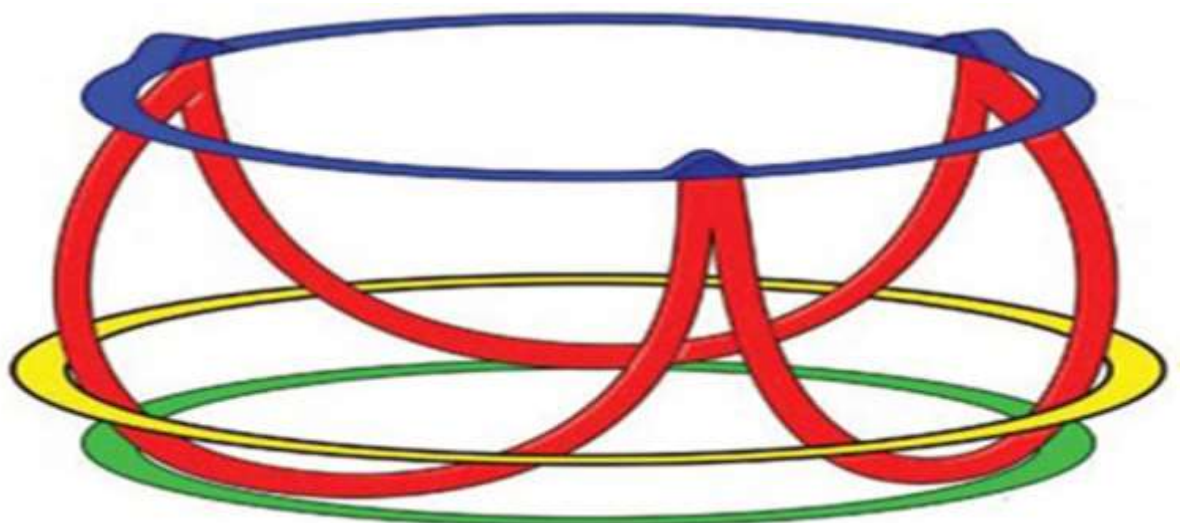


Рисунок 3. Концепция функционального кольца аорты [33].

Синяя линия – СТС, красная линия – зона крепления створок, желтая линия – ВАС, зеленая линия - ВБК



Зона прикрепления створок к стенке аорты представляет собой 3 полулунные линии, образующие корону [28]. Створки АК представляют собой гемодинамическую границу, отделяющую выводной отдел левого желудочка (ВОЛЖ) от артериальной системы. Таким образом, КА является гемодинамическим кольцом, не совпадающим топографически с анатомической пограничной линией, отделяющей ВОЛЖ от артериальной системы. Анатомическая граница отчетлива в области ВАС, то есть в месте, где ВОЛЖ соединяется с тканями аорты. Верхним порогом диаметра ФК АК, допустимым для выполнения реконструкции нативного клапана без укрепления кольца, является 25 мм [35,36].

Синотубулярное соединение. СТС связывает трубчатую часть восходящей аорты с зоной комиссур и синусов Вальсальвы [29]. Со стороны просвета аорты СТС представляет собой слегка утолщенный гребень со слегка треугольным или зубчатым контуром. Синотубулярное соединение играет важную роль в архитектуре КА и работе клапана, являясь частью функционального кольца. Несмотря на увеличение площади СТС с возрастом и манифестацией гипертонической болезни (ГБ), его диаметр составляет примерно 75% от максимального диаметра синусов Вальсальвы [37,38]. В свою очередь, диаметр ВАС на 10-15% меньше диаметра СТС [30], а ВБК больше ВАС с коэффициентом 1,3 [28]. Несоответствие соотношения между СТС и ВБК является частой причиной аортальной регургитации, а восстановление правильного соотношения - фундаментальным шагом при клапаносберегающей операции.

ВАС и ВБК. Как отмечено выше, ВАС представляет собой зону, где структуры желудочков (мышечная и мембранозная части межжелудочковой перегородки (МЖП), митрально-аортальный контакт) соединяются с артериальной системой. Схематически ВАС можно представить в виде относительно округлой линии, образованной соединением основания межстворочных треугольников с нижней третью синусов Вальсальвы, тотчас выше надиров створок [39]. В контексте ВАС, следует отметить, что каждая

из трех створок имеет различные отношения с митрально-аортальным контактом и МЖП [40]. Так, мышечные волокна ЛЖ образуют стенку КА на уровне правого коронарного синуса, левой/правой комиссуры и участка левого коронарного синуса по направлению к правому синусу. Мембранозная часть МЖП переходит на комиссуру между правой коронарной (ПКС) и некоронарной створками (НС), а некоронарный синус связан с митрально-аортальным контактом. С гистологической точки зрения, ВАС имеет переменную толщину по окружности корня аорты, что связано с наличием мышечных включений и утолщением соответствующей части корня [41]. Комиссура между ПКС и левой коронарной створкой значительно толще (максимальная толщина составляет 4,6 мм) по сравнению с теми частями, которые контактируют с митрально-аортальным контактом и мембранозной частью МЖП. Таким образом, общая средняя толщина КА составляет примерно 3 мм. При рассмотрении анатомии КА важно различать ВАС и ВБК [33]. ВАС — это реальная анатомическая область, определяемая определенной гистологической структурой. В свою очередь, ВБК, как отмечено выше, представляет собой виртуальную линию, расположенную внутри ВОЛЖ и проходящую через надкрышки створок. Тем не менее, именно ВБК является эхокардиографическим параметром, используемым для измерения диаметра кольца аорты [32]. Результаты последних КТ-исследований продемонстрировали, что ВБК имеет эллиптическую форму, что следует учитывать при проведении оценки диаметра ФК АК в ходе трансторакальной эхокардиографии (ТТЕ) [42,43]. Следовательно, оценка истинных размеров ФК АК должна проводиться не на основании измерений по малому или большому диаметру, а путем проведения биссектрисы.

Створки. В данном подразделе мы подробно остановимся на оценке размеров створок по отношению к КА в нормальном трикуспидальном АК. Конфигурация створок неразрывно связана с диаметром КА и, собственно, их размером [44]. Общая площадь створок примерно на 40% превышает КА, при этом наибольшая площадь измеряется в некоронарной створке, а наименьшая

- в ЛКС [45]. Это наблюдение является фундаментальным для понимания механизма коаптации АК, основанной и на правильном соотношении между общей площадью корня и поверхностью створки. Ширина и высота – это интегральные переменные, детерминирующие размеры створок. Измерение ширины створок основано на оценке длины свободного края, измеряемого путем ТТЕ, однако данный параметр зачастую недоступен *in vivo* [46,47]. Учитывая наличие разногласий относительно оценки высоты створок, Schäfers Н и коллегами предложено 2 разных понятия, такие как эффективная и геометрическая высота [44]. Конфигурация аортального клапана, по видимому, соответствует постоянной схеме с определенной разницей в высоте между коаптирующими краями и фиброзным кольцом, что называется эффективной высотой, и соответствует величине 9-10 мм (у взрослых) в фазу диастолы [48]. Большинство авторов использует данный параметр в качестве показателя степени пролапса створок, и включают его в рутинную оценку конфигурации клапана [49,50]. В свою очередь, геометрическая высота представляет собой интеграл расстояний между фиброзным кольцом аорты и свободным краем створки [44]. Следует отметить, что в отношении геометрической высоты мнения различных авторов разделились (Таб. 2).

Таблица 2. Результаты измерения геометрической высоты створок нормального трикуспидального АК по данным различных авторов

Первый автор	Год публикации	Тип исследования (in vivo/in vitro – секция)	Медиана геометрической высоты (мм)
<i>Bierbach [51]</i>	2010	in vivo	17
<i>Swanson WM [52]</i>	1973	in vitro	17
<i>Kunzelman [30]</i>	1994	in vivo	14
<i>Thubrikar [46]</i>	2005	in vivo	19,6
<i>Vollebergh [47]</i>	1977	in vitro	14
<i>Silver [37]</i>	1985	in vitro	15
<i>Schäfers [44]</i>	2013	in vivo	16-21

Возвращаясь к отношению между размерами корня аорты и створками, следует отметить, что Swanson WM и Clark RE, по результатам исследования 8 трупных сердец, выявили зависимость между диаметром ФК АК и геометрической высотой створок [52]. Отечественные авторы Одинокова и коллеги, обследовав 54 трупных сердец, выявили достоверную корреляцию между всеми параметрами створок клапана аорты и длиной окружности аорты на уровнях желудочково-аортального соединения, синусов Вальсальвы и синотубулярного соединения [53].

Синусы Вальсальвы. Синусы Вальсальвы определяются как трехмерное пространство корня аорты, окружающее створки аорты. В поперечном сечении три выпуклости представляются в форме клевера, значительно превышающего в диаметре зону СТС и ВАС [54]. Несмотря на кажущуюся простоту зону синусов Вальсальвы, их истинная анатомия сложна и характеризуется некоторой ассиметричностью. Левый коронарный синус является меньшим по размеру, тогда как правый коронарный и некоронарный идентичны [55]. По другим данным, некоронарный синус зачастую оказывается самым высоким и большим [54]. Фактически, КА естественным образом повторяет кривизну восходящей аорты, при этом между плоскостями СТС и ВБК отмечается наличие угла наклона в $5,5\text{--}11^\circ$ [54,55]. Синусоподобное пространство способствует нормальному движению створок АК во время сердечного цикла. Синусы Вальсальвы играют важную роль во взаимодействии между кровотоком и створками аорты, уменьшая систолическую потерю энергии при прохождении через АК и увеличивая диастолическую коронарную перфузию. Кроме того, наличие синусоподобного пространства снижает нагрузку на устья коронарных артерий после их реимплантации [56,57].

Корень аорты и патофизиология аортопатии при бicuspidальном аортальном клапане. Бicuspidальный аортальный клапан (БАК) — это распространенный врожденный порок сердца, характеризующийся

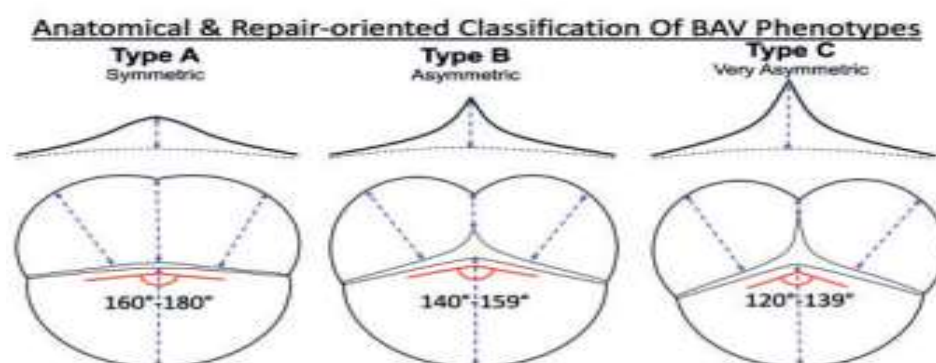
неравенством размеров створок, центральным отверстием и гладкими свободными краями створок. С целью систематизации анатомических знаний о бicuspidальной анатомии АК в рамках концепции клапаносохраняющих операций, разработано несколько классификаций, представленных в Таблице 3. Большинство представленных классификаций основаны на паттерне сращения створок и наличия/отсутствия шва (рудиментарной комиссурой).

Таблица 3. Существующие классификации БАК.

Первый автор	Год публикации	Типы БАК
<i>Brandenburg [58]</i>	1983	тип 1 – сращение ПКС и ЛКС (R-L); тип 2 – сращение ПКС и НС (R-N); тип 3 – ЛКС и НС (L-N)
<i>Sadee [59]</i>	1992	тип 1 - истинно бicuspidальные АК; тип 2 - бicuspidальные АК со швом; тип 3 - бicuspidальные АК с дополнительным углублением свободного края сращенной створки
<i>Tokunaga [60]</i>	1992	тип 1 - истинно бicuspidальные АК; тип 2 - тип 1+наличие шва в ПКС; тип 3 – бicuspidальный АК представлен передней и задней створки, оба коронарных устья находятся в переднем синусе; тип 4 - тип 3+шов передней створки
<i>Sievers [61]</i>	2007	тип 0 – истинно бicuspidальный АК (без шва); тип 1 – бicuspidальный АК с одним швом; тип 3 - бicuspidальный АК с двумя швами
<i>Schaefer [62]</i>	2008	тип 1 – сращение ЛКС и ПКС; тип 2 – сращение ПКС и НС; тип 3 – сращение ЛКС и НС;
<i>Kang [63]</i>	2013	тип 1 – сращение ПКС и ЛКС; тип 2 – единая створка (ЛКС и ПКС) и НС
<i>de Kerchove [64]</i>	2019	тип А – симметричный фенотип; тип В – асимметричный фенотип; тип С – выражено асимметричный фенотип;
<i>Michelena [65]</i>	2021	тип 1 – незначительное сращение створок; тип 2 – сращенный БАК, очень асимметричный; тип 3 – сращенный БАК, асимметричный; тип 4 – сращенный БАК, симметричный; тип 5 – сращенный БАК без рудиментарной комиссуры; тип 6 – симметричный БАК с 2 синусами антеролатеральный; тип 7 - симметричный БАК с 2 синусами латеролатеральный

Следует отметить, что многие из существующих классификаций несут описательный характер и не могут служить в качестве руководства при выполнении пластики бicuspidального АК. Этот аргумент касается, в том числе, данных, продемонстрированных Sievers и коллегами, являющихся наиболее цитируемыми в мировой литературе [61]. Более перспективной представляется классификация de Kerchove и коллег, взявших за основу такие параметры как ориентация комиссур, длина спаяния створок и высота нефункциональной комиссуры (рисунок 3) [64]. Подобное разделение бicuspidального клапана по симметричности больше ориентировано на практическую реализацию клапаносохраняющих вмешательств, однако, по мнению самих авторов, применимость этих данных для различных подходов к пластике должна быть еще доказана. Наиболее современной и оптимизированной классификацией, учитывающей как анатомические, так и хирургические аспекты, является консесусная классификация Michelena и коллег, опубликованная в 2021 г [65].

Рисунок 4. Хирургическое фенотипирование БАК, предложенное de Kerchove и коллегами [64].



В когорте пациентов с БАК, помимо высокого риска дисфункции клапана и необходимости в его протезировании в течение всей жизни (50-

75%), наблюдается значимая частота компротации корня и восходящей аорты с наличием показаний к вмешательствам на этой зоне в 25% случаев [66,67]. Для облегчения понимания механизмов аортопатии при бикуспидальной анатомии АК, в систематическом обзоре Yassine и коллег проведена систематизация путем разделения такой аортопатии на фенотип дилатации ВА и КА [68].

Фенотип дилатации восходящей аорты. Наиболее частыми клиническими находками БАК являются систолический шум или кальцификация клапана, возникающие в возрастной категории старше 50 лет, в среднем на 15 лет раньше когорты с трикуспидальным АК [69]. Высокоскоростной и турбулентный эксцентричный поток через стенозированный клапан вызывает изменение напряжения области СТС [70]. Вместе с тем, некоторыми авторами продемонстрировано изменение характера потока в данной зоне даже при отсутствии стеноза БАК [71]. В недавних исследованиях доказана связь между спаянием ПКС и ЛКС с дилатацией ВА [72,73], однако другие авторы отмечают, что связь между морфологией БАК и фенотипом аорты слабая [74]. Тем не менее, на сомнительность гипотезы гемодинамического механизма расширения ВА в когорте БАК, указывает продолжающаяся после протезирования АК дилатация аорты [75,76]. Фенотип аорты идентифицируется в 70% случаев [65].

Фенотип дилатации корня аорты. В когорте пациентов с БАК отмечается 15% встречаемость расширения корня аорты с компротацией синусов Вальсальвы, ФК и СТС [77]. Такие пациенты обращаются за медицинской помощью в более молодом возрасте даже при отсутствии гемодинамически значимых изменений на клапане. Фенотип дилатации корня аорты часто связан со спаянием ПКС и ЛКС [72], однако данный факт подвергнут сомнениям некоторыми авторами [74]. Механизм дилатации КА при БАК отличается от такового при расширении ВА, возникая не на фоне

гемодинамических перегрузок, а являясь следствием первичного структурного повреждения корня и кольца аорты в рамках ВПС [68].

В совместном консесусном заявлении Michelena и коллег выделяют также расширенный фенотип, включающий расширение корня, восходящей аорты и дуги, а наиболее распространенными типами являются КА+ВА и ВА+дуга [65].

Рассматривая механизмы развития аортопатии при БАК, следует отметить, что некоторые исследования демонстрируют генетическую связь между данным пороком и расширением/аневризмой КА и ВА [78,79]. Вместе с тем, на сегодняшний день единственным доказанным локусом, детерминирующим бicuspidальную анатомию АК, является GATA4, который никак не связан с расширением аорты [80].

Базовые принципы реконструкции нативного АК.

Экспозиция. Первый этап реконструктивного вмешательства на аортальном клапане включает в себя систематическую оценку анатомии створок и корня аорты для определения природы дисфункции и формирования окончательного плана операции [81]. При экспозиции и интраоперационной оценке должны учитываться особенности, присущие аортальному клапану. Как отмечено выше, в отличие от митрального клапана, аортальное фиброзное кольцо имеет больше структурных составляющих, таких как синотубулярный и аортовентрикулярный диаметры [48].

Наиболее подробно подходы к экспозиции и оценке анатомии клапана рассмотрены и систематизированы в работе Schäfers H [81]. Диаметры фиброзного кольца, синотубулярной зоны и синусов, должны быть оценены до пережатия аорты при помощи транспищеводной эхокардиографии. С целью экспозиции чаще используется поперечная аортотомия на 5-10 мм выше синотубулярной зоны, для предупреждения деформации корня аорты. В случае наличия сомнений, целесообразно вести разрез немного выше указанного, чтобы избежать повреждения комиссур и, как следствие,

необратимых нарушений структуры клапана. Для имитации физиологической формы корня, возможно наложение швов «держалок» на каждую из комиссур (полипропиленовая нить 4,0), что может также помочь в сохранении круговой ориентации комиссур при коррекции. Данные нити должны находиться в состоянии умеренного натяжения для экспозиции вверх и наружу. Оценка клапана начинается с определения ориентации комиссур, что имеет большое значение в случае двухстворчатой анатомии. С целью исключения или определения деформации створок, необходимо измерение геометрической высоты каждой из них, особенно в случае с три- или квадрикуспидальной анатомией клапана. При двухстворчатом строении измеряется лишь геометрическая высота несаянной (свободной) створки (чаще некоронарной), по причине большой анатомической вариабельности скомпromетированных (спаянных) створок. Опыт показывает, что нарушения коаптации отсутствуют при величине геометрической высоты до 17 мм для трехстворчатого клапана, и до 20 мм – для бикуспидального.

При визуальном осмотре следует измерять относительную высоту свободных краев створок с целью идентификации пролапса. При этом субъективная оценка лучше всего дополняется измерением эффективной высоты с использованием градуированного штангенциркуля (разработан Sheffers) [81]. Полученную величину следует сопоставить с эхокардиографическими данными, что обеспечивает объективную и количественную оценку конфигурации створок [82]. Диаметр фиброзного кольца надежнее всего измерять путем прямой интубации с использованием бужа Гегара или аналогичного градуированного инструмента [81]. Как итог, у большинства пациентов диаметр фиброзного кольца, оказывается больше измеренного по данным эхокардиографии.

Хирургическая техника: коррекция пролапса

Пролапс створок без деформации – частая находка у пациентов со значимой недостаточностью трехстворчатого аортального клапана. Генерализованный пролапс может быть результатом миксоматозной дегенерации, приводящей к

удлинению ткани створок в горизонтальной плоскости [83]. Нечастой причиной или усугубляющим фактором выраженной регургитации служат врожденные перикомиссуральные фенестрации. Данные фенестрации не являются основной причиной недостаточности, в случаях, когда они располагаются вне зоны коаптации створок. Однако поскольку фенестрации находятся в той части створок, которая испытывает наибольшее напряжение, тонкая нить, соединяющая свободный край с комиссурой, может расширяться вплоть до разрыва, что приводит к деформации клапана и пролапсу [81].

Пролапс является почти регулярной находкой у пациентов с бicuspidальной анатомией, что обусловлено спаянием створок. Кроме того, есть вероятность, что длительная умеренная регургитация может усугублять пролапс в бicuspidальном аортальном клапане, создавая тем самым «порочный» круг [84].

Целью коррекции пролапса является устранение избыточности тканей на уровне свободного края и смежных частей створок. Некоторые авторы предлагают дополнять пластику швами из PTFE по свободному краю створок, причем удовлетворительные среднесрочные результаты этой методики публикуются по сей день [85].

Наиболее распространенной методикой, с широко представленными результатами, является коррекция пролапса путем шовной пликацией центральных частей свободных краев створок [15]. Данный подход представляется оправданным с точки зрения распределения наибольшего напряжения в аортальном клапане. Пликационные швы должны захватывать такое количество тканей, которое обеспечит максимальное напряжение комиссур. В случае, когда пролапс обусловлен изменением свободного края одной из створок, за основу реконструкции берется интактная створка, а избыточная ткань может быть устранена путем наложения полипропиленовых швов (5-0 или 6-0) на равном расстоянии от комиссур. Пролапс, обусловленный нарушением двух или трех створок, представляется

более сложным для оценки и коррекции. В таких ситуациях целесообразно измерять эффективную высоту каждой из них при помощи градуированного штангенциркуля, причем любое значение менее 9 мм (при отсутствии деформации ткани створки) считается ненормальным. Наименее подверженной растягиванию створкой является левая коронарная, а наиболее – некоронарная. В случае вовлеченности в пролапс трех створок, две, наименее растянутые, должны быть скорректированы на основании величины отклонения от нормальной эффективной высоты, а третья – по описанной выше методике. Использование одного или нескольких отдельных полипропиленовых швов (5-0 или 6-0), позволяет устранить избыток тканей в области свободных краев. Кроме того, если избыточная ткань распространяется на тело створки (определяется по складке, возникающей непосредственно в створке), пликационные швы могут накладываться глубже свободных краев. При этом резекция створок возможна, но нежелательна. Геометрический результат описанных маневров проверяется путем визуального осмотра и оценки относительной высоты свободных краев, а также при помощи повторного измерения эффективной высоты.

Коррекция пролапса при бicuspidальной анатомии аортального клапана представляется менее сложной в сравнении с трехстворчатым строением [84]. Экспозиция клапана идентична, но требует осторожности для предупреждения нарушения ориентации двух истинных комиссур. Оценка клапана начинается с измерения эффективной высоты неспаянной створки. Поскольку уровень крепления к аорте спаянных створок может варьироваться, измерение их эффективной высоты представляется нецелесообразным, а свободный край плицируется с использованием (в качестве ориентира) неспаянной створки. В случае снижения эффективной высоты ниже 10 мм, необходимо плицировать свободный край до получения нормальной величины. После достижения приемлемого значения эффективной высоты неспаянной створки, она становится ориентиром для дальнейшей реконструкции остальных частей клапана. Наложение швов на

свободные края и расположение их на одинаковом расстоянии от комиссур, помогает определить точное количество избыточной ткани створок, подлежащей удалению. Кроме того, это позволяет восстановить приемлемое качество ткани в случае поражения центральной части свободных краев фиброзом или ограниченным кальцинозом. Следующим этапом два соответствующих края спаянных створок адаптируют отдельными полипропиленовыми швами (нить 5-0) до тех пор, пока уровень не достигнет неспаянной части клапана. После удаления швов «держалок», выполняется радиальное натяжение створок по направлению к двум комиссурам и производится повторная оценка относительной высоты свободных краев. В случае необходимости, возможно наложение дополнительных швов. Следует отметить, что в мировой литературе нет определенной тактики касательно рудиментарной комиссуры. Так, если имеется деформация и втягивание неспаянной створки, рекомендуется резецировать ткани в области рудиментарной комиссуры, что может помочь устранить деформацию. В этом случае необходимо соблюдать осторожность во избежание перфорации фиброзного кольца.

Коррекция пролапса при наличии фенестрации створок устраняется иными методами. Врожденные фенестрации локализуются в перикомиссуральных зонах, отличаясь тем самым от эндокардитических перфораций, располагающихся в теле створок. По сообщениям некоторых авторов, эта патология как причина выраженной регургитации встречается чаще бicuspidального аортального клапана [83]. Однако точных данных, касательно распространенности фенестраций в литературе нет, что объясняется трудностью их визуализации. Кроме того, существует термин «стресс-фенестраций», рассматриваемых в контексте расширения корня аорты [86]. Тем не менее, фенестрации являются причиной выраженной аортальной недостаточности у 10% пациентов с нормальными размерами корня, а также выявляются у детей с трикуспидальной анатомией клапана [83].

Фенестрации не являются прямым фактором, ведущим к регургитации, так как располагаются в зоне коаптации створок. Обычное распределение стрессовой нагрузки на створки в фазу диастолы передается на тонкий участок ткани, соединяющий свободный край с комиссурой. Это может приводить к растяжению или разрыву указанного участка, тем самым приводя к пролапсу и регургитации [9].

В последние годы данную патологию предлагают устранять при помощи закрытия фенестраций аутоперикардальными листками, что позволяет нормализовать геометрию створок и распределение нагрузки [87]. Участок аутоперикарда фиксируют на специальном планшете с помощью гемоклипов, затем экспозируют по 3 мин в 1,5% растворе глутаральдегида и в солевом растворе, соответственно. Экспозиция клапана выполняется наложением швов «держалок» на комиссуры, выполняется оценка состояния створок и степень пролапса. Чаще всего выявляется компретация правой коронарной створки, а фенестрации, в большинстве случаев, располагаются в комиссуре между правой и некоронарной створками. В такой ситуации накладываются 2 фиксационных шва на края створок, направляя их, по возможности, по двум нормальным линиям коаптации. Третий шов накладывается через Аранциевы узелки этих створок и фиксируется позади, поддерживая постоянное напряжение в пораженной части правого коронарного лепестка. Заплата из аутоперикарда подшивается к аннулярной части фенестрации нитью полипропилен 6-0, урезается до необходимого размера и дошивается циркулярными швами. При выполнении данной манипуляции необходимо соблюдать осторожность, во избежание какого-либо втягивания ткани створки аутоперикардальной заплатой, что достигается оставлением более широкого участка аутологичного имплантата. После окончания пластики, повторно оценивается конфигурация створок по описанной выше методике. Оставшаяся деформация устраняется наложением пликационных швов между краями створок.

Деформация ткани створок – это ключевой механизм ревматической аортальной регургитации, что чаще встречается у пациентов старшей группы [88]. При этом деформация нарушает как ширину, так и высоту створок. По причине сложности интраоперационной оценки ширины, у этой категории пациентов также применяется методика измерения высоты створок. При ревматическом поражении аортального клапана почти всегда наблюдается утолщение, как свободных краев, так и тел створок.

Несмотря на устоявшееся мнение об однозначной необходимости протезирования у пациентов с ревматическим пороком аортального клапана, ряд ученых описывает методики реконструкции у таких больных. Пластика включает иссечение утолщенных свободных краев, дополнение створок ауто- или перикардальными вставками или синтетическими полосками [88]. Тем не менее, в более ранних исследованиях продемонстрированы неудовлетворительные отдаленные результаты этого вида пластики [89]. Таким образом, предпочтительно исключать вариант пластики нативного клапана у пациентов с деформированными створками и ограничиться его протезированием.

Аннулопластика. Концепция аортальной аннулопластики на протяжении многих лет пропагандировалась по аналогии с митральной пластикой. Последние работы указывают на расширение фиброзного кольца аортального клапана как на фактор риска ухудшения результатов изолированной пластики [90,91]. Ранние исследования показывают, что применение аннулопластики увеличивает шансы на успех в восстановительной хирургии аортального клапана и позволяет достигнуть полной его компетентности [92]. Кроме того, существует тенденция к большей свободе от повторных операций по сравнению с изолированной пластикой.

Базовые принципы аннулопластики АК представлены в работах Lansac и коллег [92,93]. Укрепляющий полоска (PTFE) накладывается по окружности корня аорты на уровне фиброзного кольца и фиксируется

субаннулярными п-образными швами, накладываемые изнутри аорты снаружи (возможно наложение 3 швов в области надиров каждой из створок) [93]. Предпочтительным является наружное расположение данной полоски. Для облегчения доступа необходимо отделить аорту от легочного ствола до уровня фиброзного кольца. Ткань левого предсердия также подлежит отделению от аорты до уровня точки надира или некоронарного синуса. Следующим этапом накладывают двухрядный шов в проекции между правой и левой коронарными створками. Позадиортальную область следует обнажать тупым методом во избежание повреждения ствола левой коронарной артерии. Задняя часть полоски должна накладываться максимально близко к стенке аорты с целью профилактики повреждения огибающей артерии при ее высоком отхождении. Нить завязывается тангенциально в проекции надира некоронарной створки. Передняя часть полоски может проходить в зоне миокарда правого желудочка, спереди от правого коронарного синуса, с профилактикой возможного захвата швом мембранозной части межжелудочковой перегородки. Следует отметить, что аннулопластику необходимо выполнять с использованием бужа Гегара (не более 25 мм) с помещением его в выводной тракт ЛЖ.

Концепции реконструкции бicuspidального АК.

Факторы, детерминирующие долговечность пластики БАК.

Эффективная высота. Разработка и внедрение в практику Schäfers и коллегами специального штангенциркуля для объективной интраоперационной оценки эффективной высоты створки, продемонстрировало, что уменьшение данного параметра на 2 - 3 мм приводит к пролапсу БАК [48]. По этой причине наиболее авторитетные авторы рекомендуют стремиться к эффективной высоте более 8 мм при выполнении реконструкции БАК [94,95].

Геометрическая высота. Показатели геометрической высоты подробно рассмотрены разделе «Хирургическая анатомия корня аорты». В случаях с бicuspidальной анатомией АК у 95% лиц показатель геометрической

высоты составляет ≥ 20 мм (в среднем 24 мм) [44]. Это значение может использоваться в качестве рутинного параметра для обнаружения ретракции створки.

Комиссуральная ориентация. Несколькими авторами продемонстрировано, что наилучшая прочность и лучшие гемодинамические характеристики потока в КА наблюдаются при величине комиссурального угла от 160 до 180° [96,97]. Так, использование стандартных методов пластики у пациентов с комиссуральным углом менее 160° приводило к высоким послеоперационным градиентам и низкой долговечности клапана [96]. В одном из недавних исследований показано, что введение систематической модификации комиссуральной ориентации при пластике БАК улучшает ее результаты [98].

Реконструкция с использованием перикардиальных заплат. Различные исследования показали, что использование перикарда в качестве частичной замены створки является независимым предиктором риска ранней неудачи пластики БАК [96,99,100]. Результаты таких техник неудовлетворительны, несмотря на внедрение в клиническую практику свежего аутологичного перикарда, экспозированного в $0,6\%$ растворе глутарового альдегида.

Современные концепции пластики БАК.

Пластика створок БАК подчиняется правилам базовых принципов реконструкции АК. Наиболее частыми причинами дисфункции в этой когорте является пролапс и кальцинирование. При коррекции пролапса створки БАК следует придерживаться геометрической высоты более 20 мм и правильной комиссуральной ориентации [95]. Комиссуральный угол от 160 до 180° может не подвергаться коррекции. Несмотря на то, что угол менее 160° является детерминантной неблагоприятных исходов пластики [96], выполнение пликации спяной створки от основания до уровня синотубулярного соединения может улучшить гемодинамические показатели и долговечность реконструированного БАК [98,99]. Коррекцию комиссуральной ориентации створок можно также выполнять путем

протезирования корня аорты с формированием 2 симметричных лепестков и углом 180° [98].

Как отмечено выше, около 25% лиц с БАК в течение всей жизни нуждаются во вмешательствах на корне и восходящей аорте [69], а от 40 до 60% страдают той или иной степенью аортопатии [95]. Современные рекомендации постулируют необходимость хирургического вмешательства пациентам с диаметром ВА более 55 мм или более 50 мм в случае с бicuspidальной анатомией АК и наличии факторов риска (неконтролируемая артериальная гипертензия, быстрый рост аорты или семейный анамнез расслоения или разрыва) [62]. Кроме того, протезирование ВА показано пациентам, перенесшим операцию на открытом сердце с диаметром ВА более 45 мм [62]. Стоит отметить, что существующие рекомендации не отражают проблему одномоментного протезирования КА и ВА в случае выполнения пластики АК. В одном из исследований продемонстрировано, что сопутствующая пластике АК замена ВА, улучшает общие послеоперационные результаты и долговечность реконструированного клапана [101]. Рядом авторов рекомендуется выполнение протезирования КА и ВА у пациентов, подвергающихся реконструкции АК с диаметром ВА более 42 мм [95,102,103]. Кроме того, в этих случаях стоит придерживаться концепции формирования комиссурального угла 180° и формирования двух симметричных створок путем пликации [98,99]. Важным моментом также является высокое расположение комиссур.

В вопросе коррекции аннулодилатации у пациентов с БАК указывается на диаметр кольца 26 мм и более, как на норматив, требующий аннулопластики [92]. На ранних этапах для этих целей использовали субкомиссуральные пликационные швы [104], однако позже обнаружено, что их недостаточно для полноценной стабилизации ФК АК [105]. Несмотря на многочисленные опубликованные подходы к аннулопластике БАК, наибольшее распространение получила методика Lansac, где используется экстравальвулярная технология с заплатой из PTFE [92,93].

Коррекция уникуспидального и квадрикуспидального аортального клапана

Более сложными для хирургической коррекции являются врожденные аномалии в виде уникуспидального и квадрикуспидального аортального клапана. Уникуспидальный клапан характеризуется одной (чаще некоронарной или левой коронарной) нормальной створкой и 2 гипоплазированными комиссурами [34]. Правая коронарная створка обычно утолщена и диспластична, а ее крепление к фиброзному кольцу, включая комиссуры, характеризуется как патологическое. Принцип любой реконструкции данной патологии состоит в формировании нормальной конфигурации створок и физиологичной комиссуральной высоты. В литературе описаны техники преобразования уникуспидальной анатомии в трикуспидальную, однако авторы указывают, что данная концепция применима только для ограниченной части клапанов, а интраоперационная конверсия на протезирование составляет 30% [34]. По этой причине некоторые исследователи предлагают модифицировать одностворчатый аортальный клапан в двухстворчатый, используя анатомические детерминанты, характерные для бикуспидальной анатомии [106]. По мере накопления опыта, данная процедура немного видоизменилась с целью создания симметричной двухстворчатой конфигурации [96]. Аорта типично вскрывается в восходящем отделе поперечным разрезом, а фиксационные швы накладываются на ее стенку в проекции естественного расположения комиссур. Кроме того, дополнительный фиксационный шов накладывается напротив нормальной комиссуры, обычно немного левее и спереди от устья правой коронарной артерии. Проводится тщательная ревизия ткани створок – в большинстве случаев широкая часть левой коронарной и некоронарной створок хорошо сохранена. Далее на соответствующие точки свободных краев накладываются швы «держалки», что позволяет определить части клапана, которые имеет нормальную ткань и конфигурацию. Диспластичная и мальформированная правая коронарная створка резецируется вместе с

комиссурами. На стенке корня аорты маркируется проекция передней комиссуры, которая должна быть выше устья ПКА. Следующим этапом готовится два аутоперикардальных лоскута размером около 2 см в ширину и 2,5 см в длину. Лоскуты могут быть обрезаны для придания округлой формы и простоты подшивания к стенке аорты. Для фиксации аутоперикарда применяется непрерывный шов (полипропиленовая нить 5-0), с подшиванием к остаткам ткани створок и стенке аорты, до уровня неокomisсуры. По окончании имплантации створка должна иметь геометрическую высоту не менее 20 мм, а свободные края укорачиваются до достижения эффективной высоты 10 мм [96].

Квадрикуспидальная анатомия аортального клапана – редкая врожденная патология, доля которой среди оперированных пациентов составляет менее 1% [107]. Существует несколько морфологических вариантов четырехстворчатого клапана, часто с одной гипоплазированной створкой по отношению к трем другим. Механизм регургитации заключается в рестрикции ткани створки в области дополнительной комиссуры в сочетании гипоплазией и деформацией. Большинство авторов предлагают конверсию данной анатомии в трикуспидальную или бикуспидальную [107,108]. Это достигается путем отделения одной или двух дополнительных комиссур, а также путем растяжения или замещения створки с целью обеспечения адекватной центральной коаптации. Экспозиция аортального клапана аналогична описанным выше операциям. При наложении фиксационных швов на области комиссур, следует соблюдать осторожность, дабы не нарушить существующую анатомию. Визуальная оценка клапана направлена на выявление одной или двух гипоплазированных комиссур, а измеренная интраоперационно геометрическая высота может послужить в качестве дополнительного параметра. После обнаружения гипоплазированных створок требуется их иссечение. Далее выполняется адаптация прилегающих краев створок отдельными швами нитью полипропилен 5-0 и 6-0. Линия шва переходит по направлению к свободным

краям до достижения эффективной высоты от 9 до 10 мм. Для симметричных квадрикуспидальных аортальных клапанов возможно устранение двух дополнительных комиссур, таким образом, преобразуя их в симметричные бикуспидальные [107].

Показания к вмешательствам на корне аорты.

Обращаясь к рекомендациям по диагностике и лечению различных заболеваний аорты, стоит остановиться на самых последних согласительных документах: Рекомендации Европейского Общества кардиологов по диагностике и лечению заболеваний аорты от 2014 г (ESC-AD 2014) [109], Рекомендации Американского Общества торакальных хирургов от 2013 г (STS-AA 2013) [110], Рекомендации Японской Ассоциации кардиологов по диагностике и лечению аневризм и расслоения аорты [111]. Следует отметить, что в ESC-AD 2014 разделены показания для вмешательств на корне, дуге и нисходящей аорте, тогда как в других руководствах, рекомендации являются общими для всех отделов аорты. В таблице 4 представлены сравнительные данные вышеперечисленных рекомендаций по определению показаний к хирургическим вмешательствам на корне и восходящем отделе аорты.

Таблица 4. Сравнение различных современных рекомендаций относительно показаний к хирургическому вмешательству на корне и восходящем отделе аорты

Рекомендации	ESC-AD 2014	STS-AA 2013	JCS-AD 2011
В случае наличия симптоматической аневризмы грудной аорты без признаков расслоения/разрыва - показано срочное лечение	IC	IC	Аневризма 5–6 см IIaC Аневризма <5 см IIbC
Хирургическое лечение бессимптомной аневризмы КА и ВА показано при максимальном диаметре ВА	≥5,5 см IC	≥5,5 см IC	≥6 см IC
Хирургическое лечение бессимптомной аневризмы КА и ВА показано при увеличении размера аорты	-	> 0,5 см / год IC	> 0,5 см / 6 месяцев (нет класса рекомендац-й)
Пациентам, планируемым на протезирование/реконструкцию АК, следует рассмотреть возможность сопутствующего протезирования КА и ВА при максимальном диаметре аорты	≥4,5 см	≥4,5 см IC	-
Временной интервал для визуализации (КТ или МРТ) при обнаружении аневризмы/расширения КА и ВА	1, 6, 12 месяцев, а затем ежегодно при диаметре <45 мм IC при диаметре 45–54 мм каждые 6 месяцев IC	Через 1, 3, 6 и 12 месяцев после операции; после первого обнаружения аневризмы грудной аорты (нет класса рекомендаций)	В зависимости от диаметра аневризмы и тенденции к увеличению (нет класса рекомендаций)

Обращаясь к проблеме аневризм корня и восходящей аорты у пациентов с синдромом Марфана следует отметить, что в ESC-AD 2014 и STS-AA 2013 рекомендуется вмешательство при максимальном диаметре аорты ≥ 5 см или $\geq 4,5$ см в случае наличия семейного анамнеза, а также при увеличении диаметра > 3 мм/год (IIaC) [109,110]. В свою очередь, рекомендации JCS-AD 2011 указывают на необходимость операции с

максимальным диаметром аорты $\geq 4,5$ см (IIaC) или > 4 см в случае наличия семейного анамнеза [111]. Для женщин с синдромом Марфана, планирующих беременность, согласно ESC-AD 2014 и STS-AA 2013, целесообразно выполнение профилактического протезирования ВА при диаметре >4 см (IIaC) или КА при диаметре $\geq 4,5$ см (IIaC) [109,110].

Современные рекомендации по вмешательствам на аорте у пациентов с аортопатией при БАК представлены в таблице 5.

Таблица 5. Рекомендации по вмешательствам на аорте у пациентов с аортопатией БАК

Рекомендации	Класс/уровень доказательности	Первый автор	Год
Протезирование КА/ВА рекомендуется при диаметре аорты ≥ 55 мм	I/B	Michelena [112] Michelena [68] Etz [113]	2015 2011 2010
Протезирование КА/ВА при диаметре аорты ≥ 50 мм у пациентов с факторами риска (например, фенотип корня или преобладающая недостаточность АК, неконтролируемая АГ, семейный анамнез расслоения аорты/ внезапной смерти или роста аорты > 3 мм/в год)	IIa/B	Michelena [112] Michelena [67] Etz [113]	2015 2011 2010
Протезирование КА/ВА при диаметре аорты ≥ 50 мм может быть выполнено пациентам низкого хирургического риска при наличии опытной хирургической бригады в центре с установленными хирургическими результатами	IIb/C	Wojnarski [114] Masri [115]	2015 2016
Протезирование КА/ВА должно быть выполнено при вмешательстве на БАК при диаметре аорты ≥ 45 мм	IIa/B	Michelena [112] Borger [116] Svensson [117]	2015 2004 2011

В ряде исследований указывается на связь между типом имплантированного протеза и риском аортальных событий в когорте БАК

[118,75,119]. Так, пациенты с умеренным расширением корня аорты, планируемые на механическое протезирование, должны быть рассмотрены на предмет протезирования корня и восходящей аорты. Более молодым пациентам, которым планируется реконструкция клапана или какие-либо биологические имплантаты, возможно воздержаться от вмешательств на аорте при умеренном ее расширении, по причине технической сложности повторного вмешательства [119].

Когорта пациентов с БАК без признаков нарушений клапанной гемодинамики и сопутствующей аортопатией может рассматриваться на предмет выполнения процедуры David, однако, учитывая техническую сложность этого метода реконструкции в случае с двустворчатым клапаном, такое вмешательство должно проводиться хирургами, имеющими значительный опыт классической операции David [120,20].

Текущие клинические рекомендации постулируют необходимость вмешательства на корне и восходящей аорте у пациентов с БАК без значительной дисфункции АК при максимальном диаметре аорты $>5,5$ см и отсутствии каких-либо факторов риска (Класс I, уровень B - 2020 ACC/AHA Guideline; класс I, уровень C - ESC-AD 2014) [69,109]. Несмотря на данные о более высоком риске расслоения аорты в когорте БАК, продемонстрированные Michelena и коллегами [67], точный пограничный диаметр аорты, детерминирующий такой риск, неизвестен. Принятие решения о необходимости вмешательства на аорте усложняет доказанный факт развития расслоения у пациентов с диаметром $<5,5$ см [121].

В текущих клинических рекомендациях указывается на ряд факторов, предрасполагающих к ухудшению течения аортопатии у пациентов с БАК. Так, протезирования корня и восходящей аорты рекомендуется при диаметре 5,0 см и выше и наличии следующих факторов риска: коарктация, семейный анамнез расслоения или быстрый рост аорты ($>3-5$ мм/год) (Класс IIa, уровень C - 2020 ACC/AHA Guideline; класс I, уровень C - ESC-AD 2014) [69,109]. Вмешательство при меньшем диаметре аорты также может быть

рассмотрено у лиц с небольшой площадью поверхности тела или ростом, особенно в когорте синдрома Шершевского-Тернера. Кроме того, замена корня и восходящей аорты может быть выполнена при диаметре аорты 5,0 см, в случае низкого пери- и послеоперационного риска, а также при наличии опытной хирургической бригады, имеющей установленные результаты [115].

Показания для вмешательств на аортальном клапане при различных клинических ситуациях.

В контексте реконструкции корня аорты имеет смысл остановиться на современных показаниях к вмешательствам на аортальном клапане. Для этих целей нами проанализированы современные Американские (2020 ACC/AHA Guideline) и Европейские (2021 ESC/EACTS Guidelines) консенсусные документы [69,122].

Регургитация АК (АР) может быть вызвана первичным заболеванием створок и/или аномалиями КА и геометрии восходящей аорты [122]. АР, возникающая на фоне дегенеративных изменений трикуспидального и бикуспидального АК, является наиболее распространенной этиологией в развитых странах - на их долю приходится примерно 2/3 случаев [123]. Другие причины включают инфекционный и ревматический эндокардит. Острая тяжелая АР чаще всего вызывается инфекционным эндокардитом и реже - расслоением аорты.

В таблице 6 представлены показания к вмешательству на АК при наличии значимой регургитации, согласно 2020 ACC/AHA Guideline и 2021 ESC/EACTS Guidelines.

Таблица 6. Показания к вмешательству на АК при наличии значимой регургитации.

Рекомендация	Класс рекомендаций/ уровень доказательности	
	2020 ACC/ANA Guideline	2021 ESC/EACTS Guidelines
Вмешательство рекомендуется симптоматическим пациентам с тяжелой АР вне зависимости от ФВ ЛЖ	I/B	I/B
У бессимптомных пациентов с хронической тяжелой АР дисфункцией ЛЖ (ФВЛЖ $\leq 55\%$) операция на АК показана, если не выявлено другой причины систолической дисфункции	I/B	-
Пациентам с тяжелой формой АР, которым по другим показаниям проводится операция на сердце, показано вмешательство на АК	I/C	I/C
У бессимптомных пациентов с тяжелой АР и нормальной систолической функцией ЛЖ (ФВЛЖ $> 55\%$) операция на АК целесообразна при значимом увеличении ЛЖ (КСР > 50 мм или индексированный КСР > 25 мм/м ²)	IIa/B	I/B
Пациентам с умеренной АР, которым проводится операция на сердце или аорте по другим показаниям, вмешательство на АК представляется разумным	IIa/C	-
У бессимптомных пациентов с тяжелой АР, нормальной систолической функцией ЛЖ в покое (ФВЛЖ $> 55\%$) и низким хирургическим риском, операция на АК может быть рассмотрена при прогрессирующем снижении ФВЛЖ по крайней мере в 3 последовательных исследованиях или постепенным увеличением ЛЖ (КСР > 65 мм)	IIb/B	-
Пациентам с изолированной тяжелой АР не следует выполнять TAVI	III/B	-
Вмешательство рекомендуется асимптоматическим пациентам с тяжелой АР при индексированном КСР > 20 мм/м ² (особенно пациентам низкого роста) или снижении ФВЛЖ $\leq 55\%$	-	II/C

Стеноз АК (АС) - наиболее часто встречающееся в Европе и Северной Америке первичное поражение клапана, требующее хирургического или транскатетерного вмешательства, распространенность которого быстро

растет на фоне старения населения [123,124]. В таблице 7 представлены показания к вмешательству на АК при наличии стеноза у бессимптомных пациентов, согласно 2020 ACC/AHA Guideline [69] и 2021 ESC/EACTS Guidelines [122].

Таблица 7. Показания к вмешательству на АК при наличии стеноза у бессимптомных пациентов, согласно 2020 ACC/AHA Guideline и 2021 ESC/EACTS Guidelines

Рекомендация	Класс рекомендаций/ уровень доказательности	
	2020 ACC/AHA Guideline	2021 ESC/EACTS Guidelines
Бессимптомным пациентам с тяжелым АС и ФВЛЖ <50% показано протезирование АК	I/B	I/B
Бессимптомным пациентам с тяжелым АС, которым проводится кардиохирургическое вмешательство по другим показаниям, показано протезирование АК	I/B	I/B
У бессимптомных пациентов с тяжелым АС и низким хирургическим риском, вмешательство на АК представляется разумным при доказанном снижении толерантности к физическим нагрузкам или снижении систолического артериального давления ≥ 10 мм рт.ст. от исходного уровня на пике физической нагрузки.	IIa/B	I/C
Бессимптомным пациентам с тяжелым АС и низким хирургическим риском, показано протезирование АК при увеличении трансклапанной скорости $\geq 0,3$ м/с в год.	IIa/B	IIa/B
Бессимптомным пациентам с тяжелым АС показано протезирование АК при прогрессирующем снижении ФВЛЖ до <60% по результатам 3 последовательных исследований	IIa/B	IIb/B
Бессимптомным пациентам с тяжелым АС и низким хирургическим риском, показано протезирование АК при повышении уровня натрийуретического пептида (BNP) типа В в сыворотке крови > в 3 раза выше нормы	IIa/B	IIa/B

Показания к вмешательству на аортальном клапане у пациентов с АС и наличием клинических симптомов, согласно 2020 ACC/AHA Guideline [69] и 2021 ESC/EACTS Guidelines [122], представлены в Таблице 8.

Таблица 8. Показания к вмешательству на аортальном клапане у симптоматических пациентов с АС, согласно 2020 ACC/AHA Guideline и 2021 ESC/EACTS Guidelines

Рекомендация	Класс рекомендаций/ уровень доказательности	
	2020 ACC/AHA Guideline	2021 ESC/EACTS Guidelines
Взрослые пациенты с тяжелым АС (средний градиент ≥ 40 мм рт ст, пиковая скорость 4 м/сек, площадь отверстия $< 1,0$ см ²) одышкой при физической нагрузке, стенокардией, обмороками или предсинкопе в анамнезе или при тестировании с физической нагрузкой нуждаются в протезировании АК	I/A	I/B
Симптоматическим пациентам с тяжелым АС с низким потоком (< 35 мл/м ²), низким средним градиентом (< 40 мм рт ст), сниженной ФВЛЖ ($< 50\%$) показано протезирование АК	I/B	I/B
Симптоматическим пациентам с тяжелым АС с низким потоком (< 35 мл/м ²), низким средним градиентом (< 40 мм рт ст), сохранной ФВЛЖ показано протезирование АК при точном подтверждении АС	I/B	IIa /C
Симптоматическим пациентам с тяжелым АС не рекомендуется протезирование АК при наличии тяжелой коморбидной патологии или отсутствии данных за возможное улучшение качества/продолжительности жизни более чем на 1 год после операции	-	III/C

Немаловажным вопросом, рассматриваемым в контексте тотального протезирования корня аорты, является вопрос выбора протеза в аортальную позицию в зависимости от анатомических или клинических аспектов. В рекомендациях 2020 ACC/AHA Guideline подробно освещены современные показания к имплантации механических и биологических протезов, а также TAVI[69](Таблица9).

Таблица 9. Показания к имплантации различных протезов или TAVI (2020 ACC/AHA Guideline) [69].

Механическое/биологическое протезирование	Класс рекомендаций/ уровень доказательности	TAVI	Класс рекомендаций/ уровень доказательности
При наличии показаний к ПАК выбор протеза клапана должен учитывать предпочтения пациента, показания и риски антикоагулянтной терапии, а также риски, связанные с повторным вмешательством на клапане	I/C	Для симптоматических пациентов в возрасте от 65 до 80 лет при отсутствии анатомических противопоказаний к трансфеморальному TAVI, рекомендуется оценка баланса между ожидаемой продолжительностью жизни пациента и долговечностью клапанов	I/A
Для пациентов любого возраста, нуждающихся в ПАК и имеющие противопоказания к антикоагулянтной терапии, рекомендовано биопротезирование	I/C	Для симптоматических пациентов с тяжелым АС старше 80 лет или более молодых с ожидаемой продолжительностью жизни <10 лет и отсутствием анатомических противопоказаний к трансфеморальному TAVI, данный метод более приоритетен, чем стандартное ПАК	I/A
Для пациентов в возрасте младше 50 лет, не имеющих противопоказания к антикоагулянтной терапии, целесообразно имплантировать механический протез	IIa /B	У бессимптомных пациентов с тяжелым АС и ФВЛЖ <50%, которым менее 80 лет и отсутствуют анатомические противопоказания к трансфеморальному TAVI, решение о выборе метода должно основываться на предыдущих рекомендациях	I/B
Для пациентов в возрасте от 50 до 65 лет, нуждающихся в ПАК, разумно индивидуализировать выбор протеза с учетом индивидуальных факторов пациента	IIa /B	Для симптоматических пациентов любого возраста с тяжелым АС и высоким или запредельным хирургическим риском рекомендуется TAVI, если прогнозируемая выживаемость составляет >12 месяцев с приемлемым качеством жизни	I/A
Для пациентов старше 65 лет, которым требуется ПАК, разумно выбрать биопротез	IIa /B	Для симптоматических пациентов с тяжелым АС, у которых прогнозируемая выживаемость после TAVI или ПАК составляет <12 месяцев или у которых ожидается минимальное улучшение качества жизни, рекомендуется паллиативная помощь (баллонная дилатация) после обсуждения предпочтений пациента	I/C
Пациентам в возрасте младше 50 лет, предпочитающим биопротезирование и имеющим соответствующую анатомию, может быть рассмотрена процедура Росса	IIb/B	Критическим пациентам с тяжелым АС в качестве «моста» к ПАК или TAVI, может быть рассмотрена баллонная дилатация АК	IIb/C

Хирургические аспекты и результаты процедуры BioBentall. Как неоднократно отмечалось выше, процедура Бенталла-Де Боно является золотым стандартом лечения патологий корня аорты и в настоящее время используется во всем мире [7]. С момента своего создания, в рутинную практику введено несколько модификаций данной процедуры, направленных, прежде всего, на оптимизацию реимплантации коронарных артерий, таких как техника Каброля и Пилера, а также метод «кнопок» (кнопки Каррела) [125,126,127]. Использование для процедуры Бенталла-Де Боно синтетического кондуита, содержащего каркасный или бескаркасный биопротез, первоначально предложено для группы пожилых пациентов, имеющих дегенеративные изменения АК с тяжелой регургитацией и сопутствующей аортопатией [128]. Ранние клинические результаты имплантации подобного кондуита, содержащего, к тому же, искусственные синусы Вальсальвы (BioValsalva™), продемонстрировали отличные гемодинамические характеристики и выживаемость [129].

История процедуры BioBentall в России началась во второй половине 20 века, когда с 1966 г. в Институте им. А.Н. Бакулева и Научном центре хирургии имени академика Б.В. Петровского начали разработку и производство биологических протезов «Бионикс» и «БАКС». В 1968 г. Г.И. Цукерманом и Г.М. Соловьёвым впервые в нашей стране выполнены первые операции с использованием биологических протезов клапанов сердца [130]. «Пионерами» тотального протезирования корня аорты с использованием ксеноперикардального кондуита являются хирурги Института им. А.Н. Бакулева, в частности, Малашенков А.И. и коллеги [131,132]. Авторы сообщили о 15-летнем опыте использования методики в когорте 376 пациентов, продемонстрировав приемлемые ранние (летальность 8,1%) и отдаленные результаты (срок наблюдения $5,6 \pm 1,4$ лет, свобода от реопераций – 88%, выживаемость – 74%). Большой вклад в развитие биопротезирования корня аорты внес академик Белов Ю.В. [133].

В литературе опубликовано множество вариантов выполнения процедуры BioBentall, тем не менее, мы остановимся на описании самых значимых из них. Следует отметить, что о возможности использования биопротезов в рамках процедуры Бенталла-Де Боно сообщалось и в более ранних публикациях, однако в них такой подход рассматривался в общем контексте, без выделения методики BioBentall как отдельной процедуры [134,135,136]. В раннем обзоре Kirsch и коллег выделены следующие основные модификации процедуры BioBentall: (1) клапансодержащие кондуиты с использованием каркасных биопротезов; (2) клапансодержащие кондуиты с использованием бескаркасных биопротезов; (3) тотальные ксеноперикардальные кондуиты [137].

При первой технологии каркасный биопротез имплантируют в линейный сосудистый протез [138,139]. Диаметр сосудистого протеза должен на 5 мм превышать биопротез, что обеспечивает простоту имплантации и снижает риск физического контакта между створками биопротеза и стенкой сосудистого протеза. Промытый биопротез на держателе помещается внутрь сосудистого протеза и фиксируется непрерывным полипропиленовым швом. Готовый клапансодержащий кондуит затем имплантируется в корень аорты с п-образных швов, захватывающие манжету биопротеза и сосудистый трансплантат. Такая технология первоначально была связана с пролонгированным время пережатия аорты и ИК, ввиду отсутствия готовых кондуитов, однако еще в ранних исследованиях отмечено, что эта пролонгация не влияет на послеоперационные результаты и летальность [138,139]. Вместе с тем, Gatti и коллеги сообщили об удовлетворительных результатах имплантации готового кондуита, содержащего каркасный биопротез, который фиксирован не в конце сосудистого протеза, а в середине [140].

Использование клапансодержащих кондуитов с каркасными биопротезами связано с несколькими опасениями. Первое – это сомнительный срок службы биопротезов, имплантированных в линейный

сосудистый протез [141]. Ранней деградации способствует физический контакт между створками и стенкой протеза, пониженная податливость ВА и отсутствие синусов Вальсальвы [142]. Некоторые авторы постулируют использование кондуитов нового поколения (типа «Gelseal Valsalva», Sulzer Vascutek, Renfrewshire, Scotland, «Gelweave Valsalva-prosthesis», Vascutek, Terumo, BioValsalva™ и др), содержащих псевдосинусы Вальсальвы и имитацию нативного синотубулярного соединения [143,144,145]. Подобная физиологичная конструкция может способствовать нормальному движению створок биопротеза, уменьшению гемодинамического напряжения и, таким образом, имеет потенциал для повышения долговечности биопротеза [146]. Тем не менее, Etz и коллеги сообщили о прекрасных результатах процедуры BioBentall с использованием каркасных биопротезов, вшитых в линейный сосудистый протез [147]. В течение 12 лет наблюдения реоперация потребовалась лишь 1 пациенту из 250, кроме того, частота неблагоприятных протез-ассоциированных событий, таких как тромбоэмболия, кровотечение и эндокардит, не отличалась от таковой при обычном протезировании АК.

Еще одно опасение - предполагаемая сложность повторной операции при структурной дисфункции биопротеза. Вышеописанный метод имплантации клапансодержащего кондуита с каркасным биопротезом, по сути, лишает хирурга возможности изолированной замены клапана и требует повторного протезирования всего корня [148,149,150]. В двух более ранних публикациях представлены техники первичной процедуры BioBentall, направленные на упрощение повторной операции [151,140]. При обоих методах биопротез имплантируется в синтетический протез таким образом, что проксимальный конец трансплантата образует «юбку» длиной 2–20 мм (под манжетой клапана), которая фиксируется к ФК АК полипропиленовой нитью. Подобная техника, хотя и требует внимания во избежание обструкции устьев коронарных артерий, имеет ряд преимуществ. Во-первых, фиксация «юбки» к ФК намного удобнее фиксации манжеты биопротеза, во-вторых, есть возможность имплантации биопротеза 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 месяцев после операции, уменьшением трансклапанных градиентов и увеличением эффективной площади отверстия АК [144]. В современной кардиохирургической практике выделяют два подхода к имплантации клапаносодержащих кондуитов с использованием бескаркасных биопротезов: субкоронарный метод и «full-root» техника [137]. Классическим примером субкоронарной имплантации является методика Urbanski, которая схожа с вышеописанной техникой Gatti и коллег, однако в случае с модификацией Urbanski используется бескаркасный биопротез [128,140]. С целью снижения риска деформации бескаркасного биопротеза во время имплантации, процедуру BioBentall предлагают выполнять с использованием «full-root» техники [152,153]. 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.

Процедура BioBentall с использованием тотальных ксеноперикардальных кондуитов связывают, прежде всего, с протезом Shelhigh™ BioConduit™ NR-2000 [154]. Клапан изготавливали из некоронарных синусов аорты свиней, а протез аорты – из перикарда крупного рогатого скота. Вся конструкция обрабатывалась глутаровым альдегидом, гепарином и раствором No-React. Фирма-производитель предлагала кондуиты диаметром от 21 до 31 мм. Первоначально тотальные ксеноперикардальные кондуиты использовались у пациентов с инфекционным эндокардитом, при этом ранние послеоперационные результаты были аналогичны таковым после имплантации гомографтов [155,156]. 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. Продукция Shelhigh была конфискована, поскольку она производилась в условиях, которые могли привести к их загрязнению.

Результаты процедуры BioBentall будут представлены в виде отчетов из крупных метаанализов и оригинальных исследований.

Pantaleo и коллеги в недавнем метаанализе, включившем 1112 пациентов, провели сравнение результатов процедуры BioBentall с классической модификацией с механическим протезированием [157]. После сопоставления пациентов по 29 переменным (23 предоперационных и 6 интраоперационных характеристик) и исключения систематических ошибок, авторами получено 2 аналогичные группы (группа механического и биологического протезирования) по 138 пациентов. Анализ интраоперационных и ранних послеоперационных результатов выявил статистически достоверное удлинение длительности пережатия аорты в группе BioBentall ($121 \pm 37,9$ мин против $131 \pm 35,6$ мин, $p=0,02$). Такие показатели как госпитальная летальность, ОИМ, неврологические осложнения, почечная недостаточность, реторакотомии по поводу кровотечений, длительность пребывания в стационаре и в отделении интенсивной терапии не отличались между группами. Кумулятивная выживаемость через 1, 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 BioBentall ($p=0,9$). Регрессионный анализ Кокса не выявил взаимосвязи между типом протеза и общей смертностью при последующем наблюдении [отношение рисков (HR): 0,88; 95% ДИ: 0,50–2,14; $P = 0,4$]. Исследуемые группы не отличались в отношении геморрагических осложнений, тромбоэмболий 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 BioBentall ($p=0,04$). Авторы заключили, что при сопоставимых предоперационных характеристиках,

результаты механической и биологической модификации процедуры Бенталла-Де Боно идентичны в отношении отдаленной выживаемости и событий, связанных с клапаном аорты.

В другом исследовании Lechiancole и коллег, включившем пациентов старше 65 лет (173 пациента после процедуры BioBentall и 109 - после имплантации кондуита, содержащего механический клапан), отмечается, что кондуиты с механическими клапанами, демонстрируют тенденцию к увеличению поздней выживаемости, несмотря на более высокую частоту серьезных нежелательных явлений [158].

Urbanski и коллеги в недавнем ретроспективном исследовании провели сравнение процедуры BioBentall с изолированным биологическим ПАК [159]. Проведен анализ 182 пациентов, а после исключения ряда несопоставляемых данных, выделено 2 группы по 79 больных. Ранние и отдаленные исходы между группами не отличались, за исключением более частых церебральных событий в когорте BioBentall. Авторы заключили, что процедура BioBentall имеет сопоставимые изолированному биологическому протезированию риски, при условии выполнения ее опытной хирургической бригадой.

Следует отметить, что влияние типа биопротеза (каркасный, бескаркасный), используемого для процедуры Бенталла-Де Боно, на клинические исходы пациентов, оценено в единичных исследованиях. В крупном метаанализе Arabkhanі и коллег, включившем 31 исследование и 5,227 пациентов, перенесших имплантацию клапаносодержащих кондуитов (74% бескаркасных и 26% каркасных), отмечено, что биопротезирование КА связано со снижением выживаемости и значительным риском событий, связанных с клапанами [160]. Тем не менее, авторами отмечено, что события, связанные с клапанами, не зависят от типа имплантируемого биопротеза.

Ennker и коллеги в одном из более ранних исследований сравнили среднесрочные результаты субкоронарной и «full-root» методик операции BioBentall с использованием бескаркасного биопротеза Freestyle [153]. После анализа поправок на исходные характеристики и сопоставления по шкале

предрасположенности 1014 пациентов, выделено 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 отличалась между группами. Тем не менее, пациентам в группе «full-root» имплантировались протезы большего диаметра и, соответственно, отмечались более низкие транспротезные градиенты ($p = 0,03$).

Mutsuga и коллеги провели сравнение модификаций BioBentall с использованием бескаркасных ($n=10$) и каркасных ($n=34$) протезов [144]. В данном исследовании проведен анализ ранних и среднесрочных хирургических исходов, а также свободы от реопераций. Средняя продолжительность наблюдения составила 69 месяцев. Разницы между группами в отношении ранней послеоперационной летальности не выявлено. Выживаемость через 1, 5 и 10 лет составила 80%, 50% и 30% в группе бескаркасных и 85%, 77% и 71% в группе каркасных протезов, соответственно. Разницы в отношении свободы от реопераций не выявлено. Как и ожидалось, средний трансортальный градиент в отдаленные сроки после операции оказался ниже в группе бескаркасных протезов (8,1 мм рт. ст. против 15,8 мм рт. ст, $p=0,05$).

Schamberger и коллеги представили результаты сравнительного ретроспективного анализа 411 пациентов, перенесших процедуры BioBentall ($n=150$) и David ($n =261$) [161]. Пациенты группы BioBentall оказались значительно старше когорты David ($p <0,001$), а также имели значительно меньшую частоту встречаемости синдрома Марфана ($p <0,001$). Группа BioBentall была связана с более высокими показателями 30-дневной летальности и частой встречаемостью синдрома низкого сердечного выброса. Исследуемые когорты не отличались в отношении ранних и отдаленных инсультов, эндокардитов, инфарктов миокарда и тромбоэмболий. Пяти-/десятилетняя выживаемость составила $93,7\pm 1,8\%/84,4\pm 4,7\%$ для пациентов группы David и $90,9\pm 2,6\%/84,6\pm 5,4\%$ для пациентов группы BioBentall

($p=0,37$). Свобода от реопераций в течение 10 лет также не отличалась между группами.

В крупном исследовании Bethancourt и коллег, включившем 796 пациентов, проведено сравнение результатов процедур BioBentall ($n=436$) и David ($n=360$) [162]. Следует отметить, что когорта BioBentall включила в себя 55,73% случаев имплантации каркасных протезов и 44,27% - бескаркасных. Авторы указывают на сопоставимую выживаемость и свободу от реопераций между двумя группами в течение 10 лет наблюдения.

Stefanelli и коллеги представили результаты сравнения ранних и среднесрочных клинических исходов процедур BioBentall (бескаркасные протезы) ($n=56$) и David ($n= 52$) [163]. Исследуемые группы оказались сопоставимы в отношении периоперационной летальности, кардиальной смертности в отдаленном периоде, частоты повторных операций и неблагоприятных сердечно-сосудистых событий в течение 11 лет. Тем не менее, общая вероятность выживания в течение 11 лет оказалась выше в группе процедуры David (91,8% против 74,9%, $p=0,0057$). Аналогичное преимущество клапаносохраняющих операций продемонстрировано в отношении трансклапанных градиентов (8,13 мм рт. ст. против 11,70 мм рт. ст., $p < 0,001$).

В исследовании Yamabe T и коллег проведено сравнение отдаленных результатов процедур BioBentall ($n=172$) и DavidV ($n = 199$) [164]. Следует отметить, что для процедуры BioBentall использовался кондуит с псевдосинусами Вальсальвы и бескаркасным биопротезом типа 3f Aortic Bioprosthesis (ATS Medical, Minneapolis, MN). Госпитальная летальность составила 1,1% для каждой из групп и статистически не отличалась. Выживаемость через 10 лет составила 95,3% [95% ДИ 85,8–98,5] для процедуры David и 98,6% (95% ДИ 90,8–99,8) для процедуры BioBentall ($p= 0,345$). Кумулятивная частота повторных операций по поводу любой патологии сердца через 10 лет составила 3,9% (95% ДИ 0,7-11,8) для когорты David и 18,1% (95% ДИ 6,9-33,4) для BioBentall ($p=0,046$), по поводу причин,

связанных с АК - 1,9% (95% ДИ 0,1 -8,8) против 15,9% (95% ДИ 5,5–31,4) ($p=0,032$).

Esaki и коллеги провели ретроспективное исследование, сравнивающее процедуры David V ($n=282$) и BioBentall ($n=425$) [165]. Группы не отличались в отношении частоты встречаемости БАК, синдрома Марфана, острого расслоения аорты типа А и сопутствующего протезирования дуги аорты. Ранняя послеоперационная летальность составила 5,7% в когорте David V и 0,8% - в группе BioBentall ($p=0,07$). Свобода от реопераций в течение 7 лет составила 97,4% для группы David V и 95,8% для пациентов после BioBentall ($p=0,48$).

В недавнем исследовании Stefanelli и коллег, посвященном результатам использования тотального ксеноперикардального клапаносодержащего кондуита Shelhigh NR-2000, проанализированы клинические исходы у 26 пациентов [154]. Ранняя послеоперационная летальность составила 7,7%, а отдаленная (по кардиальным причинам) - 12,5%. Общая вероятность выживания через 15 лет не превышала 52,9%. Средний трансклапанный градиент в отдаленном периоде составил $11,4 \pm 5$ мм рт. ст. Свобода от реопераций, связанных с АК, составила 100% через 5 и 10 лет и 90,9% через 15 лет.

Reineke и коллеги продемонстрировали отчет об использовании кондуита Shelhigh NR-2000 на большой серии пациентов ($n=291$) [166]. Периоперационная летальность составила 10% ($n=29$). За время наблюдения в отдаленном периоде (в среднем $70,3 \pm 53,1$ мес) всего умерли 126 из 262 пациентов (44,3%). Основными причинами смерти пациентов после выписки явились кардиальные ($n=37$, 14,1%), неврологические ($n=15$, 5,7%), респираторные ($n=12$, 4,6%), инфекционные (эндокардит) ($n=12$, 4,6%) и заболевания периферических сосудов ($n=5$, 1,9%). У 29 (11,1%) пациентов причину смерти установить не удалось. Повторная операция потребовалась 25(8,6%) больным по причине инфекции кондуита ($n=9$), разрыва кондуита (n

=4), формирования псевдоаневризм (n=4) и структурной дегенерации протеза (n = 8).

Sahin и коллеги, проанализировав результаты имплантации Shelhigh NR-2000 у 63 пациентов, предостерегли от использования данного кондуита [167]. Общая 30-дневная летальность составила 8% (n=5). За период наблюдения (9,5 лет) умерло 13 (24%) пациентов; при этом 4 смерти были напрямую связаны с кондуитами. Общая оценка выживаемости через 1, 5 и 10 лет составила 85 ± 5 , 79 ± 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 таблице 10 представлены современные сводные литературные данные о результатах процедуры BioBentall. На рисунке 5 представлена современная концепция и варианты процедуры BioBentall.

Рисунок 5. Современные концепции и сложности, связанные с процедурой BioBentall [137].

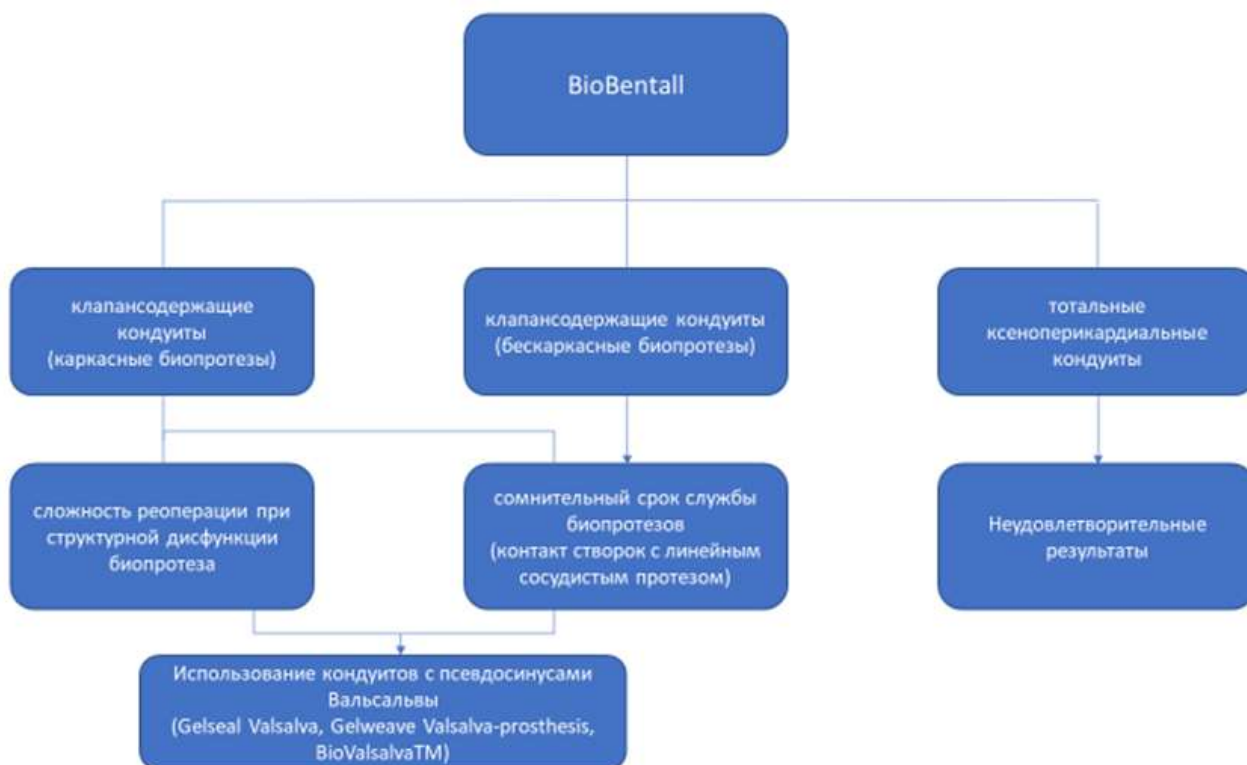


Таблица 10. Современные литературные данные о результатах процедуры BioBentall.

Автор	Год	n= пац-в	Дизайн	Тип биопротеза	Госпитал/ 30- дневная летально сть	Ср. срок наб-я (мес)	Отдаленная выживаемость (срок лет)	Ср частота реопер.
<i>Pantaleo</i>	2017	138	Метаанализ: мех. Бенталл vs BioBentall	Каркасные/бескаркасные	5,8%	84	99,2±0,8% (1 год) 87,3±3,5% (5 лет) 83,6±4,9% (7 лет)	4,7%
<i>Lechiancole</i>	2019	173	Ретроспект.: мех. Бенталл vs BioBentall	Каркасные/бескаркасные	5%	77	58% (12 лет)	2,3%
<i>Urbanski</i>	2015	79	Ретроспект.: изол. ПАК vs BioBentall	Бескаркасные	5,1%	74,4	63,2±8,3% (10 лет)	2,5%
<i>Arabkhani</i>	2020	5,227	Метаанализ: BioBentall	Каркасные/бескаркасные	5,5%	50	80,1% (4 года)	8%
<i>Ennker</i>	2008	296	Ретроспект. (BioBentall): субкоронар vs «full-root»	Бескаркасные	4,7%/2,7% (**)	32	34%±24%/33%±11% (9 лет)	10%/2%
<i>Mutsuga</i>	2020	44	Ретроспект.: каркасные vs бескаркасные	Каркасные/бескаркасные	6,8%	69	80% (1 год) 50% (5 лет) 30% (10 лет)	0%
<i>Schamberger</i>	2020	150	Ретроспект.: David vs BioBentall	Каркасные/бескаркасные	2,7%	60	84,6 ± 5,4% (10 лет)	19,6%
<i>Bethancourt</i>	2021	436	Ретроспект.: David vs BioBentall	Каркасные/бескаркасные	1,1%	58	92,7% (10 лет)	10,6%
<i>Stefanelli</i>	2021	56	Ретроспект.: David vs BioBentall	Бескаркасные	3,64%	85	74,9% (11 лет)	2,1%
<i>Yamabe</i>	2021	172	Ретроспект.: David vs BioBentall	Бескаркасные	1,1%	55,7	98,6% (10 лет)	15,9%
<i>Esaki</i>	2017	425	Ретроспект.: David vs BioBentall	Бескаркасные	0,8%	84	83% (7 лет)	4,2%
<i>Stefanelli</i>	2020	26	Ретроспект.: BioBentall	Shelhigh NR-2000	7,7%	93,4	52,9% (15 лет)	9,1%
<i>Reineke</i>	2016	291	Ретроспект.: BioBentall	Shelhigh NR-2000	10%	70,3	55,7% (6 лет)	8,6%
<i>Sahin</i>	2016	63	Ретроспект.: BioBentall	Shelhigh NR-2000	8%	114	85±5% (1 год) 79±6% (5 лет) 71±7% (10 лет)	19%

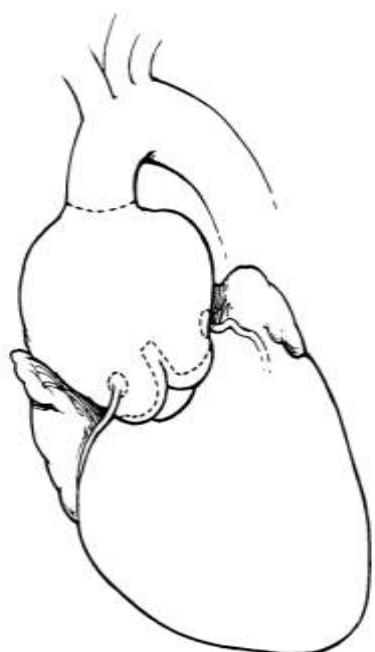
Хирургические аспекты и результаты процедур David и Yasoub.

Клапансохраняющие методики протезирования КА можно разделить на 2 основные группы: 1) процедура «ремоделирования» Yasoub, используемая с 1979 года; (2) процедура «реимплантации» David, проводимая с 1988 года [168].

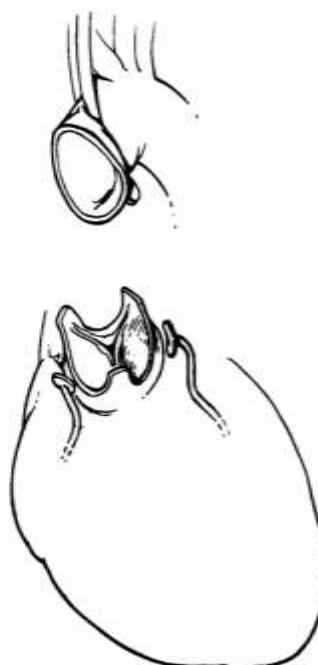
В одном из первых отчетов 1992 г, David и коллеги представили хирургическую технику reimплантации АК у пациентов с аневризмой ВА (рис 6) [11]. После подключения ИК, снижения температуры до 32°C и проведения кардиopleгии проводилась глубокая мобилизация корня аорты. Синусы Вальсальвы вырезались с оставлением лишь 5-7 мм аортальной стенки и артериальных «кнопок» вокруг устьев коронарных артерий (рис. 6а и 6б). Непосредственно под АК, через ВОЛЖ, выводилось множество различных швов (нить полиэстер 4-0) (рис 6в). Собственно данные швы и несли корректирующую функцию в отношении аортальной аннулоэктазии. Таким образом, в левой половине ВОЛЖ, где створки АК крепятся к миокарду ЛЖ, швы накладываются непосредственно под местом крепления ЛКС и ПКС. В правой половине ВОЛЖ, где створки АК крепятся к фиброзной ткани, швы накладываются в горизонтальной плоскости по нижнему краю крепления створок, не следуя контуру комиссур. Следующим этапом измерялась и выравнивалась высота створок, измеряемая от середины свободного края до середины места крепления. Внутренний диаметр на самом нижнем уровне створок АК должен был превышать высоту вдвое. Величина наружного диаметра получена путем прибавления 4-6 мм (толщина артериальной стенки). Например, если высота створки составляла 18 мм, внутренний радиус рассчитывался как 2/3 от 18 мм, что равно 12 мм. Внутренний диаметр составлял 24 мм, а внешний диаметр - от 28 до 30 мм. Для reimплантации АК использовался линейный дакроновый протез, пропитанный коллагеном. Диаметр протеза соответствовал расчетному внешнему диаметру вентрикуло-аортального соединения. На одном из концов протеза делались три равноудаленные отметки, а в одном из этих

участков вырезался зубчатый сегмент, для соответствия месту соединения ПКС и ЛКС (рис. 6б). Ранее наложенные п-образные швы пропускались через линейный сосудистый протез. АК помещался внутрь, протез срезался на 2-3 см выше комиссур, которые фиксировали полипропиленовой нитью 4-0. Далее, начиная с самого низкого уровня каждой из створок, остаток стенки аорты фиксировался к сосудистому протезу непрерывным обвивным полипропиленовым швом (6г).

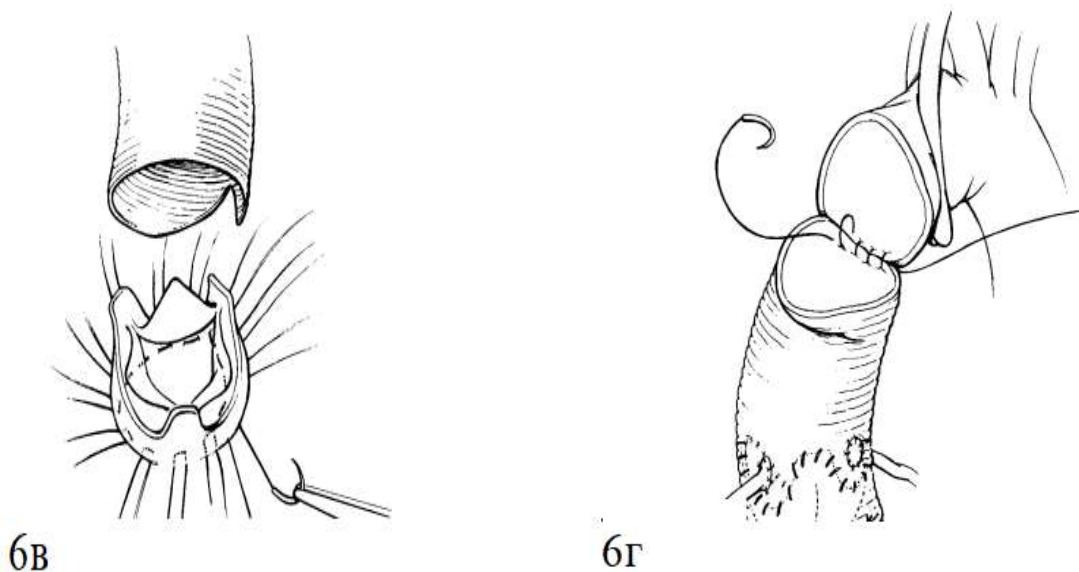
Рисунок 6. Первоначальная техника реимплантации АК, предложенная David [11].



6а

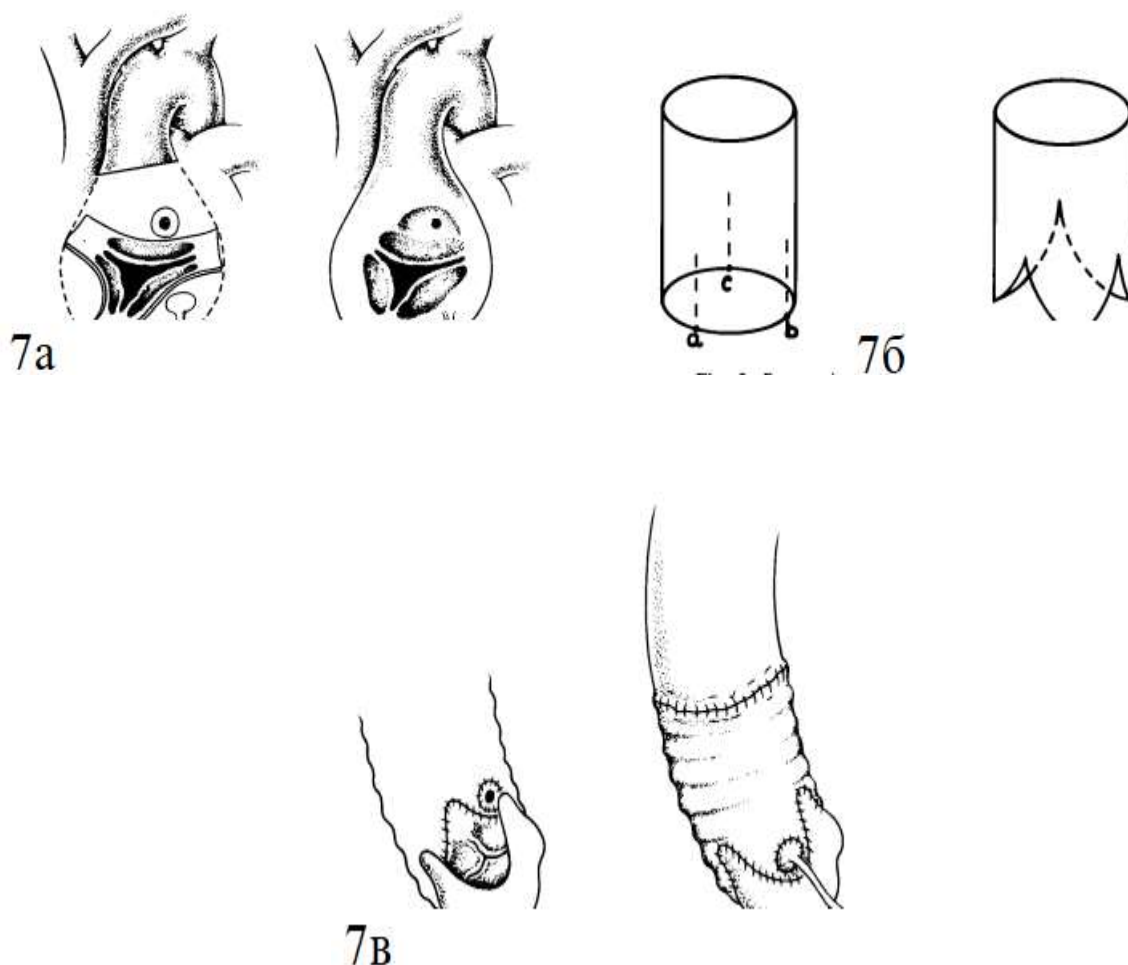


6б



Хирургическая техника процедуры ремоделирования КА, предложенная Yasoub, подробно описана в публикации Sarsam [13]. После подключения ИК с системным охлаждением до 25° , выполняется косая аортотомия, и проводится оценка состояния створок, высота комиссур, синотубулярного гребня и диаметра отверстия АК. В случае возможности реконструкции, кардиopleгический раствор вводится непосредственно в устья коронарных артерий, а аорта отсекается чуть выше комиссур. Устья коронарных артерий выделяются в виде «пуговиц» с 3-миллиметровой манжетой от окружающей стенки аорты (7а). На верхушки комиссуральных «столбиков» накладываются швы, которые в последующем восстановят высоту коаптации. Для ремоделирования используется линейный дакроновый протез, пропитанный коллагеном. Диаметр протеза должен быть равен ФК АК. Основание протеза делится на три точки - а, б и с. Расстояния между этими точками равны диаметру протеза, однако расстояние между а и с, соответствующее некоронарному синусу, рассчитывается немного больше (окружность = диаметр $\times 3,14$). Следует отметить, что данные измерения носят лишь рекомендательный характер. В ранее указанных точках (а, б и с) делаются продольные надрезы, глубина которых определяется желаемой высотой комиссур (7б). Устья коронарных артерий реимплантируются по аналогии с процедурой David (7в).

Рисунок 7. Первоначальная техника ремоделирования АК, предложенная Yasoub [13].



При сравнении методик David и Yasoub стоит остановиться на некоторых важных аспектах. Первым стратегическим отличием является количество линий швов аорты: 2 – при операции Yasoub, 3 – при процедуре David [168]. Одним из предполагаемых преимуществ метода ремоделирования является то, что сосудистый протез «вздувается», имитируя нативные синусы Вальсальвы. Существуют мнения относительно повышения долговечности реконструкции в таких условиях благодаря более естественному движению створок [26]. Тем не менее, Miller в одном из классических обзоров отмечает, что у процедуры Yasoub два краеугольных недостатка: 1) отсутствие фиксации ФК АК (предрасполагает к

послеоперационной аннулодилатации и рецидиву регургитации); 2) две линии шва аорты, что повышает риск кровотечений [168].

Прежде чем перейти к анализу результатов процедур Yasoub и David, следует отметить на имеющихся в литературе модификациях операции David. Основные разновидности представлены в Таблице 11.

Таблица 11. Разновидности процедуры David [168,169].

Модификации David	Особенности процедуры
<i>David I</i>	оригинальная процедура реимплантации с использованием линейного сосудистого протеза
<i>David II</i>	классическое ремоделирование по Yasoub
<i>David III</i>	ремоделирование с аннулопластикой (синтетическая вставка в области фиброзной части ВОЛЖ)
<i>David IV</i>	реимплантация с использованием протеза диаметром на 4 мм больше ФК АК и складыванием протеза по окружности в области СТС над верхушками комиссур
<i>David V</i>	реимплантация с использованием протеза большего диаметра с проведением швов непосредственно под надирями ФК и в промежутках между комиссурами в области СТС

Результаты процедур David и Yasoub. Tian и коллеги представили результаты крупного метаанализа, сравнивающего методики ремоделирования и реимплантации АК, включившего данные 14 статей и 1338 пациентов [170]. Сравнение проводилось между 606 пациентами группы Yasoub и 732 – группы David. Исследуемые группы не отличались в отношении ранней послеоперационной летальности и свободы от тяжелой аортальной недостаточности. В когорте David отмечена большая продолжительность ИК и пережатия аорты. Авторы заключили, что, несмотря на сопоставимость ранних послеоперационных результатов, литературные данные свидетельствуют в пользу техники David при лечении патологии КА при синдроме Марфана, остром расслоении аорты типа А и выраженной аннулодилатации.

В недавнем метаанализе Zhou и коллег, посвященном сравнению исходов методик реимплантации (n=1011) и ремоделирования (n=661), проведен анализ ранней послеоперационной летальности, поздней смертности, свободы от реопераций, связанных с АК, и умеренной/значительной послеоперационной аортальной регургитации [171]. Техника реимплантации оказалась связана со значительно более низким риском поздней смертности (OR=0,34; 95% ДИ, 0,17-0,71; p=0,004; I2=37%) и реопераций (OR=0,31; 95% ДИ, 0,12-0,76; p=0,01; I2=55%). Статистически достоверной разницы в отношении ранней послеоперационной летальности (OR=0,69; 95% ДИ, 0,31–1,53; p=0,36; I2=0%), умеренной и значительной аортальной регургитации (OR=0,64; 95% ДИ, 0,31–1,32; p=0,22; I2=36%) или послеоперационного инсульта (RR=1,26; 95% CI, 0,58–2,75; p=0,56; I2=0%) между двумя группами не выявлено.

Крупный метаанализ Toh и коллег, представленный в 2021 году, продемонстрировал сравнение клинических исходов 1283 пациентов после реимплантации и 1150 – после ремоделирования [172]. Аналогично предыдущим исследованиям, время ИК и пережатия аорты оказалось выше в группе реимплантации. Анализ раннего послеоперационного периода не выявил разницы в отношении частоты инсульта (3% в обеих группах; p=0,54), повторных операций по поводу кровотечения (9% при реимплантации против 12% при ремоделировании; p=0,88) и 30-дневной смертности (3% при реимплантации против 4% при ремоделировании; p=0,96). Тем не менее, аортальная регургитация ≥ 2 выявлялась значительно реже в когорте реимплантации (5% против 8%; p=0,01). Следует отметить, что ограничением данного метаанализа является более молодая популяция группы реимплантации (48±16 против 56±15 лет; p <0,00001).

Данные крупных исследований и метаанализов, сравнивающих методики реимплантации и ремоделирования, представлены в Таблице 12. Следует отметить, что литературный поиск не выявил ни одного РКИ по исследуемой тематике.

Таблица 12. Исследования, сравнивающие методики реимплантации (РеИ) и ремоделирования (РеМ)

Автор/год/дизайн	n=		ИК/перез аорты (мин)	Госп./30- дневная лет- ть (%)	Реоперации: кровотечения	Поздняя лет-ть (10 лет)	АН ≥2 ст
	РеИ	РеМ					
<i>Svensson, 2011, Ретроспективное [173]</i>	72	72	Нет отличий между группами	Нет отличий между группами	Нет отличий между группами	Нет отличий между группами	Нет отличий между группами
<i>Tian, 2013, Метаанализ [170]</i>	732	606	Выше в группе РеИ	Нет отличий между группами	Данных нет	Выше в группе РеМ	Нет отличий между группами
<i>Subramanian, 2012 Ретроспективное [174]</i>	27	51	Нет отличий между группами	Нет отличий между группами	Нет отличий между группами	Нет отличий между группами	Нет отличий между группами
<i>David, 2014, Ретроспективное [18]</i>	296	75	Выше в группе РеИ	Нет отличий между группами	Нет отличий между группами	Выше в группе РеМ	Выше в группе РеМ
<i>Arabkhani, 2015, Метаанализ [175]</i>	3439	129 0	Данных нет	Данных нет	Данных нет	Нет отличий между группами	Нет отличий между группами
<i>Klotz, 2018, Ретроспективное [176]</i>	214	101	Выше в группе РеИ	Нет отличий между группами	Нет отличий между группами	Выше в группе РеМ	Выше в группе РеМ
<i>Lenoir, 2018, Ретроспективное [103]</i>	59	83	Нет отличий между группами	Нет отличий между группами	Нет отличий между группами	Нет отличий между группами	Нет отличий между группами
<i>Zhou, 2020, Метаанализ [171]</i>	1011	661	Выше в группе РеИ	Нет отличий между группами	Выше в группе РеМ	Выше в группе РеМ	Нет отличий между группами
<i>Toh, 2021, Метаанализ [172]</i>	1283	115 0	Выше в группе РеИ	Нет отличий между группами	Нет отличий между группами	Выше в группе РеМ	Выше в группе РеМ

Данные основных исследований, сравнивающих процедуры реимплантации и ремоделирования, указывают на относительную сопоставимость результатов обоих подходов. Однозначно, что длительность ИК и пережатия аорты в когорте реимплантации АК выше. Результаты наиболее крупных исследований демонстрируют лучшую выживаемость и меньший риск значимой аортальной регургитации в группе реимплантации.

Sasaki и коллеги провели сравнение методик ремоделирования и реимплантации при помощи экспериментальной модели с постоянным статическим давлением [177]. Для эксперимента использовались свиные сердца, в группе ремоделирования сочеталось протезирование ВА с уменьшением диаметра СТС, а в группе реимплантации выполнялось лишь протезирование ВА. Исследование продемонстрировало, что ремоделирование без аннулопластики связано с повышенным риском нестабильности ФК.

Сравнение результатов клапансохраняющих процедур с классической операцией Бенталла-Де Боно при остром расслоении аорты типа А и синдроме Марфана представлены в Таблице 13.

Таблица 13. Сравнение результатов методик David и Бенталла-Де Боно при остром расслоении аорты типа А и синдроме Марфана.

Автор/год/дизайн	n=паци-в David/Бенталл	Госп./30- дневная лет-ть David/Бенталл	Отд. выж-ть David/Бенталл	Свобода от реопераций (корень АО) David/Бенталл	Свобода от значимой AP
<i>Yang, 2018, ретросп, ОРА А [178]</i>	40/95	3%/13%	98%/57% (10 лет)	0%/2% (10 лет)	95% (10 лет)
<i>Subramanian, 2012, ретросп, ОРА А [174]</i>	27/130	15%/27%	81%/65% (5 лет)	95,6%/100% (5 лет)	95,6% (5 лет)
<i>Mosbahi, 2019, метаанализ, ОРА А [179]</i>	319/2774	2%/8%	98,8%/81,3% (5 лет)	100%/94,6% (5лет)	100% (5 лет)
<i>Price, 2016, ретросп, с-м Марфана [180]</i>	69/67	0%/0%	96,3%/90,5% (10 лет)	92%/92% (10 лет)	96,9% (10 лет)
<i>Patel, 2008, ретросп, с-м Марфана [181]</i>	44/56	0%/0%	100%/90% (8 лет)	92,9%/96,4% (8 лет)	90% (8 лет)
<i>Burgstaller, 2018, метаанализ, с-м Марфана [182]</i>	1015/1141	0,3%/3,4%	93,1%/82,6% (10 лет)	97,6%/88,6% (10 лет)	95,4% (10 лет)
<i>Bernhardt, 2011, ретросп, с-м Марфана [183]</i>	58/30	0%/0%	82,3%/58,6% (14 лет)	96,6%/90% (10 лет)	80% (10 лет)
<i>Flupp, 2017, метаанализ, с-м Марфана [184]</i>	1352/1624	-	90%/85% (10 лет)	90,5%/87,5% (10 лет)	-
<i>Kunihara, 2019, ретросп, [185]</i>	1164/1164	0,8%/1,8%	-	-	-
<i>Benedetto, 2011, метаанализ, с-м Марфана [186]</i>	413/972	-	-	0,7/год/2,4%/год (*)	-
<i>Esaki, 2016, ретросп, [187]</i>	282/162	2,3%/8%	85.5%/73.6% (7 лет)	89,7%/95,6% (7 лет)	98% (7 лет)

<i>Rosenblum, 2019, ретросп, ОРА А [188]</i>	59/77	3,4%/14,3%	92%/59% (9 лет)	80%/77% (5 лет)	90,4% (9 лет)
<i>Gaudino, 2015, ретросп, [189]</i>	180/710	0%/0,3%	97,2%/91,7% (5 лет)	7,3%/2,4% (5 лет)	-
<i>Salmasi, 2019, метаанализ [190]</i>	2944/4369	(**)	(**)	(**)	-
<i>Wu, 2019, метаанализ, ОРА А [191]</i>	254/452	5%/23%	95,9%/80,2%	98,4%/99,6%	-

Примечания:

(*) в контексте свободы от реопераций рассматривается ежегодная частота повторных вмешательств;

(**) для метаанализа *Salmasi* и коллег [186]: ранняя послеоперационная летальность ниже в группе клапансохраняющих процедур (ОШ 0.51, 95% ДИ 0.37–0.70; $p < 0.001$), пятилетняя выживаемость выше в группе клапансохраняющих процедур (ОШ 1,93 95% ДИ 1,15–3,23; $p < 0,05$), не выявлено значимой разницы в частоте повторных операций между группами при длительном наблюдении (ОШ 1,32, 95% ДИ 0,75–2,33; $p = 0,336$).

Таким образом, анализ современной мировой литературы демонстрирует лучшие клинические исходы клапансохраняющих процедур по сравнению с операцией Бенталл-Де Боно для когорт пациентов с острым расслоением аорты типа А и синдромом Марфана. Очевидно преимущество при сравнении показателей госпитальной летальности и отдаленной выживаемости. Данные по свободе от реопераций не столь убедительны.

Хирургическая техника и результаты нестандартных модификаций реимплантации АК. Оригинальная процедура David предложена для восстановления АК у лиц с трехстворчатой анатомией и отсутствием компротетации створок [11]. Тем не менее, в литературе представлено множество исследований, посвященных хирургической технике и результатам клапансохраняющих процедур у пациентов с бicuspidальной анатомией или при наличии значимого изменения морфологии створок, включая крупные метаанализы и обзоры [84,192,183,194]. В предыдущих разделах мы подробно остановились на принципах реконструкции АК. В таблице 14 представлены наиболее распространенные техники пластики АК, рассматриваемые в контексте клапансохраняющих процедур (реимплантации и ремоделирования) и унифицированные в публикации Settepani и коллег [194].

Таблица 14. Распространенные техники пластики АК, рассматриваемые в контексте процедур реимплантации и ремоделирования (из обзора Settepani и коллег [194]).

Анатомия клапана	Техники реконструкции
<i>ТАК/БАК</i>	укорочение свободного края/ресуспензия
<i>ТАК/БАК</i>	пликация Аранциевого узелка
<i>ТАК/БАК</i>	триангулярная резекция
<i>БАК</i>	сбривание кальция
<i>БАК</i>	резекция межкомиссурального шва с восстановлением целостности путем сшивания
<i>БАК</i>	резекция межкомиссурального шва с восстановлением целостности с использованием заплаты из ауто/ксеноперикарда

В таблице 15 будут представлены хирургические аспекты и клинические исходы нестандартных модификаций реимплантации и ремоделирования АК по данным мировой литературы.

Компетентность аортального клапана зависит от множества анатомических компонентов, включающих КА и створки клапана. Аортальная регургитация при бicuspidальной анатомии возникает в результате аномальной конфигурации створок, а также аномальной геометрии корня аорты [95]. Выполнение реимплантации, дополненной различными техниками пластики створок, позволяет добиться приемлемых гемодинамических результатов, свободы от повторных операций и выживаемости. Тем не менее, в исследовании Lau и коллег, проведен анализ результатов реимплантации в когорте БАК, как с выполнением пластики створок, так и без нее [203]. Через 3,5 года наблюдения ТТЕ не выявила статистически значимых различий в показателях регургитации и стеноза между этими группами. В целом, авторы приходят к выводу, что пластика створок может быть выполнена безопасно и с достаточно приемлемыми результатами, однако клинические исходы таких процедур эквивалентны таковым при невыполнении пластики.

Обнадеживающие результаты, представленные в Таблице 15, указывают на безопасность и эффективность нестандартных модификаций реимплантации АК. Эти выводы подтверждаются данными крупного метаанализа Arnaoutakis и коллег [84]. Вместе с тем, некоторые комментаторы считают такие результаты вводящими в заблуждение, по причине небольшого числа пациентов во многих отчетах [205]. Высказываются также мнения относительно эффективности и неэффективности тех или иных манипуляций на створках. Так, Chauvette и коллеги [206], комментируя исследование Karliova и коллег [207], посвященного результатам пластик створок АК с использованием перикардиальных патчей, отмечают, что устранение ретракции створки со сбрасыванием кальция связано с плохими гемодинамическими исходами.

Таблица 15. Хирургические аспекты и клинические исходы нестандартных модификаций реимплантации и ремоделирования АК.

Автор/год/дизайн	n= пац	Хирург. аспекты	Госп./30-дневная лет-ть, конверсия	Отд. выж-сть	Свобода от реопераций (корень Ао)	Свобода от значимой АР
<i>de Kerchove, 2009, ретропн, ТАК [15]</i>	39	92,3% - РеИ 7,6% - РеМ укорочение свободного края/ресуспензия; пликация Аранциевого узелка	0%	98 ± 2% (5 лет)	96% ± 4% (5 лет)	94% ± 6% (3 года)
<i>David, 2010, ретропн, ТАК [85]</i>	64	90,7%- РеИ 9,3% - РеМ укорочение свободного края/ресуспензия; пликация Аранциевого узелка	0%	93,4%±3,7% (10 лет)	98% (10 лет)	86,7%± 3,9% (10 лет)
<i>Oka, 2011, ретропн, ТАК/БАК [49]</i>	101	100%- РеИ укорочение свободного края/ресуспензия; пликация Аранциевого узелка	0% 3 конверсии	98,3%±3,6% (5 лет)	89,3%±3,7% (5 лет)	87,7±4,5% (5 лет)
<i>Schäfers, 2007, ретропн, БАК [94]</i>	78	100% - РеМ пликация свободного края; триангулярная резекция; укорочение свободного края; резекция с пластикой перикард вставкой	0%	-	97% (5 лет)	95,5% (5 лет)
<i>de Kerchove, 2011,</i>	53	100%- РеИ сбривание кальция;	0%	98%±3% (6 лет)	100% (6 лет)	100% (6 лет)

<i>ретросп, БАК [195]</i>		резекция с восстановлением целостности путем сшивания; резекция с восстановлением целостности с использованием заплаты из ауто/ксеноперикарда; коррекция пролапса				
<i>Kari, 2013, ретросп, БАК [97]</i>	75	100% - РеИ триангулярная резекция; укорочение свободного края	1,3%	99%±2% (6 лет)	90%±5% (2,8 лет)	100% (6 лет)
<i>Bavaria, 2015, ретросп БАК [196]</i>	40	100% - РеИ сбривание кальция; резекция с восстановлением целостности путем сшивания; пликация свободного края; закрытие фенестрации	0%	99% (5 лет)	100% (5 лет)	97,5% (5 лет)
<i>Vaumbach, 2016, ретросп, ТАК/БАК [197]</i>	134	100% - РеИ укорочение свободного края; сбривание кальция; резекция с восстановлением целостности с использованием заплаты из ауто/ксеноперикарда	0%	98% (5 лет)	89% (5 лет)	93% (5 лет)
<i>Liebrich, 2013, ретросп, ТАК/БАК [198]</i>	236	100% - РеИ укорочение свободного края/ресуспензия;	1,7%	96% (5 лет) (некард. причины)	94% (5 лет) 87% (10 лет)	94% (5 лет) 91% (10 лет)

		пликация Аранциевого узелка; резекция с восстановлением целостности путем сшивания;				
<i>Beckmann, 2020, ретросп, БАК [199]</i>	50	100% - РеИ пликация Аранциевого узелка; резекция с восстановлением целостности путем сшивания	0%	98% (1год) 94% (5 лет) 88% (10лет) 84% (20 лет)	98% (1 год) 88% (5 лет) 79% (10 лет) 74% (20 лет)	90% (20 лет)
<i>Karciauskas, 2019, ретросп, БАК [200]</i>	29	100% - РеИ укорочение свободного края/ресуспензия; триангулярная резекция; сбривание кальция;	3,4%	96.8±2.2% (10 лет)	92.3±5.2% (5 лет) 83.9±7.4% (10 лет)	80.4±7.8% (5 лет) 75.7±8.7% (10 лет)
<i>Liebrich, 2020, ретросп, ТАК/БАК [201]</i>	449	100% - РеИ укорочение свободного края/ресуспензия; пликация Аранциевого узелка; резекция с восстановлением целостности путем сшивания;	2,2%	90% (5 лет)	96% (5 лет) 92% (10 лет)	95%
<i>Ouzounian, 2019, ретросп, БАК [202]</i>	45	100% - РеИ укрепление свободного края; резекция с восстановлением целостности путем сшивания;	0%	100% (5 лет)	95,8% (5 лет)	96,1 (5 лет)

<i>Klotz, 2018, ретросп, ТАК/БАК [176]</i>	315	68% - РеИ 32% - РеМ пликация свободного края; сбривание кальция; резекция с восстановлением целостности с использованием заплаты из ауто/ксеноперикарда	1,6%	87,7% (6 лет)	94,7% (10 лет) 51,6% (16 лет)	-
<i>Lau, 2021, ретросп, БАК [203]</i>	66	100% - РеИ укорочение свободного края/ресуспензия; сбривание кальция;	0%	100% (5 лет)	100% (5 лет)	100% (5 лет)
<i>Vallabhajosyula, 2016, ретросп, БАК [204]</i>	45	100% - РеИ рассечение шва; резекция с восстановлением целостности путем сшивания; резекция с восстановлением целостности с использованием заплаты из ауто/ксеноперикарда; сбривание кальция; пликация свободного края.	0%	100% (5 лет)	98%±2% (5 лет)	100% (5 лет)

Хирургические аспекты альтернативных методов реконструкции АК – процедура Florida Sleeve и экстравальвулярная аннулопластика.

Методика Florida Sleeve впервые разработана в Госпитале Shands (Университет Флориды, Гейнсвилл, Флорида) с целью упрощения клапансохраняющих процедур при аортальной недостаточности, вторичной по отношению к дилатации КА [208]. Восходящая аорта пересекается непосредственно над синотубулярным соединением, проводится глубокая мобилизация корня с выделением проксимальных частей коронарных артерий. Диаметр ФК АК измеряется с помощью расширителей Negar или калибровочных шаблонов. Размер линейного сосудистого протеза зависит от степени расширения синуса Вальсальвы, которая оценивается с помощью интраоперационной ТЭЕ. При значительном расширении синусов (> 36 мм), размер протеза соответствует 32 или 34 мм, при нормальном размере синусов – от 26 до 32 мм. Цель состоит в сужении ФК и СТС для обеспечения адекватной коаптации створок, и в сохранении физиологического расширения синусов Вальсальвы. Авторы сообщили об использовании протезов, пропитанных коллагеном и способных к расширению до 10 мм при постоянном давлении. Аналогично с методикой David, субаннулярно накладываются п-образные швы, не несущие гемостатической нагрузки, а используемые для фиксации протеза. Протез надевается на корень аорты в виде «рукава», для коронарных артерий вырезаются зубчатые метки. Субаннулярные швы пропускают через основание протеза, а перед фиксацией швов в отверстие АК устанавливается расширитель Negar целевого размера. СТС и сшивают с верхней частью протеза непрерывным полипропиленовым швом 4-0. На этом этапе также используется расширитель Negar для предотвращения уменьшения размера СТС относительно ФК АК.

Процедура Florida Sleeve не требует реимплантации коронарных артерий, что снижает риск кровотечений [209]. Недавнее сравнительное исследование, включившее когорты Florida Sleeve и другие методы

клапансохраняющей реконструкции, продемонстрировало преимущество первого подхода с биомеханической точки зрения, поскольку в этих условиях снижается напряжение на АК и предотвращается деформацию КА [210]. В таблице 16 представлены современные литературные данные, посвященные результатам процедуры Florida Sleeve. В анализ взяты исследования, включившие как ранние, так и среднеотдаленные/отдаленные результаты.

Таблица 16. Результаты процедуры Florida Sleeve – данные мировой литературы.

Автор/год/дизайн	n= пац-в	Госп./30-дневная лет-ть, конверсия	Срок набл (мес)	Ср/отд. выж-сть	Свобода от реопераций (корень Ao)	Свобода от значимой AP
<i>Gamba, 2015, ретросп [211]</i>	90	0%	34,2± 19,3	97,7%	97,7%	98,8%
<i>Khvan, 2020, РКИ [212]</i>	64	3%	84	83%	92,8%	92,8%
<i>Aalaei-Andabili, 2019, ретросп [213]</i>	177	1,69%	96	93%	98%	93,6%
<i>Aalaei-Andabili, 2017, ретросп с-м Марфана [214]</i>	37	0%	96	94%	100%	100%
<i>Alhussaini, 2022, ретросп ОРА А [215]</i>	24	8,3%	60	85,2%±8%	93%±6,9%	95%

Имеющиеся литературные данные указывают на обнадеживающие результаты процедуры Florida Sleeve. Тем не менее, в литературе встречаются лишь единичные работы, сравнивающие данную процедуру с такой надежной методикой как операция David. Российское исследование Khvan и коллег является единственным РКИ по этой тематике, однако продемонстрированная сопоставимость операции Florida Sleeve с классической реимплантацией сомнительна по причине небольшого числа включенных пациентов [212]. Для формирования ценных выводов необходимо проведение большего числа исследований, включая метаанализов, сравнивающих процедуру Florida Sleeve с другими клапансохраняющими методиками восстановления КА.

Как неоднократно отмечалось выше, аннулодилатация АК более 25 мм является фактором риска ранней и отдаленной «неудачи» пластики АК. Ранне мы подробно описали технику экстравальвулярной аннулопластики АК, предложенную Lansac и коллегами [92,93]. Для когорты пациентов с расширением ВА предложена методика ремоделирования, дополненная подобной аннулопластикой [216]. В нескольких исследованиях продемонстрированы удовлетворительные результаты данной процедуры, причем в различных когортах пациентов, включая лиц с БАК и острым расслоением аорты [217,218,216,50]. Тем не менее, такой подход имеет ограничение – он применим лишь для категорий больных с умеренным расширением КА [221]. Единственное исследование, сравнивающее клинические исходы реимплантации (n=59) и ремоделирования, дополненного экстравальвулярной аннулопластикой (n=83), является работа Lenoir и коллег [222]. Ни в одной из групп не отмечено случаев госпитальной летальности, а в отдаленном периоде отмечено 5 смертей во всей популяции. Общая 5-летняя выживаемость для каждой из групп составила 100%. Кумулятивная свобода от реопераций в течение 5 лет также была эквивалентна для обеих когорт (97±2% в обеих группах, p=0,95). Свобода от значимой аортальной регургитации составила 84±5% в группе ремоделирования с аннулопластикой против 83±6% в группе реимплантации (p=0,62). Авторы заключили, что экстравальвулярная аннулопластика эффективна для стабилизации размеров кольца, однако требуются дальнейшие сравнительные исследования.

Место процедуры 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. Первые результаты использования данного подхода в когорте пациентов с пороками АК и сопутствующим расширением/аневризмой ВА продемонстрированы в работе Elkins и коллег [21]. Исследование включило 44 пациента, из которых у 18

пороку сопутствовала аневризма ВА (средний возраст 31 год), а у 26 – значительная дилатация КА (средний возраст 36 лет). В дополнение к процедуре Росса выполнялась экстравальвулярная аннулопластика с помощью дакроновой манжеты или перикардиальной полоски. В раннем послеоперационном периоде отмечено 1 летальный исход, связанный с периоперационным инсультом. В течение максимального срока наблюдения в 2,2 года у 42 пациентов отмечалась нормальная функция аутотрансплантата с минимальной регургитацией клапана.

Следует отметить, что в предыдущих отчетах пациенты с БАК и расширенным КА/ВА считались группами наивысшего риска дилатации аутотрансплантата и неоаортальной недостаточности [223,224]. Slater и коллеги в 2005 году представили метод помещения легочного аутотрансплантата в дакроновую трубку для предотвращения дилатации [225]. В недавнем отчете Ashfaq и коллег продемонстрировали актуальную на сегодняшний день хирургическую технику «Reinforced Ross procedure» [226]. Мы не будем останавливаться на методах оценки и эксплантации легочного аутографта, а лишь опишем пути его подготовки и реимплантации. При подготовке аутографта следует уделять особое внимание обрезке всей избыточной мышечной и жировой ткани из ВОПЖ и части свободной стенки аутотрансплантата. Дистально аутографт обрезают с целью обеспечения одинаковой высоты ткани над верхней частью комиссуральных столбиков. Размер аутографта определяется с помощью расширителей Hegar. Диаметр линейного сосудистого протеза должен быть на 3-4 мм больше внутреннего диаметра аутографта. Под углом 120 градусов на линейный сосудистый протез наносятся 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. Дистальная часть аутографта тотчас выше

комиссур фиксируется 9 швами к дистальной части дакронового протеза. Аортальный клапан, нативные комиссуральные столбики и стенки синусов Вальсальвы иссекаются. Через надкрышки нативного АК проводится три полипропиленовых шва 4-0 под углом 120 градусов, которые пропускаются через ранее отмеченные точки на аутографте и протезе. Следующим этапом конструкция фиксируется непрерывным проленовым швом к КА от одного надкрышка к другому. Коронарные артерии реимплантируются путем взятия в шов аутографта и протеза.

Литературные данные, посвященные результатам процедуры «Reinforced Ross» в когорте пациентов с аневризмой/расширением корня и восходящей аорты представлены в Таблице 17.

Таблица 17. Результаты «Reinforced Ross procedure» в когорте пациентов с аневризмой/расширением КА и ВА.

Автор/год/n=п ац-в	Ср. возраст (лет)	Госп./ 30- дн. лет-ть	Срок набл (мес)	Свобода от реопераций (корень Ао)	Свобода от реопера ций (ПЖ)	Свобода от значимой АР	Ср/отд. выж-сть
<i>Karaskov, 2016, 162 [227]</i>	51.0±10.7	5.6%	40,1±21,6	89.0±6.6%	-	94,7%	93,8%
<i>Ashfaq, 2020, 25 [226]</i>	29	0%	72	76%	-	76%	100%
<i>Brown, 2010, 128 [228]</i>	28,8±14,4	0%	30	100%	100%	99,2%	100%
<i>Leyh, 2003, 12 [229]</i>	41,2±10,9	-	18,6±16,3	-	-	91,6%	-
<i>Juthier, 2010, 4 [230]</i>	29,7±10,8	0%	56	100%	100%	100%	100%
<i>Andreas, 2014, 76 [231]</i>	29±15	1,6%	76,8	95%	95%	96%	96%
<i>Leeds, 2022, 4 [232]</i>	29,6±13,5	0%	72	100%	100%	100%	100%

Несмотря на большое количество публикаций, посвященных «Reinforced Ross procedure», использование данной методики в когорте пациентов с аневризмой/расширением КА и ВА, нашло отражение в минимальном количестве публикаций. Исследование Karaskov и коллег, по сути, является единственной работой, включившей пациентов с патологией ВА, подвергшихся операции Росса [227]. Наиболее распространенным мнением является то, что процедура Росса целесообразна и выполнима

только у молодых пациентов [233]. Ограничением использования процедуры Росса в когорте пациентов с патологией корня и восходящей аорты является устоявшееся мнение о недопустимости ее выполнения при дисплазии соединительной ткани [234]. Тем не менее, опубликованы ограниченные серии использования данного подхода у пациентов с синдромом Марфана [235]. Кроме того, в исследовании Karaskov и коллег указывается на 14 случаев синдрома Марфана, продемонстрировавших хорошие непосредственные результаты [227].

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 корня, БАК, артериальная гипертензия и аннулодилатация [227]. Вместе с тем, именно «Reinforced Ross procedure» представляется методом, нивелирующим эти факторы риска.

Возможности аутоперикардальной неокуспидизации АК (AVNeo) в хирургии корня и восходящей аорты. Об использовании аутологичного перикарда в хирургии аортального клапана впервые сообщил Donald Ross в 1963 г в серии из 9 клинических случаев, посвященных пластике створок [236]. Следует отметить, что аутоперикард применялся лишь у одного пациента с целью замещения левой некоронарной створки бicuspidального клапана без указания техники обработки материала и отдаленных результатов. Эволюция понимания анатомии корня аорты, развитие методов визуализации, оптимизация обработки аутологичного перикарда и разработка шаблонов, аналогичных нативным створкам АК, привели к широкому внедрению методики в повседневную хирургическую практику многих центров [237]. Современные методы неокуспидизации АК аутологичным перикардом ассоциированы с хирургическими техниками, предложенными Duran и Ozaki [238,239]. Во многих исследованиях продемонстрированы удовлетворительные ранние и среднеотдаленные результаты AVNeo

[240,241,242,243,244]. Кроме того, этот метод «подкупает» отсутствием необходимости в приеме антикоагулянтов и приемлемыми гемодинамическими параметрами, сопоставимыми с таковыми после процедуры Ross [245]. Вполне логично, что при сочетании аневризм корня и восходящей аорты с дегенеративно измененными створками АК, перспективным и наиболее физиологичным вариантом лечения было бы сочетание операции Бенталла-Де Боно с неокуспидизацией клапана.

На сегодняшний день, возможность комбинации этих методик постулирована лишь в двух публикациях [22,246]. Первое сообщение о возможности комбинации процедур Бенталла-Де Боно и неокуспидизации АК аутологичным перикардом принадлежит Российской группе исследователей во главе с Комаровым Р.Н. [22]. Следует отметить, что данная публикация является лишь описанием хирургической техники в форме «how do it» без представления каких-либо клинических исходов процедуры. В недавнем отчете о клиническом случае Seese и коллеги представили свою хирургическую технику комбинации процедур Бенталла-Де Боно и AVNeo [246]. После срединной стернотомии производится забор листка аутологичного перикарда размером 10x10 см, который экспозируется в .0,6% глутаровом альдегиде в течение 10 минут, а затем 3 раза промывается стерильным физиологическим раствором с интервалом в 6 минут. Аналогично с предыдущей методикой использовались шаблоны Озаки. В данном случае имплантировался протез ВА с имитацией синусов Вальсальвы размером 26 мм (Sulzer Vascutek, Шотландия). Такой размер был выбран на основе результатов компьютерной томографии и интраоперационного измерения диаметра КА с помощью ТЕЕ, по формуле: диаметр корня аорты+3 мм. Аутоперикардальные неостворки вшивались на столе до начала ИК. при чреспищеводной эхокардиографии. Основываясь на измерениях межкомиссуральных расстояний, вырезано 3 симметричные неостворки 29 размера. Протез разрезался на 5 мм выше псевдосинусов Вальсальвы, фиксация неостворок выполнялась аналогично подшиванию к

нативному КА, при помощи 3 непрерывных полипропиленовых швов, начиная с надиров, предварительно прочерченной на протезе линии. Следующим этапом подключается ИК, пережимается аорта, вводится кардиоплегический раствор, иссекается нативный АК. «Hand made» конduit имплантирован в КА при помощи непрерывного полипропиленового шва 3-0. Коронарные артерии реимплантировались стандартным методом, в виде «пуговиц». Графическое изображение методики Seese представлено на рисунке 8.

Рисунок 8. Протезирование корня аорты кондуитом, содержащим неостворки из аутологичного перикарда [246].



Послеоперационная гемодинамика корня аорты. Изучение физиологичности гемодинамики в области корня аорты может иметь большое прогностическое значение для клинических исходов различных процедур, в особенности для клапансберегающих. В этом контексте рассматривают сравнение гемодинамики линейных протезов и протезов с псевдосинусами Вальсальвы, физиологию кровотока после клапансохраняющих процедур и протезирования, а также гемодинамику после реимплантации и ремоделирования. В последние годы активно постулируется использование для реимплантации АК кондуитов с воссозданными синусами Вальсальвы [247]. Как отмечалось выше, концептуальные преимущества такого подхода включают восстановление нормальной физиологии кровотока в аорте путем воссоздания анатомии нативного синуса. Тем не менее, широкое использование линейных протезов для выполнения клапансохраняющих процедур с достаточно хорошими отдаленными результатами, может указывать на неоправданность

применения графтов с синусами Вальсальвы. В таблице 18 представлены результаты современных клинических и экспериментальных исследований, посвященных сравнению линейных сосудистых протезов с протезами, имеющими синусы Вальсальвы.

Таблица 18. Линейные протезы против протезов с синусами Вальсальвы – данные мировой литературы.

Автор	Год	Дизайн	Лучше ли Вальсальва графт? (да/нет/хуже/сомнит)	Основные результаты
<i>Beckmann [247]</i>	2020	Ретросп сравнение 2 групп пациентов	нет	Нет отличий между группами в отношении выживаемости и свободы от значимой аортальной недостаточности
<i>Gaudino [248]</i>	2019	Сравнение результатов 4d flow МРТ между 2 группами	да	Более физиологичный кровоток и снижение аномального напряжения стенки аорты при использовании протезов с синусами Вальсальвы
<i>Paulsen [249]</i>	2019	Сравнение 2 видов протеза -эксперимент, 3d принтер	хуже	Оба протеза одинаково хороши с точки зрения гемодинамики и коронарного кровотока. Линейные протезы обеспечивают повышенную комиссуральную стабильность и коаптацию створок.
<i>Galea [250]</i>	2018	Сравнение результатов 4d flow МРТ между 2 группами	да	Протезы с синусами связаны со значительно более низким напряжением сдвига стенки и организованными вихревыми потоками на уровне синусов
<i>Oechtering [251]</i>	2016	Сравнение результатов 4d flow МРТ: протезы с синусами против здоровая аорта	да	Обеспечивают физиологическую функцию клапана
<i>Sieren [252]</i>	2020	Сравнение результатов 4d flow МРТ между различными видами протезов, а также здоровой аортой	сомнит	Незначительное снижение сдвига стенки в группе протезов с синусами
<i>Salica [25]</i>	2015	Сравнение 2 видов протеза -эксперимент	да	синусы Вальсальвы играют ключевую роль в оптимизации гемодинамики во время систолы, минимизируя потери энергии
<i>Gaudino [253]</i>	2017	Ретросп сравнение 2 групп пациентов (ранние послеоперационные результаты)	нет	Нет отличий между группами
<i>Ando [254]</i>	2016	Ретросп сравнение 2 групп пациентов (с-м Марфана)	нет	Сопоставимые результаты протеза с синусами с другими протезами

Результаты представленных исследований не позволяют сделать однозначный вывод о преимуществе протезов с синусами Вальсальвы над линейными протезами при вмешательствах на корне аорты. Если исследования, посвященные оценке физиологичности кровотока при помощи 4d flow MPT, и указывают на лучшую гемодинамику в трансплантатах с синусами, то единичные клинические и экспериментальные отчеты не выявляют какую-либо разницу.

Collins и коллеги сравнили гемодинамику корня аорты при помощи 4d flow MPT у пациентов, перенесших процедуру BioBentall и David [255]. По результатам исследования сделан вывод о лучших гемодинамических исходах клапансохраняющих процедур, на что указывает снижение пиковых скоростей в корне аорты и меньшей турбулентности кровотока.

Как отмечалось выше, ремоделирование корня аорты физиологически превосходит реимплантацию АК [26], не решая, однако, проблему аннулодилатации кольца, часто возникающую у молодых лиц с соединительнотканной дисплазией. Ремоделирование корня аорты практически не оказывает отрицательного воздействия на систолические характеристики аортального клапана, поскольку не меняет диаметр ФК и не влияет на его движение во время сердечного цикла [256]. Кроме того, лишь незначительно увеличивается скорость открытия и закрытия створок [26]. Реимплантация аортального клапана в дакроновый трансплантат диаметрально изменяет анатомофизиологическую картину в КА: затрагивается ФК, створки, СТС и синусы Вальсальвы [256]. ФК становится жестким, а степень его сужения варьируется в зависимости от размера используемого протеза и техники фиксации. СТС уменьшается, а синусы Вальсальвы при протезировании линейным протезом и вовсе исчезают. Тем не менее, скорость открытия и закрытия створок можно уменьшить, создав неосинусы или используя протез с синусами Вальсальвы [257,258]. Фиксация ФК АК и уменьшение его диаметра неизменно увеличивает сопротивление кровотока до некоторой степени, чего не наблюдается после

ремоделирования корня аорты. D'Ancona и коллеги опубликовали исследование, в котором изучали гемодинамику АК после реимплантации в сравнении с таковой у здоровых лиц [259]. Функцию аортального клапана оценивали с помощью эхокардиографии в покое и при максимальной нагрузке, исследовалась площадь ВОЛЖ и скорости кровотока. Индекс площади аортального клапана в состоянии покоя составил $1,1 \pm 0,2 \text{ см}^2/\text{м}^2$ в группе реимплантации и $1,5 \pm 0,2 \text{ см}^2/\text{м}^2$ в контрольной группе ($p=0,0001$), а во время максимальной нагрузки - до $1,4 \pm 0,2$ в группе реимплантации и до $1,7 \pm 0,2$ в контрольной группе. Исследуемые группы не отличались в отношении пиковых и средних трансклапанных градиентов в покое и во время упражнений. Таким образом, средний эффективный индекс отверстия АК после реимплантации оказался меньше, чем у сопоставимых пациентов группы контроля, однако и систолические характеристики были превосходными, а отверстие аортального клапана увеличивалось в ответ на физическую нагрузку.

Факторы риска аортальной недостаточности после клапансохраняющих вмешательств на корне аорты. Легкая аортальная регургитация ≤ 2 является важной проблемой после клапансохраняющих вмешательств на КА: их частота составляет $\sim 30\%$, а скорость прогрессирования - $\sim 0,3$ степени/пациентов-год в течение первых 5 лет [260]. При прогрессировании АР в течение первых 5 лет после процедуры, вероятность появления показаний к протезированию АК составляет 26%. По результатам крупного многоцентрового исследования Кагi и коллег, включившего 764 пациента, выявлено 2 пика потребности в протезировании аортального клапана в среднесрочной перспективе после клапансохраняющей процедуры: через 3 года и через 7-10 послеоперационных лет [260]. Многофакторный регрессионный анализ выявил, что достоверными переменными, связанными со значимой АР, является максимальный размер аневризмы ($p=0,07$) и предоперационная функция АК ($p=0,08$). Интересным оказался факт благоприятного прогностического значения синдрома Марфана на развитие

АР после клапансохраняющих операций. Достоверным фактором развития легкой АР явилось также дополнительное вмешательство на створках.

Esaki и коллеги изучили факторы риска развития поздней аортальной недостаточности/стеноза после процедуры David [261]. В исследование включено 282 пациента, средний возраст которых составил 46,4 года, БАК выявлен 22,7%, а синдром Марфана – у 14,5%. Многопараметрический анализ показал, что диаметр корня аорты 55 мм или больше (ОР 3,44, 95% ДИ: 1,27–9,29, $p=0,01$), БАК (ОР 16,07, ДИ 95%: 3,12, $p=0,001$) и пластика створок (ОР 5,91, 95% ДИ: от 1,17 до 29,86, $p=0,03$), оказались факторами риска значимой регургитации АК в отдаленном периоде после клапансохраняющих вмешательств.

Habertheuer и коллеги рассмотрели факторы риска резидуальной аортальной недостаточности после восстановления бicuspidального аортального клапана [262]. Детерминанты АР рассмотрены для группы реимплантации, экстравальвулярной аннулопластики и субкомиссуральной аннулопластики. Регрессионный анализ продемонстрировал, что размер ФК АК более 30 мм является достоверным предиктором АР для пациентов, перенесших экстравальвулярную аннулопластику.

Van Dyck и коллеги сообщили, что рецидив аортальной регургитации может быть следствием остаточного пролапса, прогрессирующего спустя годы после операции [263]. Слишком короткая или низкая коаптация в линейном протезе приведет к рецидиву АР, требующему реоперации.

Karciauskas и коллеги рассмотрели данные пациентов ($n=81$), перенесших клапансохраняющие операции на корне аорты в одном центре [264]. По данным многофакторного анализа, независимыми предикторами резидуальной АР ($> 2+$) оказались эффективная высота ниже 9 мм ($p=0,02$) и остаточная послеоперационная регургитация легкой степени ($p=0,0001$).

Miyahara и коллеги изучили эхокардиографические особенности, связанные с рецидивирующей регургитацией АК после клапансохраняющих вмешательств на корне аорты [265]. Снижение эффективной высоты ($7,47\pm$

3,3 мм в группе умеренной или значимой АР по сравнению с 8,81±/ - 2,1 мм в группе легкой АР, $p=0,049$), послеоперационная эксцентрическая струя (57,1% в группе умеренной или значимой АР по сравнению с 12,5% в группе легкой АР, $p=0,0005$) и вздутие створок (78,6% в группе умеренной или значимой АР по сравнению с 20,8% в группе легкой АР, $p < 0,0001$) значимо коррелировали с выраженной АР в отдаленном периоде после операции.

Kunihara и коллеги исследовали факторы, детерминирующие долгосрочную стабильность аортального клапана после клапансохраняющих операций на КА [90]. Предикторами повторных вмешательств на АК послужили диаметр ФК более 28 мм ($p < 0,001$), использование перикардальных вставок ($p=0,022$) и эффективная высота створки менее 9 мм ($p=0,049$).

Заключение. Многолетний опыт изучения анатомии корня аорты позволил выявить морфологические детерминанты и классификации, понимание которых определяет успех реконструктивного вмешательства у различных групп пациентов. Клапансберегающая операция в этой зоне требует четкого понимания механизма клапанной дисфункции, как, например, коррекция пролапса, фенестрации или аннулопластика. Современные рекомендации по проведению вмешательств на корне аорты позволяют принять правильное решение при любой клинической ситуации. Процедура BioBentall с использованием бескаркасных клапанов и протезов с синусами Вальсальвы демонстрирует сопоставимые с клапансохраняющими вмешательствами результаты. Несмотря на преимущество ремоделирования корня аорты в отношении физиологичности послеоперационной гемодинамики, отдаленные результаты указывают на лучшую выживаемость и свободу от значимой аортальной регургитации среди пациентов, перенесших реимплантацию. Модификация «Reinforced Ross» представляется наиболее перспективной в отношении послеоперационных клапанных гемодинамических показателей в когорте пациентов, которым невозможно выполнить реконструкцию нативного клапана, однако в этом случае необходима опытная хирургическая

бригада и тщательный отбор пациентов. Комбинация процедур Бенталла-Де Боно с аутоперикардальной неокуспидизацией является экономически выгодным и воспроизводимым методом хирургии корня аорты в когортах пациентов, не подходящих или сомнительно подходящих для клапансохраняющих операций, однако такие вмешательства требуют оценки ранних и отдаленных результатах.

ГЛАВА 2. МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ.

2.1 Дизайн исследования

Представленное исследование включило ретроспективный анализ 183 пациентов, подвергшихся хирургическому лечению по поводу патологии корня аорты, в клинике Факультетской хирургии № 1 ФГАОУ ВО Первый МГМУ им. И. М. Сеченова Минздрава России в период с 2014 по 2021 гг.

Включенные в исследование пациенты (n=183) разделены на следующие группы:

Группа I (David) – включила больных с трехстворчатой анатомией АК и отсутствием структурного поражения створок, перенесших процедуру David (n=41);

Группа II («нестандартный» David) – пациенты с трехстворчатой или бicuspidальной анатомией АК и частичным структурным поражением створок, перенесшие процедуру David с дополнительным пластическим вмешательством на нативных створках (n=29);

Группа III («Русский конduit») – пациенты с патологией корня и восходящей аорты, имевшие значимое поражение АК и перенесшие оригинальную процедуру «Русский конduit» (n=26);

Группа IV (операция Росса) - пациенты с патологией корня и восходящей аорты, имевшие значимое поражение АК и перенесшие процедуру «Reinforced Ross» - «защищенный Росс» (n=33);

Группа V (Бенталла-Де Боно, контрольная группа) - пациенты с патологией корня и восходящей аорты, имевшие значимое поражение АК и перенесшие процедуру Бенталла-Де Боно с использованием механического протеза АК (n=54).

Критерии включения:

- добровольное согласие пациента на использование результатов обследований в среднеотдаленные и отдаленные сроки после операции;
- пациенты, перенесшие протезирование корня и восходящей аорты с каким-либо вмешательством на АК: реимплантация, пластика створок или протезирование.

Критерии исключения:

- пациенты, перенесшие раздельное протезирование АК и восходящей аорты;
- пациенты, перенесшие одномоментное вмешательство на дуге аорты;
- острое расслоение аорты тип I и III по Дебейки.
- пациенты, перенесшие ремоделирование КА или процедуру Florida Sleeve;
- пациенты, перенесшие протезирование ВА и экстравальвулярную аннулопластику АК;
- необходимость протезирования других клапанов сердца;
- пациенты младше 18 лет;
- пациенты, отказавшие в публикации результатов диагностических обследований в среднеотдаленные сроки после операции.

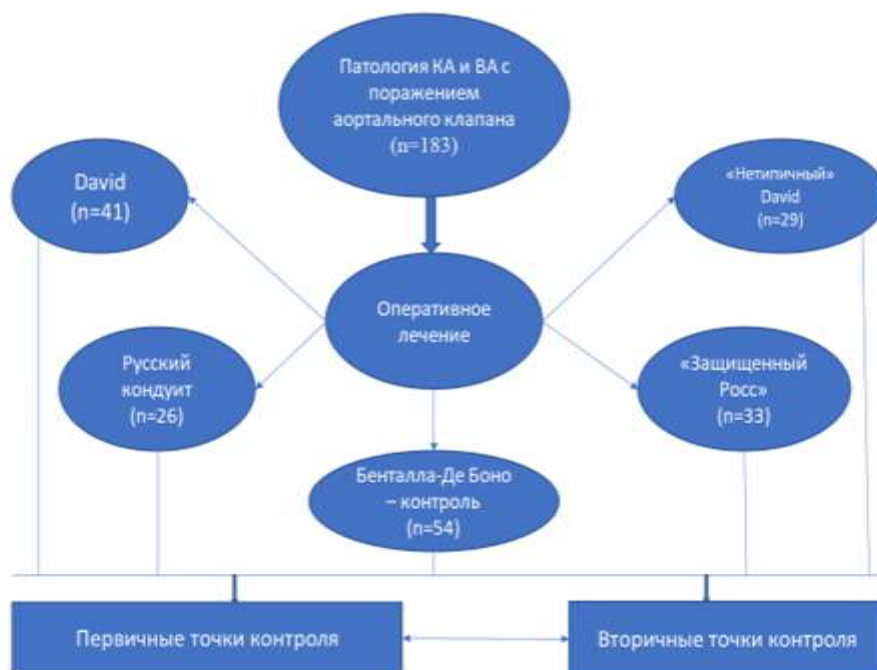
Контрольные точки исследования представлены в Таблице 19.

Таблица 19. Контрольные точки исследования

Первичные точки	Вторичные точки
ранняя послеоперационная летальность	длительность ИК
кумулятивная выживаемость в среднеотдаленные сроки	длительность пережатия аорты
кумулятивная свобода от реопераций в среднеотдаленные сроки	длительность пребывания в ОРИТ
частота аортальной регургитации 2 ст и выше в среднеотдаленные сроки	длительность пребывания в стационаре
кумулятивная свобода от повторных сердечно-сосудистых событий в среднеотдаленные сроки	суммарный объем кровопотери
	частота реторакотомий по поводу кровотечений
	частота конверсий на протезирование АК
	частота повторного вмешательства интраоперационно (повторный зажим)
	сердечно-сосудистые осложнения в раннем п/о периоде
	средний градиент на АК в среднеотдаленные сроки

Графическое изображение дизайна исследования представлено на рисунке 9.

Рисунок 9. Дизайн исследования



2.2 Общая характеристика пациентов

Средний возраст пациентов (n=183) составил $50,4 \pm 15$ лет (от 18 до 83). Гендерное распределение: 158(86,3%) пациентов мужской пол, 25(13,7%) – женский пол. Усредненный показатель площади поверхности тела (BSA) составил $2,0 \pm 0,2$ м² (от 1,58 до 3,05), индекс массы тела (BMI) - 27 ± 5 кг/м² (от 14,4 до 51,36). В таблице 20 представлены исходные клинические данные пациентов, касающиеся сердечно-сосудистой системы.

Таблица 20. Исходные клинические данные пациентов, касающиеся сердечно-сосудистой системы

Параметр	n(%)
НУНА 1	16(8,7)
НУНА 2	94(51,4)
НУНА 3-4	73(39,9)
Стернотомный доступ в анамнезе	15(8,2%)
Вмешательство на аорте в анамнезе	10(5,5)
Мультифокальный атеросклероз	75(41)
Аневризма брюшной аорты	2(1,1)
Стеноз БЦА	16(8,7)
Стеноз артерий нижних конечностей	6(3,3)
ИБС	50(27,3)
Стентирование коронарных артерий	7(3,8)
ФП	26(14,2)
ТП	1(0,5)
ЖЭ	13(7,1)
ЖТ	2(1,1)
Внезапная смерть в анамнезе	2(1,1)
РЧА в анамнезе	1(0,5)

Показания к вмешательству на корне аорты основаны на рекомендациях ESC-AD 2014 [109], Michelena [112] и 2021 ESC/EACTS Guidelines [122]. Следует отметить, что в 177(96,7%) случаев наблюдалось

аневризматическое расширение аорты либо на уровне синусов Вальсальвы, либо на уровне восходящего отдела. У 174(95,1%) пациентов наблюдалась различной степени аннулодилатация АК (≥ 25 мм), у 73(39,9%) – выраженный или умеренный стеноз АК. Клинические параметры, связанные с изменениями в корне аорты, и относящиеся к хирургическим показаниям представлены в Таблице 21.

Таблица 21. Клинические параметры, связанные с изменениями в корне аорты

Параметр	n(%)
Аневризма корня и ВА	130(71)
Пограничное расширение корня и ВА (4,5-5,0 см)	47(25,7)
Аннулодилатация АК	174(95)
ОРА II типа	17(9,3)
Синдром Марфана	11(6)
АН 2 ст и выше	168(91,8)
Аортальный стеноз тяжелой степени	73(39,9)
Кальциноз/фиброз створок	77(42,1)
Инфекционный эндокардит АК	8(4,4)
БАК	62(33,9)

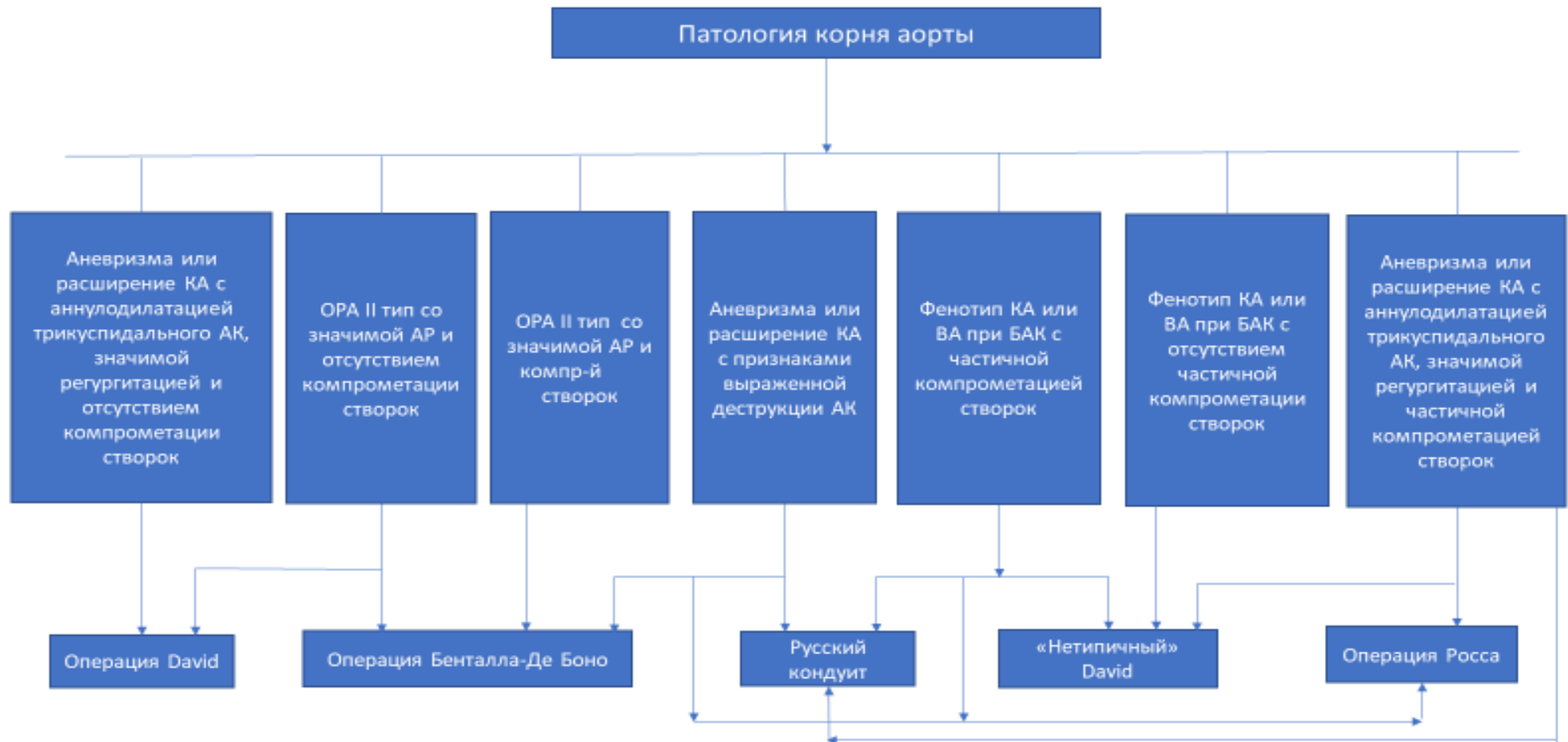
Структура коморбидной патологии представлена в Таблице 22.

Таблица 22. Структура коморбидной патологии

Сопутствующая патология	n(%)
ХОБЛ	35(19,1)
СД	10(5,5)
ГБ	126(68,9)
ХБП	11(6)
Инфекционные заболевания	8(4,4)
ОНМК в анамнезе	6(3,3)
Курение	46(25,1)

Исходная стратегия выбора хирургического метода лечения, вошедшая в наше исследование, представлена на рисунке 10. При аневризме или расширении КА с аннулодилатацией трикуспидального АК, значимой регургитацией и отсутствием компротации створок мы предпочитали выполнение процедуры David. При ОРА II типа со значимой АР и отсутствием компротации створок нами выполнялась либо процедура David, либо Бенталла-Де Боно. В случае аневризмы или расширения КА в сочетании с выраженной деструкцией АК, в зависимости от возраста, клинического статуса, наличия противопоказаний к пролонгированному времени ИК и пережатия аорты, а также предпочтений пациента, мы выполняли либо операцию Бенталла-Де Боно, либо процедуру «Русский конduit» или операцию Росса. У пациентов с бикуспидальным АК, частичной компротацией створок или без нее и фенотипом КА или ВА мы стремились сохранить нативный клапан, выполняя процедуру реимплантации по типу «Нетипичный» David, однако в случае прогнозируемой неудачи (значимое кальцинированное поражение части створки или нарушение геометрии), мы выполняли удаление нативного клапана с протезированием («Русский конduit» или процедура Росса). Аналогичная тактика касалась аневризм или расширения КА с аннулодилатацией трикуспидального АК, значимой регургитацией и частичной компротацией створок.

Рисунок 10. Исходная стратегия выбора хирургического метода.



Исходные эхокардиографические данные исследуемой популяции (n=183) представлены в Таблице 23.

Таблица 23. Исходные эхокардиографические данные

<i>Параметр</i>	<i>Значение</i>
ФВ ЛЖ (%) $M \pm SD$ (min-max)	54,5 \pm 5,8(40-69)
КДО ЛЖ (мл) $M \pm SD$ (min-max)	174,3 \pm 53(94-360)
ЛГ n(%)	89(48,6%)
ФК АК (мм) $M \pm SD$ (min-max)	26,4 \pm 2,3(22-35)
Ср. град на АК (мм рт ст) Me(Q _{25%} -Q _{75%})	21,1 (3;78)
МН 2 ст n(%)	102(55,7%)
ТН 2 ст n(%)	20(10,9%)
Средний размер аорты на уровне синусов Вальсальвы (мм) $M \pm SD$ (min-max)	49,9 \pm 8,2(30-83)
Средний размер аорты на уровне восходящей аорты (мм) $M \pm SD$ (min-max)	54,9 \pm 10,8 (32-93)

Интраоперационные данные и ранние послеоперационные исходы представлены в Таблице 24.

Таблица 24. Интраоперационные данные и ранние послеоперационные исходы

Стернотомия <i>n</i> (%)	177(96,7%)
Мини-стернотомия <i>n</i> (%)	4(2,2%)
Левая торакотомия <i>n</i> (%)	2(1,1%)
Вмешательство на МК <i>n</i> (%)	18(9,8%)
Вмешательство на ТК <i>n</i> (%)	3(1,6%)
АКШ <i>n</i> (%)	33(18%)
ИК (мин) $M \pm SD$ (<i>min-max</i>)	143,9 \pm 51,9(73-390)
ИМ (мин) $M \pm SD$ (<i>min-max</i>)	105,9 \pm 33(48-238)
Кровопотеря (интра-послеоперационная) (мл) $Me(Q25\%-Q75\%)$	676,7(200;6000)
Конверсия методик интраоперационно <i>n</i> (%)	1(0,5%)
Длительность в ОРИТ(дни) $M \pm SD$ (<i>min-max</i>)	2,1(1;61)
Длительность в стационаре(дни) $M \pm SD$ (<i>min-max</i>)	17,2 \pm 8,9(1-85)
Смерть стационар <i>n</i> (%)	13(7,1%)
Реторакотомия по поводу кровотечения <i>n</i> (%)	9(4,9%)
ОСН <i>n</i> (%)	20(10,9%)
ОПН диализ <i>n</i> (%)	12(6,6%)
Полиорганная недостаточность <i>n</i> (%)	12(6,6%)
Медиастинит <i>n</i> (%)	3(1,6%)
ДН <i>n</i> (%)	15(8,2%)
НРС <i>n</i> (%)	22(12%)
ЭКС <i>n</i> (%)	4(2,2%)
ОНМК <i>n</i> (%)	5(2,7%)

2.3 Хирургическая техника

Операция «Русский конduit» выполнялась у 26(14,2%) пациентов. Оригинальный метод протезирования корня аорты разработан в Клинике аортальной хирургии Сеченовского университета (Патент на изобретение 2734748 С2, 22.10.2020. Заявка № 2018131706 от 04.09.2018) [266]. Комаров и коллеги представили 2 метода приготовления «hand made» кондуита для протезирования корня аорты.

Техника 1 [22]. После срединной стернотомии выполняется забор листка перикарда размером примерно 8*8 см, который экспонируется в 0,6% глутаровом альдегиде в течение 8 минут с последующей двухкратной обработкой физиологическим раствором (в течение 8 минут). Параллельно проводится ТЭЕ с целью измерения ФК АК. Расчет размера линейного сосудистого протеза делается таким образом: если ВА не раширена, то размер протеза равен +5 мм к диаметру ВА, в случае увеличения ВА, то берется протез диаметром 30 или 32 мм. Размер створок определяют по следующей 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 ячейке на шаблоне Озаки. Из подготовленного листка перикарда вырезается три симметричных неостворки (рис 11А). По нижнему краю протеза проводится прямая линия, отступая 5 мм от края, с целью фиксации к КА. Далее неостворки фиксируются к протезу тремя непрерывными проленовыми швами, которые завязываются снаружи протеза (11Б). Готовый конduit выворачивается в исходное положение и имплантируется по классической методике Бенталла-Де Боно.

Рисунок 11. Техника 1 приготовления протеза «Русский конduit» [22].



А

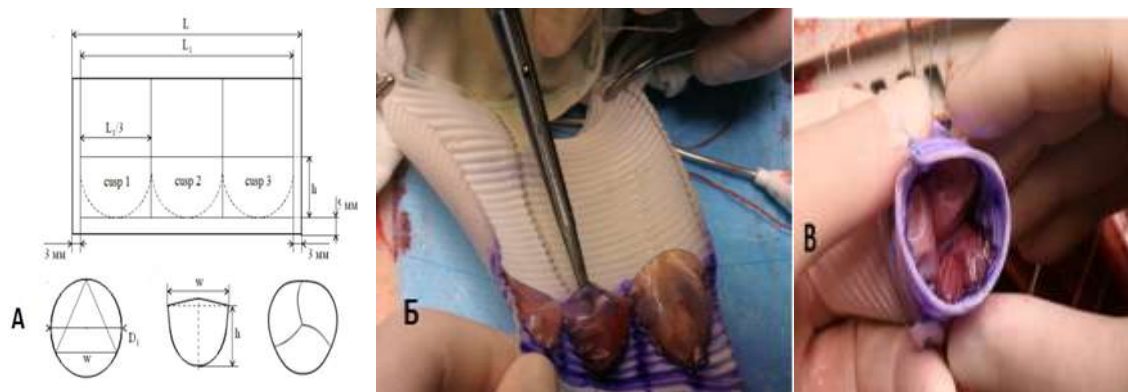


Б

Техника 2 [22]. Этот метод предполагает более сложный вариант расчета размера протеза и неостворок (рис. 12А). Сосудистый протез разрезается вдоль в продольном направлении, в результате чего получается

прямоугольное сечение с шириной (w), равной длине (L) участка окружности протеза, закрепленного под углом к плоской поверхности. Вдоль левого и правого краев на расстоянии 2,5 мм чертятся две прямые линии с целью последующего восстановления его целостности. Таким образом, окружность протеза (после последующего восстановления целостности): $L_1 = L - 5$ мм. Сосудистый протез делится на 3 равные части, а на основе формулы, представленной на рисунке 12А, получают межкомиссуральные расстояния и выбирается соответствующая ячейка шаблона Озаки. Отступая 5 мм от нижнего края протеза проводится прямая линия (для фиксации к ФК АК). Параллельно данной линии на расстоянии, соответствующем высоте комиссур (h), проводится еще одна прямая линия. Далее неостворки фиксируются к протезу тремя непрерывными проленовыми швами, которые завязываются снаружи протеза (12Б). Целостность протеза восстанавливается по заранее намеченным линиям непрерывным проленовым швом (12В).

Рисунок 12. Техника 2 приготовления протеза «Русский кондуит» [22].

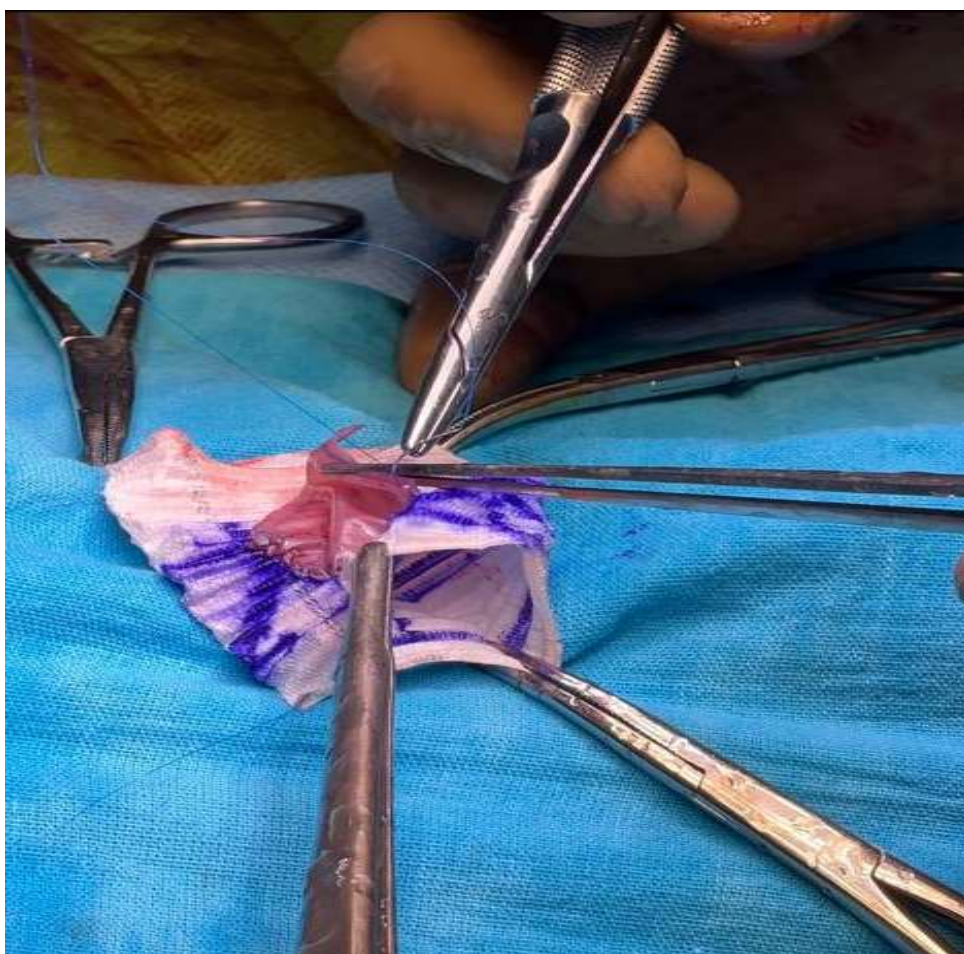


Следует отметить, что в настоящий момент «hand-made» кондуит мы изготавливаем путем выворачивания дакронового протеза для фиксации створок, отказавшись от методики поперечного рассечения протеза.

На этапе фиксации аутоперикардальных створок к сосудистому протезу мы всегда используем полипропиленовую нить 0,5 мм с колющей иглой 13 или 17 мм, что повышает прицезионность шва. На данном этапе 4-5 стежков делаются в соотношении 3:1 (вкол на неостворке в 3 раза меньше, чем на сосудистом протезе), что позволяет анатомично гофрировать створку.

Последующие 2 стежка делаются в соотношении 2:1, а последние – 1:1. Техника гофрирования неостворки представлена на рисунке 13.

Рисунок 13. Этап подшивания створки к вывернутому сосудистому протезу



С целью увеличения площади коаптации, а также получения должной эффективной высоты, после фиксации неостворок и обратного выворачивания сосудистого протеза, мы выполняем укрепление неокомиссур отдельными п-образными швами, накладываемыми между соседними створками, которые выводятся и завязываются снаружи (рис. 14). Таким образом, мы получаем готовый протез КА с эффективной высотой не менее 1,0 см (рис. 15). При имплантации протеза в корень аорты мы предпочитаем использовать методику «открытого» Бенталла-Де Боно с глубокой мобилизацией КА и выделения устьев коронарных артерий на площадках (рис. 16). С целью профилактики кровотечений мы используем технику

фиксации «воротника» нативной аорты к сосудистому протезу непрерывным полипропиленовым швом 0,5 мм (рис. 17).

Рисунок 14. Укрепление неокомиссур



Рисунок 15. Геометрия готового протеза



Рисунок 16. Стандартная мобилизация корня аорты при операции «Русский конduit»

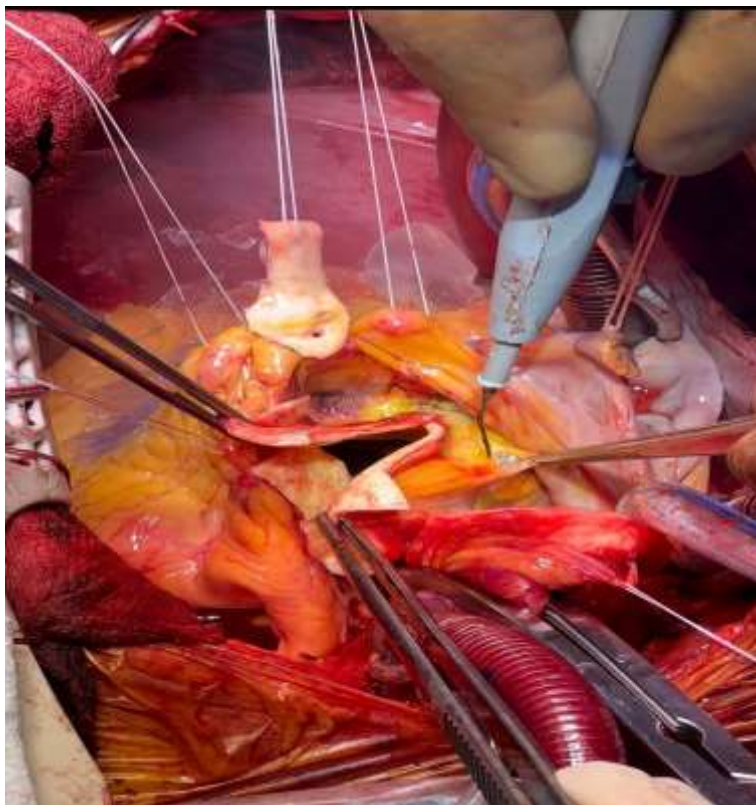
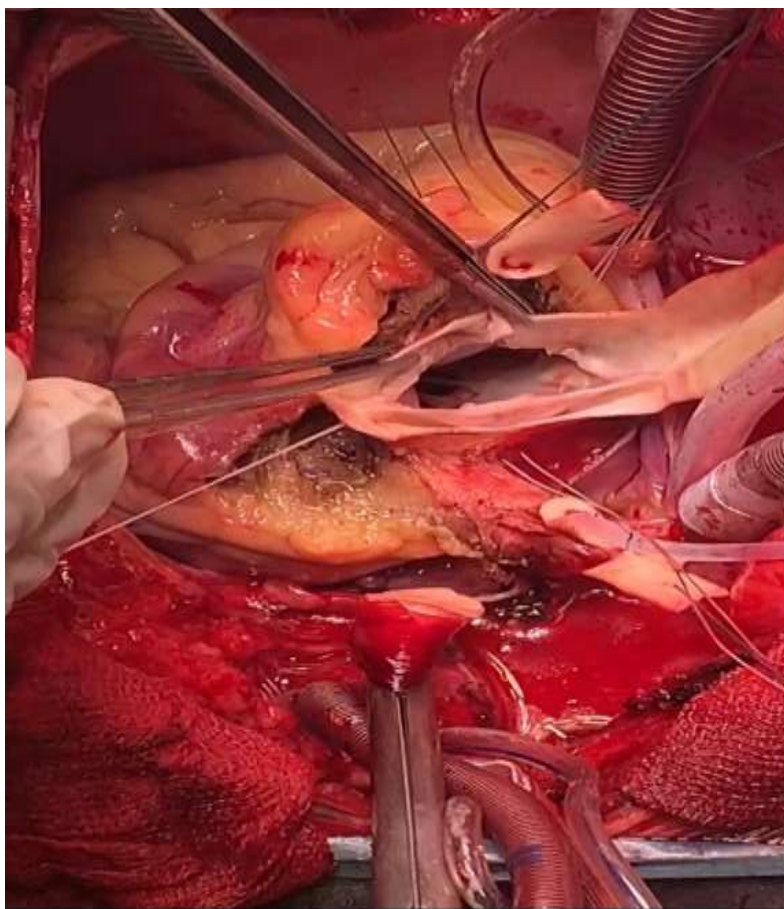


Рисунок 17. Фиксация нативной аорты к сосудистому протезу



Операция «защищенный Росс» выполнена у 33(18%) пациентов. Решение в пользу данной процедуры принимается после доказательства компетентности клапана и ствола ЛА по результатам трансторакальной и транспищеводной эхокардиографии. Исключаются пациенты с легочной гипертензией, тяжелой коморбидной или кардиальной патологией, у которых пролонгация ИК и пережатия аорты связана с высоким риском. Данную процедуру мы выполняли в условиях стандартного подключения искусственного кровообращения с использованием фармакохолодовой кардиopleгии. После вскрытия аорты в восходящем отделе над СТС и доказательстве некомпетентности нативных створок АК проводилась глубокая мобилизация корня аорты (рис. 18). Следующим этапом накладывается 6 субаннулярных П-образных швов (по аналогии с операцией Дэвида) на тефлоновых прокладках, которые затем будут использованы для фиксации сосудистого протеза к ФК АК.

Рисунок 18. Мобилизация корня аорты при процедуре «Защищенный Росс»



При подготовке легочного аутографта следует уделять особое внимание обрезке всей избыточной мышечной и жировой ткани из ВОПЖ и части свободной стенки аутотрансплантата (рис. 19). Дистально аутографт отсекают так, чтобы обеспечить одинаковую высоту ткани над верхней частью комиссуральных столбиков. После эксплантации аутографта его компетентность проверяется гидравлической пробой (рис. 20).

Рисунок 19. Процесс эксплантации легочного аутографта.

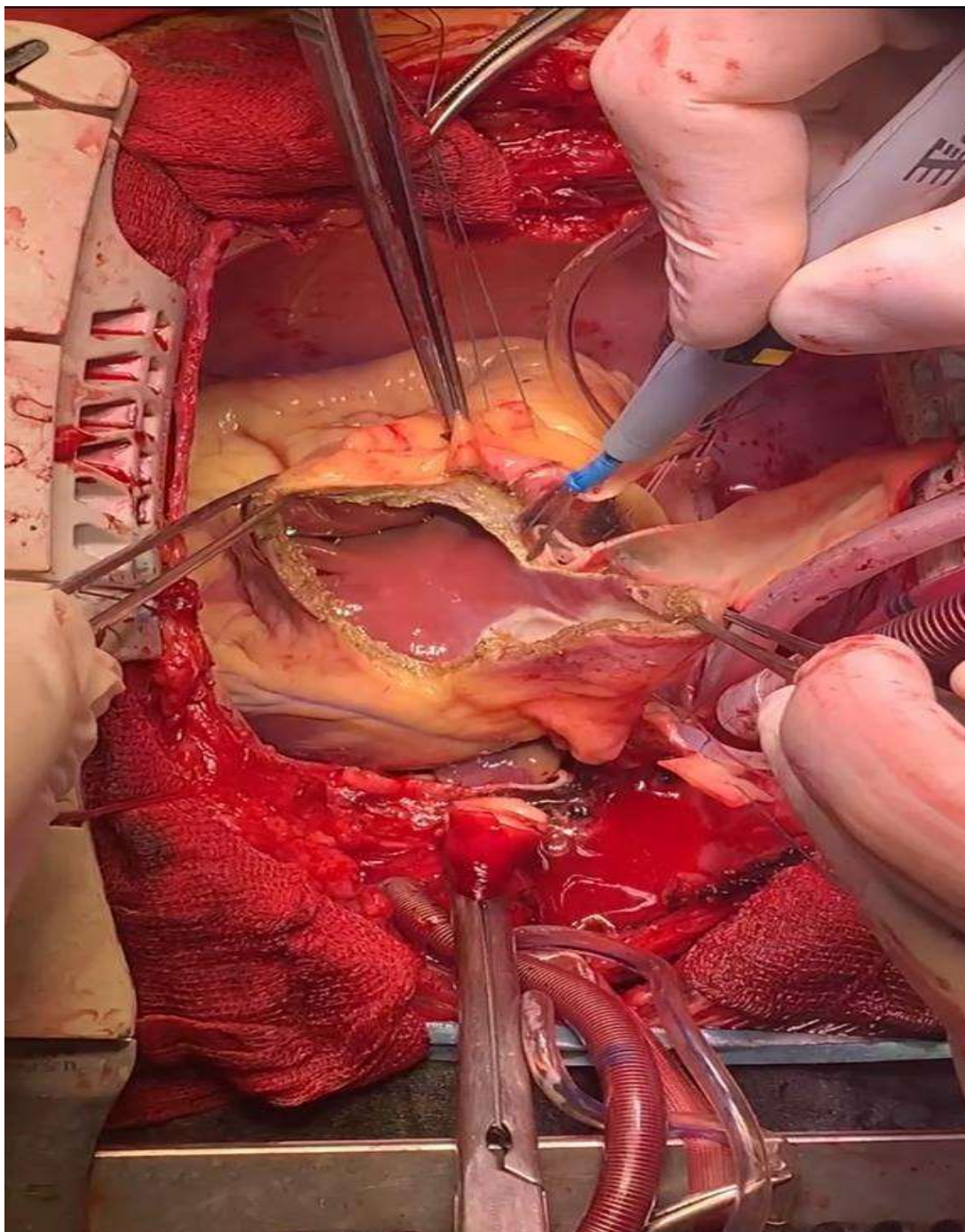


Рисунок 20. Вид экспантированного аутографта.

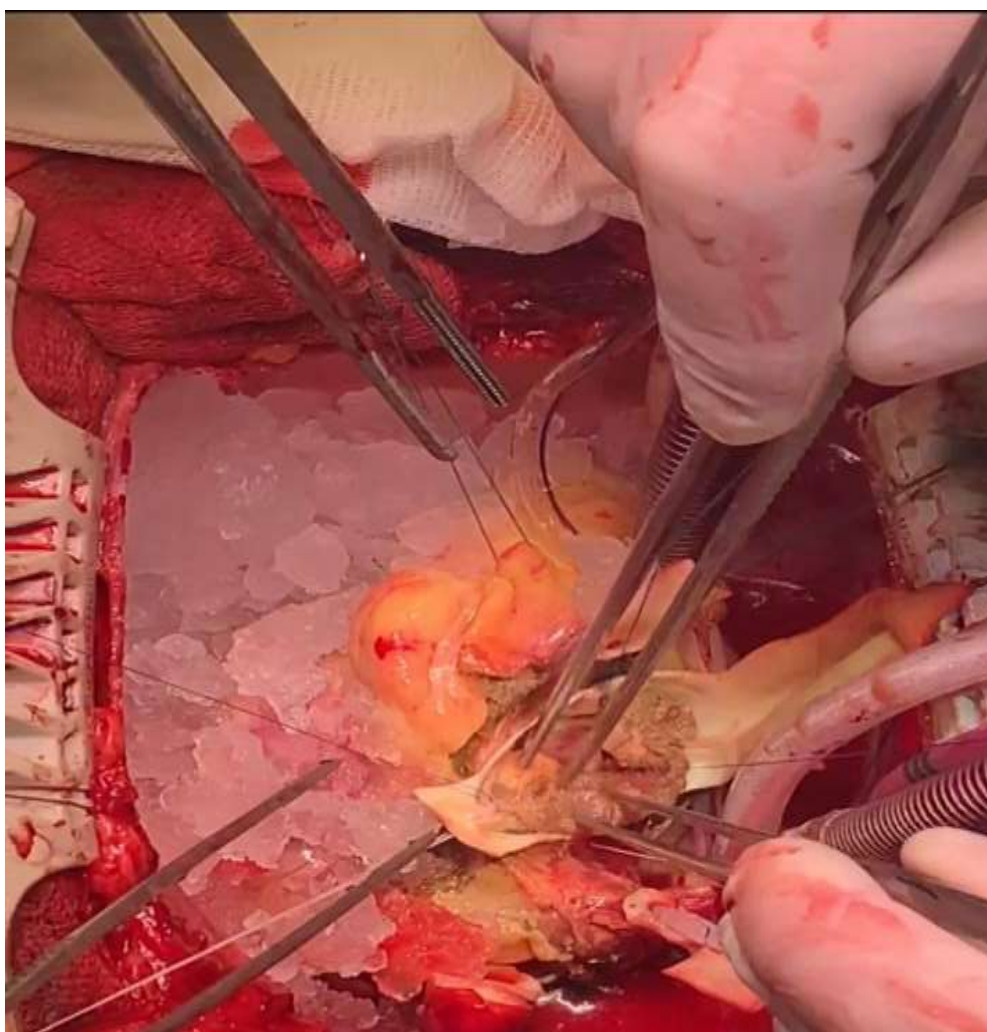


Следует отметить, что аутографт пересекают непосредственно под местом слияния левой и правой легочных артерий и отделяют от аорты, стараясь не повредить ствол ЛКА и начальный отдел ПМЖВ. Через клапан легочной артерии проводят длинный зажим с тупыми концами, который располагают на 5 мм ниже основания створок клапана легочной артерии для направления венстрикулотомии. ВОПЖ вскрывается под контролем створок легочного клапана и этот разрез продолжается латерально и медиально. Медиально, на уровне межжелудочковой перегородки, всегда наблюдается разница в ориентации волокон стенки правого и левого желудочка. Между этими слоями находится плоскость рассечения, которой необходимо следовать. Таким образом, можно легко идентифицировать и сохранить первую септальную перфораторную ветвь ПМЖВ. Последняя часть диссекции находится рядом с ПМЖВ, где необходимо выявить и закрыть

небольшие ветви. Размер аутографта определяется с помощью расширителей Hegar.

До реимплантации в позицию корня аорты мы накладываем три полипропиленовых шва (нить 5-0) на мышечную манжету легочного аутографта в проекции комиссур, которые прошиваем через проекцию комиссур на ФК АК. Для простоты реимплантации мы вворачиваем аутографт в ЛЖ, а затем начинаем вести три ранее наложенных шва в виде непрерывно от комиссуры до комиссуры, фиксируя аутографт к ФК (рис. 21).

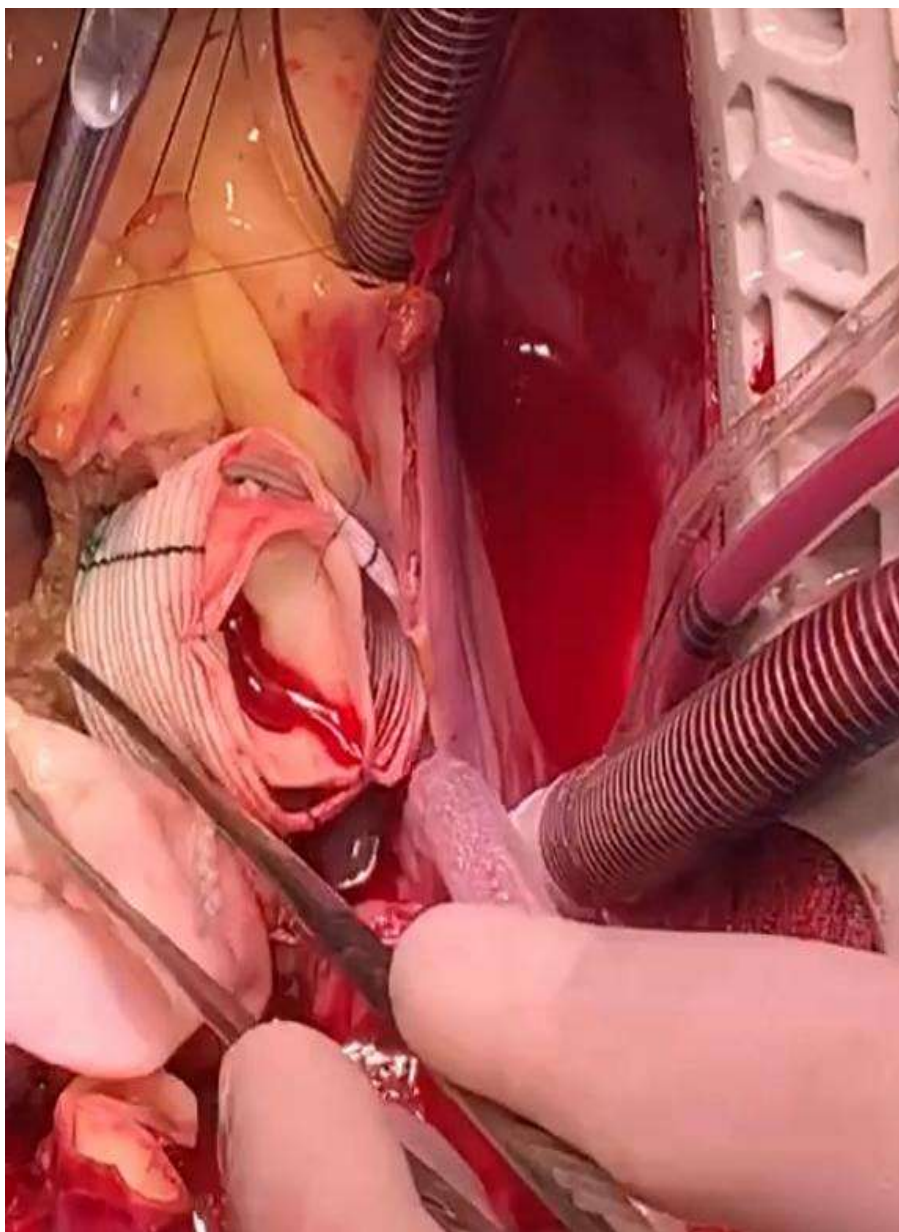
Рисунок 21. Фиксация легочного аутографта к ФК АК



Диаметр линейного сосудистого протеза должен быть на 3-4 мм больше внутреннего диаметра аутографта. Линейный сосудистый протез «надевается» на имплантированную конструкцию, таким образом, внутри него оказывается аутографт и остатки нативной аорты. Протез фиксируется к

ФК АК при помощи ранее наложенных 6 П-образных швов, которые завязываются снаружи протеза. Дистальная часть аутографта тотчас выше комиссур фиксируется 3 швами к дистальной части дакронового протеза (рис. 22).

Рисунок 22. Фиксация дистальной части аутографта и дистальной части сосудистого протеза

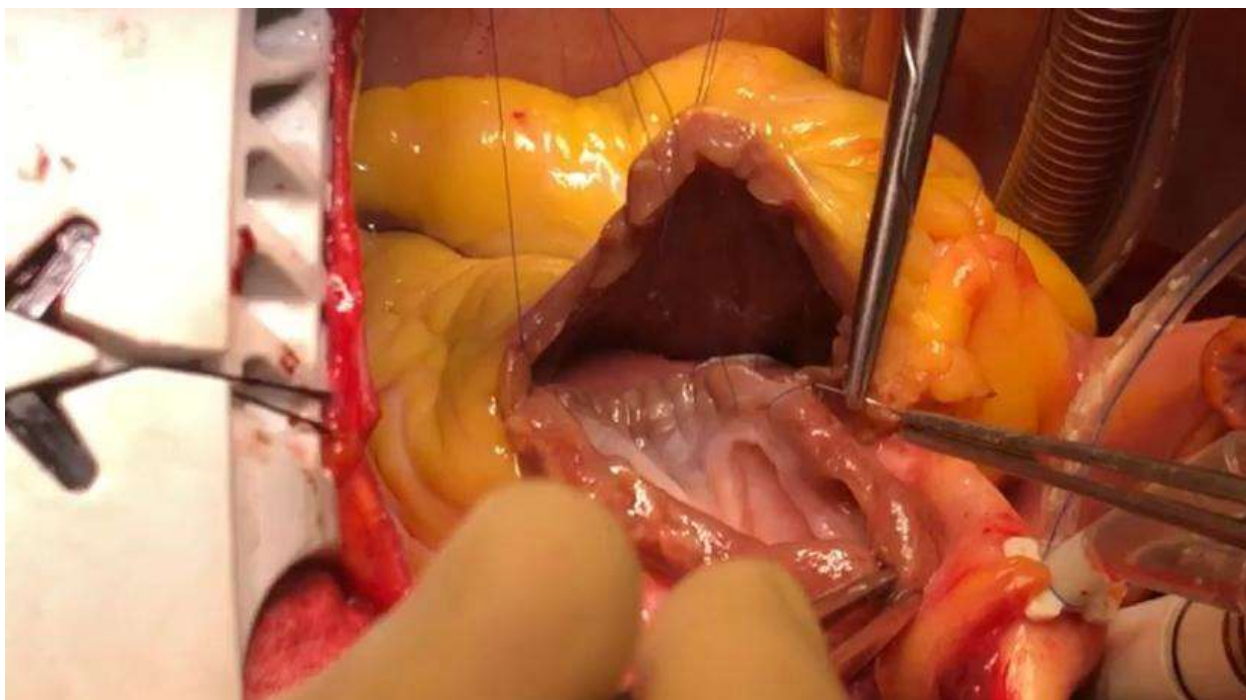


Коронарные артерии реимплантируются путем взятия в шов аутографта и протеза. Фиксация дистальной части конструкции к ВА или протезу ВА выполняется непрерывным швом полипропиленовой нитью 5-0.

После завершения аортального этапа операции, можно снять зажим с аорты и продолжить работу с ВОПЖ на работающем сердце. Необходимо

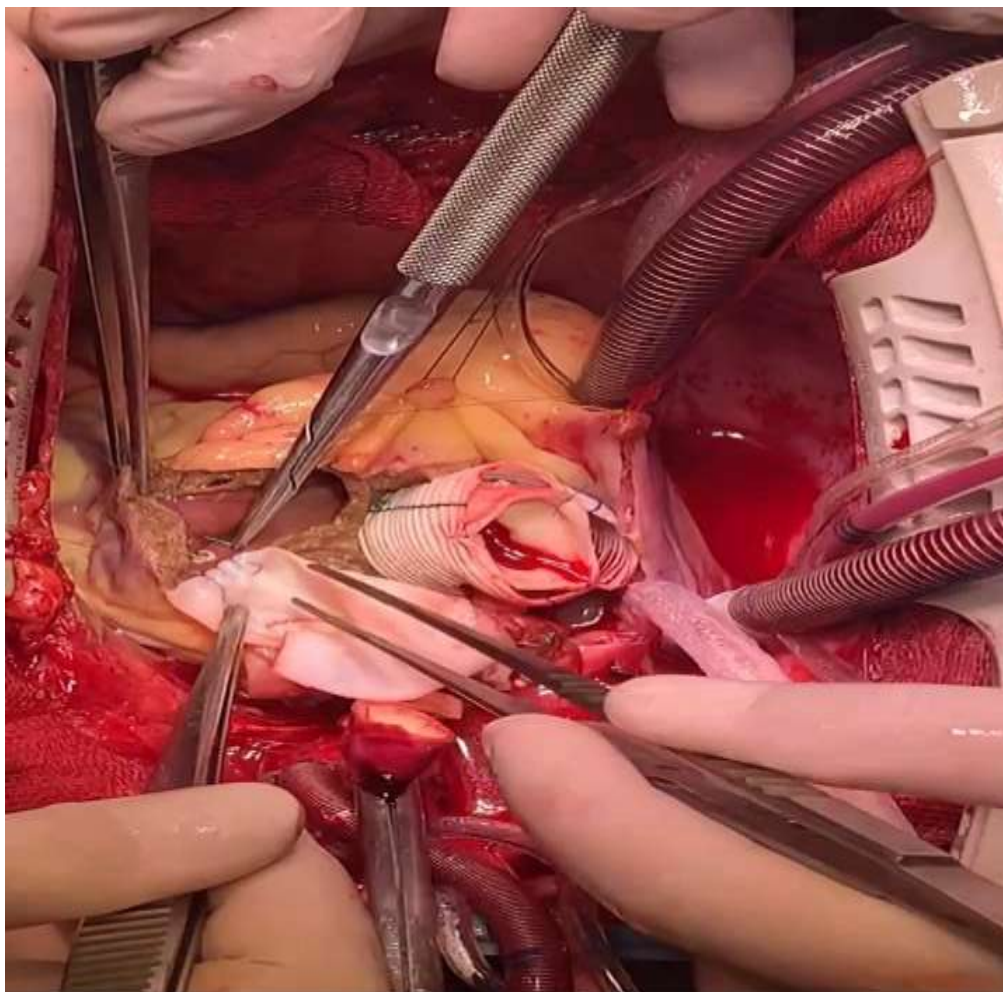
произвести тщательный гемостаз ВОПЖ. Важно уделить этому как можно больше времени, поскольку любое остаточное кровотечение после имплантации гомографта очень трудно остановить. Для протезирования ВОПЖ и ЛА мы предпочитали использовать легочный гомографт (рис. 23), реже ксеноперикардальный клапаносодержащий конduit, обработанный ДЕ (ДЕ-ПК) (Пилон, «НеоКор», Кемерово, Россия) (рис. 24)

Рисунок 23. Фиксация легочного гомографта к ВОПЖ



При восстановлении целостности ВОПЖ необходимо соблюдать несколько правил. Во-первых, следует избегать чрезмерной тракции нити, так как зона ВОПЖ подвержена высокому риску разрыва. Во-вторых, при фиксации гомографта в области МЖП нужно учитывать наличие здесь первой септальной ветви и ПМЖВ, необходимо соблюдать прицезионность шва. В-третьих, шов должен быть герметичным, так как устранение кровотечения из этой зоны может быть трудоемким.

Рисунок 24. Фиксация ксеноперикардального кондуита «Пилон» к ВОПЖ



Операция David выполнена у 41(22,4%) пациентов. Для стандартной процедуры отбирались пациенты с трикуспидальной анатомией АК и отсутствием признаков какой-либо компротации створок. Интраоперационная чреспищеводная эхокардиография позволяла принять окончательное решение о выполнении реимплантации АК, а также оценить эффективную высоту. Данную процедуру мы выполняли в условиях стандартного подключения искусственного кровообращения с использованием фармакохолодовой кардиopleгии. Для лучшей визуализации мы накладываем держалки на жировую ткань, окружающую ВОЛЖ, а также на эпикард легочного ствола как показано на рисунке 25. Аорта пересекается чуть выше места отхождения коронарных артерий. Коронарные устья выделяются в виде отдельных кнопок и фиксируются держалками как

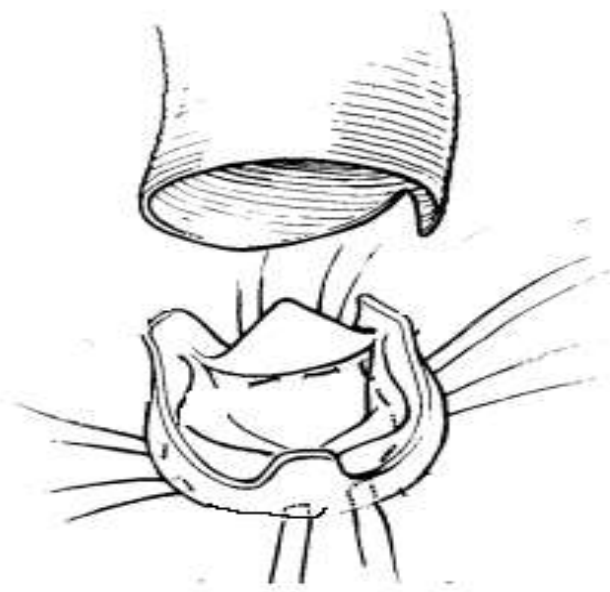
показано (рис. 25). Удаляется вся ткань восходящей аорты с оставлением комиссуральных столбиков, створок аортального клапана и «бортика» стенки аорты в области синусов Вальсальвы не более 5 мм (рис 25).

Рисунок 25. Подготовленный для реимплантации КА



Для фиксации протеза к корню аорты, классической процедурой David предполагается использование 12 субаннулярных швов, которые должны быть завязаны на буже Гегара, установленного в ВОЛЖ, с целью профилактики развития стеноза АК после операции. Наш опыт показывает, что эти швы не несут гемостатической роли, а лишь фиксационную и направляющую. Таким образом, мы накладываем 6 субаннулярных швов, проводимых по обе стороны от надиров каждой из трех створок. При завязывании 6 швов не требуется использование бужа Гегара (рис. 26). К тому же уменьшение количества субаннулярных швов снижает ятрогенные риски, связанные с прошиванием ВОЛЖ.

Рисунок 26. Наложение субаннулярных швов при операции David



Для реимплантации клапана мы используем 3 полипропиленовые нити 5-0 с 17 мм иглой, которыми сначала фиксируем к протезу комиссуральные столбики и завязываем, выставляя этими швами необходимую эффективную высоту створок. Далее этими же нитками выполняется реимплантация клапана по направлению от комиссуры до комиссуры. Для удобства фиксации мы используем два вида шва: обвивной – внутри протеза (рис. 27) и матрацный с выколом из протеза наружу (рис. 28).

Рисунок 27. Вид внутрипротезного обвивного шва



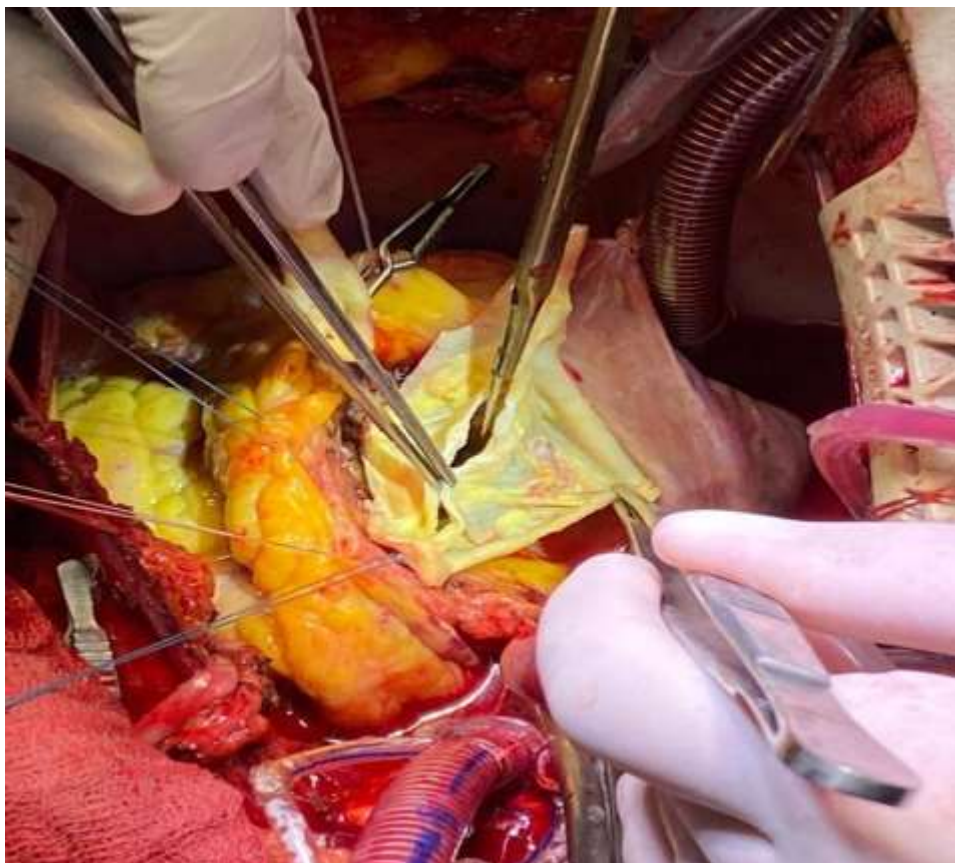
Рисунок 28. Вид матрацного шва с выколом наружу



При реимплантации коронарных артерий мы предпочитаем использовать полипропиленовую нить 6-0 при обычных размерах устьев. При устьях небольших размеров мы используем полипропиленовую нить 5-0.

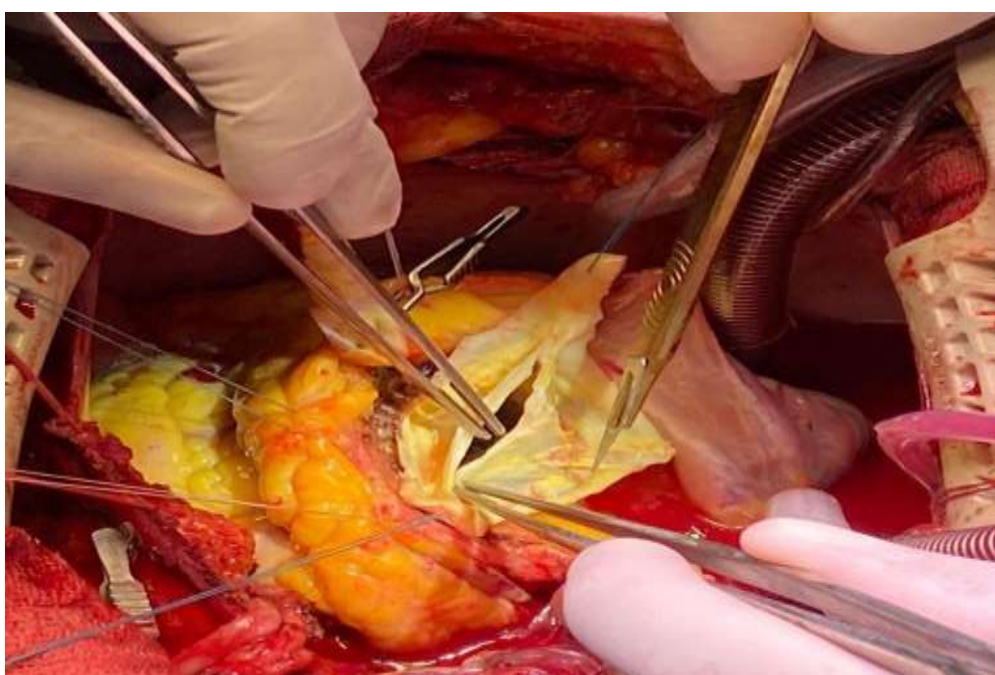
Операция «нестандартный» David выполнена 29(15,8%) пациентов. В данную когорту включены пациенты с бicuspidальной анатомией и интактными створками, либо с бicuspidальной/трикуспидальной анатомией и частичной компретацией створок. В данном контексте рассматривается любая анатомия БАК по классификациям Sievers и Michelena. Частичная компретация створки представляет собой грубый фиброз или кальциноз в основании или у свободного края створки, либо в шве в случае со спаянным БАК. Нетипичность такой процедуры David заключается в необходимости дополнения реимплантации АК выполнением пластики нативной створки. Как отмечено в разделе «Обзор литературы», основными методами пластики, дополняющими процедуру David, являются укорочение свободного края/ресуспензия, пликация Аранциевого узелка, треугольная резекция, сбривание кальция, резекция межкомиссурального шва с восстановлением целостности путем сшивания, резекция межкомиссурального шва с восстановлением целостности с использованием заплаты из ауто/ксеноперикарда. При выполнении операции «Нетипичный» David мы придерживались концепции иссечения скомпретированного участка и замещения его вставкой из аутологичного перикарда, предварительно обработанного 0,6% раствором глутарового альдегида. Подобная компретация створки предполагает нарушение ее движения при реимплантации и высокий риск дисфункции. В зависимости от примерной формы частичного поражения створки мы выполняли три- или квадриангулярную резекцию. Подключение ИК, кардиоплегии, экспозиция и мобилизация КА, не отличались от таковой при классической процедуре David. На рисунке 29 представлен вид мобилизованного корня аорты при бicuspidальной анатомии АК с наличием грубого кальциноза в основании спаянной створки, представленной НКС и ЛКС.

Рисунок 29. БАК с частичной компрометацией одной из створок



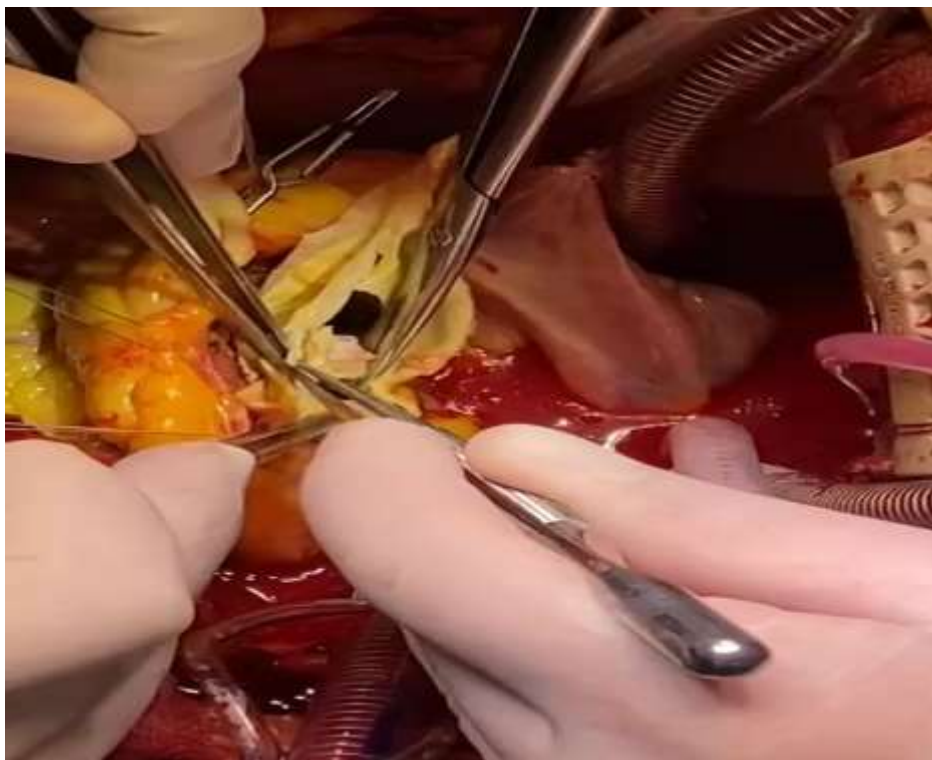
Принятие решения относительно благополучности пластики подобного АК должно основываться на оценке адекватной эффективной высоты (рис. 30).

Рисунок 30. Оценка эффективной высоты створок при принятии решения о пластике АК.



Пораженный участок створки должен быть иссечен скальпелем в пределах «здоровых» тканей (рис. 31).

Рисунок 31. Иссечение скомпрометированного участка створки



Следующим этапом необходимо измерить образовавшийся дефект и вырезать участок из аутологичного перикарда, избегая как излишка ткани, так и недостатка, для того чтобы в последующем не допустить пролапса или ограничения движения створки. В случаях, когда резецированный участок затрагивает свободный край створок, мы предлагаем использовать больший по размеру участок аутоперикарда, который в последующем можно срезать для достижения должной величины (рис. 32). Фиксацию участка аутоперикарда выполняют с использованием полипропиленовой нити 5-0, сшивание должно быть выполнено максимально деликатно дабы исключить повреждения нативной ткани створки. В результате мы получаем целостную восстановленную створку с эффективной высотой, идентичной противоположной нативной створке (рис. 33). В случае подозрения на наличие пролапса восстановленной створки, возможна ее пликация в области

Аранциевого узелка. Дальнейшая техника реимплантации не отличается от таковой при классической процедуре David (рис. 34).

Рисунок 32. Пластика нативной створки участком обработанного аутоперикарда

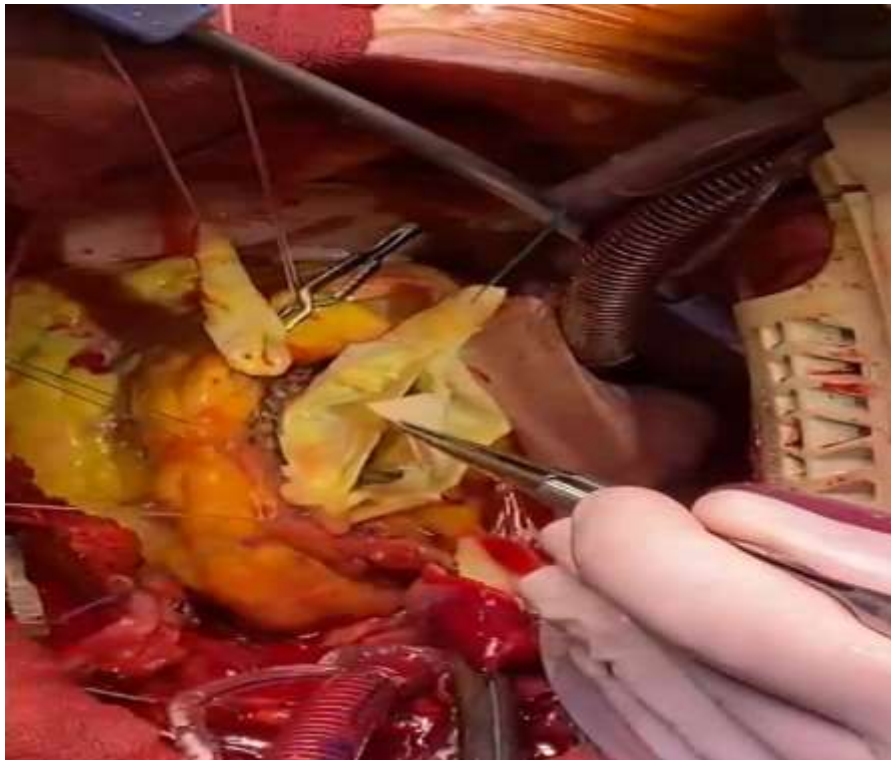


Рисунок 33. Вид реконструированного АК

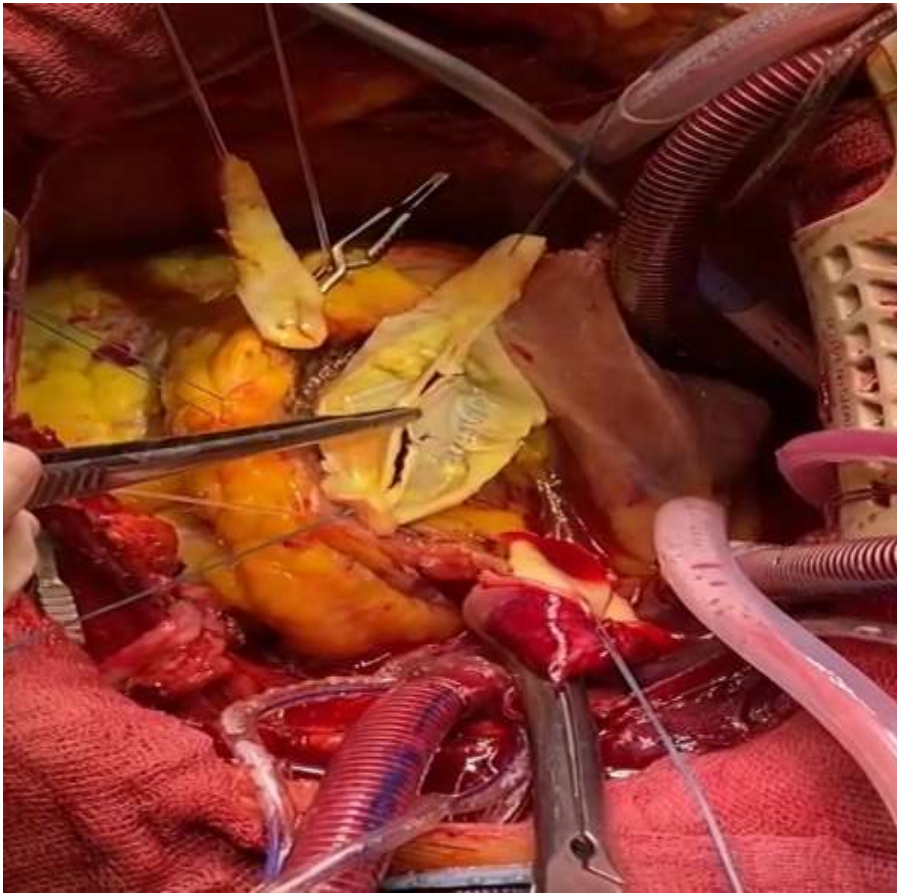
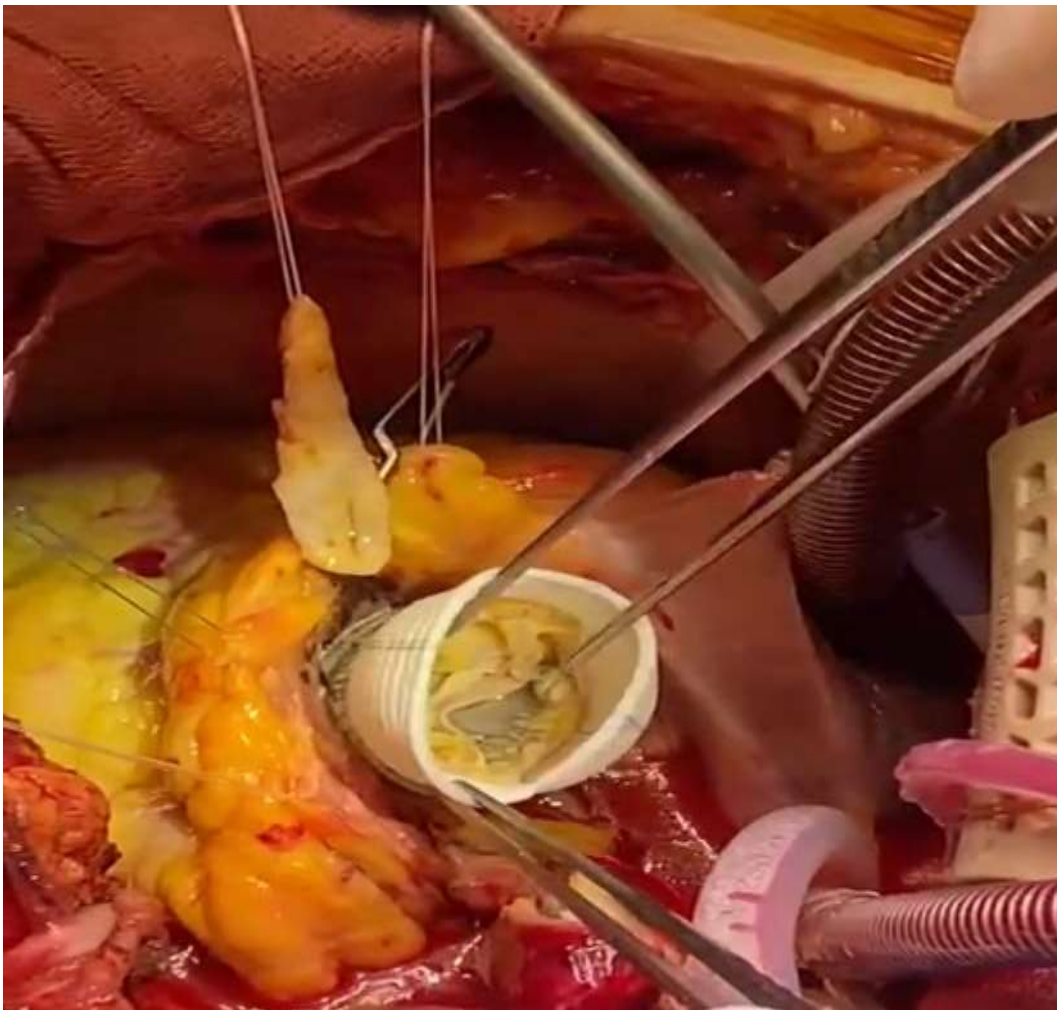


Рисунок 34. Окончательный вид реконструированного и реимплантированного АК



2.4 Методы исследования

Концепция пред-, интра- и послеоперационного обследования пациентов представлена на рисунке 35.

Оценка класса сердечной недостаточности проводилась в соответствии с критериями Нью-Йоркской классификации, принятой в 1994 г [267].

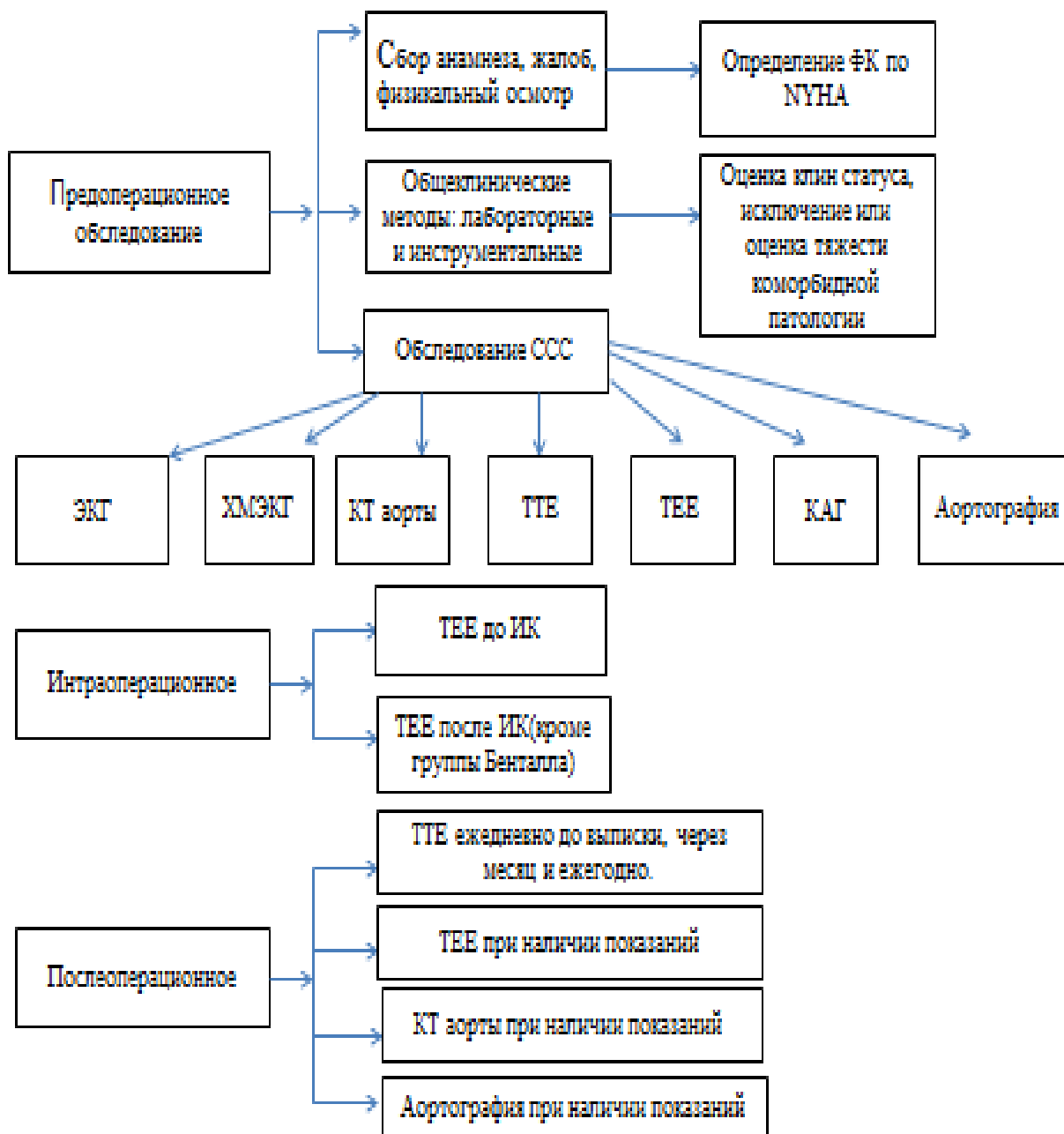
I ФК – без ограничений — выполнение обычной физической нагрузки не вызывает повышенной усталости, одышки, сердцебиения.

II ФК - незначительное ограничение физической активности — нет жалоб в состоянии покоя, но обычная активность вызывает усталость, сердцебиение или одышку.

III ФК - значительное ограничение физической активности — нет жалоб в состоянии покоя, но активность ниже, чем обычная, приводит к появлению СИМПТОМОВ.

IV ФК - любая физическая активность вызывает симптомы; субъективные симптомы сердечной недостаточности возникают даже в состоянии покоя, а любая активность усиливает симптомы.

Рисунок 35. План обследования пациентов



Электрокардиография выполнялась всем пациентам как до операции, так и в послеоперационном периоде. Нами использован аппарат “Sicard – 440” фирмы Siemens (Германия). Электрокардиограмма регистрировалась по 12 канальной методике: 3 стандартных отведения, 3 усиленных униполярных

и 6 грудных отведений. При регистрации использовалась скорость 25 - 50 мм/сек. Проводилась оценка характера ритма, частоты сокращений, наличия аритмий, комплекса QRS, отклонение электрической оси сердца, суммарную амплитуду зубца R (ΣR) в различных отведениях. Кроме того, анализу подвергался суммарный подъем и депрессия сегмента ST (ΣST), а также степень гипертрофии миокарда предсердий, правого и левого желудочков сердца. Для оценки степени гипертрофии миокарда желудочков использована рабочая классификация Sokolow - Lyon (1949).

Холтеровское мониторирования выполнялось при подозрении на наличие блокад и нарушений ритма сердца, как до операции, так и в послеоперационном периоде. Нами использована система ХОЛТЕР-ДМС-МЭКГ-НС-03 (Россия). Диагностический результат мониторинга ЭКГ может быть не выше 16%, но он оправдан возможностью максимально быстро зарегистрировать и отреагировать на внезапно развившуюся жизнеугрожающую аритмию [268].

Обзорная рентгенография органов грудной клетки выполнялась на аппарате General Electric ОЕС 9900 Elite (США). Исследование проводилось всем без исключения пациентам как в рамках дооперационной подготовки, так и после операции с целью контроля. Рентгенография органов грудной полости выполняется в прямой передней и боковой проекциях в соответствии со стороной поражения. Оптимальным является выполнение снимков в вертикальном положении пациента при задержке дыхания на вдохе и при максимальном выведении лопаток за пределы легочных полей. Боковые снимки выполняются также при задержке дыхания на вдохе и повороте пациента соответствующим боком к панели вертикальной стойки. Руки пациента должны быть при этом над головой.

Трансторакальная эхокардиография выполнялась на аппарате GE Vivid S70 (GE Healthcare, США). Использовалась одно-, двух- и трехмерная эхокардиография. При проведении исследования необходимо оценить морфологию клапана, корня аорты; степени гипертрофии, размеры, объемы и

систолическую функцию ЛЖ. Для измерения градиента давления с помощью доплеровской эхокардиографии фиксируется скорость (ускорение) потока крови через ограниченное отверстие, и с применением уравнения Бернулли (соотношение между скоростью и давлением) вычисляется градиент давления [269-271]. Согласно уравнению Бернулли, градиент давления на ограниченном отверстии рассчитывается следующим образом: $\Delta P = P_1 - P_2 = 4(V_2^2 - V_1^2)$, где, P_1 и V_1 (V_2) – давление и скорость проксимальнее ограниченного отверстия, а P_2 и V_2 (V_1) – давление и скорость соответственно дистальнее ограниченного отверстия. Эффективная площадь – это отражение минимальной площади поперечного сечения струи, высчитываемое из площади поперечного сечения ВОЛЖ (от диаметра в парастернальной позиции по длинной оси) и VTI в ВОЛЖ (импульсно-волновой режим в верхушечной, правой парастернальной или супрастернальной позиции). Геометрическая площадь отверстия – минимальная площадь поперечного сечения отверстия аортального клапана. В дополнение к полуколичественной оценке тяжести АР (определение площади и ширины потока цветной доплеровской эхокардиографией) рекомендуется выполнить количественное измерение объема регургитации, фракции регургитации и регургитационной площади отверстия, степени снижения градиента регургитации [269,270]. Рекомендуется сопоставлять размеры ЛЖ к площади поверхности тела, особенно у пациентов, у которых она не превышает 1,68м². Тяжесть стеноза АК оценивалась на основании классификаций, принятых АНА/АСС в 2014 [272] и Европейской ассоциации кардиологов в 2012 г [273]. Восходящая аорта должна быть измерена на 4 уровнях: фиброзного кольца, синусов Вальсальвы, сино-тубулярном уровне, и входящей аорты. Индексирование размеров восходящей аорты к площади поверхности тела должно быть выполнено, особенно у пациентов с маленькой площадью поверхности тела.

Для оценки грудной аорты первостепенное значение имеет супрастернальная проекция: анализ дуги аорты должен проводиться при всех

ТТЕ исследованиях. Эта проекция, прежде всего, позволяет получить изображения дуги аорты и трех основных супрааортальных сосудов с переменными длинами восходящей и нисходящей аорты. Аневризма дуги аорты, кальцинированная бляшка, тромб или РА могут быть обнаружены при использовании супрастернального окна, если качество изображения является адекватным.

Чреспищеводная эхокардиография выполнялась с использованием датчика Philips Ultrasound X8-2t для режима Live 3D (США). Изображения с высоким разрешением при ТЕЕ обеспечивает относительная близость пищевода и грудной аорты позволяет получать [268]. ТЕЕ - полуинвазивный метод, проводимый в условиях седации, строгого контроля АД, при условии отсутствия патологии пищевода. Изображения корня и ВА, а также АК возможно получить при высокой ТЕЕ по длинной (при 120-150°) или короткой оси (на 30-60°). Изображения восходящей аорты часто содержат искажения, обусловленные реверберацией от задней стенки восходящей аорты или задней стенки правой ветви легочной артерии, и выглядят как внутрипросветные горизонтальные линии, движущиеся параллельно с реверберирующими структурами, что может быть установлено при исследовании в М-режиме.

Мультиспиральная компьютерная томография аорты. Выполнялась на 320-рядном сканере Aquilion One (Toshiba Medical Systems, Япония). КТ играет центральную роль в диагностике, стратификации риска, и ведении пациентов с заболеваниями аорты [268]. К ее преимуществам, в сравнении с другими методами, относятся малое время, необходимое для получения и обработки изображений, возможность получения полного 3D спектра данных обо всей аорте, и ее широкое распространение. Протоколы сбора данных с синхронизацией с ЭКГ имеют решающее значение в уменьшении числа артефактов движения корня аорты и грудной аорты. МСКТ сканеры высокого класса (16 детекторов или больше) являются предпочтительным из-за их высокого пространственного и временного

разрешения по сравнению с устройствами низшего класса. Неконтрастная КТ с последующей КТ контрастной ангиографией является рекомендуемым протоколом, в частности, при подозрении на ОРА. У подходящих кандидатов сканирование с использованием 64-детекторных систем или устройств более высокого уровня с одномоментной КТ-коронарографией может подтвердить или исключить наличие значимого поражения коронарного русла сердца перед транскатетерным или хирургическим вмешательством. КТ позволяет обнаружить расположение пораженного сегмента, максимальный диаметр расширения, наличие атеромы, тромба, кальцификации и, в отдельных случаях, распространение поражения аорты на ее ветви. При РА КТ может определить наличие и степень распространенности диссекции, обнаружить участки скомпрометированного кровоснабжения, и выявить экстравазацию с указанием точки разрыва; она может обеспечить точные измерения размеров синусов Вальсальвы, синотубулярного соединения, и оценку морфологии аортального клапана. У большинства пациентов с подозрением на РА КТ является предпочтительным первичным методом визуализации (общая чувствительность 100%; общая специфичность 98%). К недостаткам КТ-ангиографии относятся введение йод-содержащего контрастного препарата, который может вызывать аллергические реакции или почечную недостаточность. Кроме того, использование ионизирующего излучения может ограничить его использование у молодых людей, особенно у женщин, и ограничивает его использование для последовательного наблюдения.

Диагностическая коронарография и аортография. Всем больным, которым коронарографическое исследование проводилось в условиях нашей клиники, применялись ангиографические установки “Angioscop D” фирмы Siemens (Германия) и “Integris - 3000” фирмы Phillips (Голландия). Для катетеризации путем чрескожной пункции лучевой или бедренной артерии по S.Seldinger использовалась местная анестезия. Селективную ангиографию системы левой коронарной артерии выполняли в 5 проекциях: прямой, левой косой, правой косой, боковой и аксиальной. Для оценки системы ПКА

применялись левая и правая косая проекции. При интерпретации результатов обращалось внимание на тип коронарного кровообращения, локализацию, степень и количество пораженных артерий, а также состояние дистального русла и наличие коллатералей. Для оценки стенозирования артерий использовалась формула: $S (\%) = (1 - D_s / D_p) \cdot 100 \%$, где: S – процент стеноза, D_s – диаметр внутреннего просвета в месте наибольшего стенозирования, D_p – диаметр внутреннего просвета в наиболее широком месте. Гемодинамически значимыми считались стенозы более 60%.

При классической инвазивной (катетерной) аортографии визуализируется просвет аорты, ее боковые ветви и коллатерали. В качестве метода исследования просвета сосуда ангиография обеспечивает получение точной информации о форме и размерах аорты, а также наличии каких-либо аномалий, хотя поражения самой стенки аорты, а также высланные тромботическими массами дискретные аневризмы аорты могут быть пропущены. Также, возможно оценить состояние аортального клапана и функцию левого желудочка. С другой стороны, ангиография является инвазивной процедурой, требующей использования контрастных препаратов. С ее помощью можно визуализировать только просвет аорты и, следовательно, дискретные аневризмы аорты могут быть пропущены. Кроме того, этот метод менее доступен, чем ТТЕ или КТ. По этой причине среди методов диагностики первой линии неинвазивные визуализирующие методы в значительной степени заменили аортографию, как у больных с подозрением на острый аортальный синдром, так и при вероятном либо подтвержденном хроническом РА. Тем не менее, аортография может быть полезной, если находки, полученные при неинвазивных методах обследования, неоднозначны или недостаточны.

Статистические методы исследования. Обработка полученных данных проводилась одним исследователем с использованием программы Statistica (версии 8.0, StatSoft Inc., США). Для количественных показателей были рассчитаны: среднее значение (M), среднеквадратическое отклонение

(SD), 95% доверительный интервал, медиана (Me), интерквартильный размах (Q 25% — Q 75%). Качественные и порядковые показатели представлены в виде абсолютных и относительных величин (%). Все параметры были проверены на соответствие нормальному распределению с помощью критерия Шапиро-Уилка. Предполагалось, что исследуемое распределение не отличается от нормального распределения (нулевая гипотеза – что распределения одинаковые). При полученном $p < 0,05$, нулевую гипотезу отвергали, считали, что исследуемое распределение отличалось от нормального. Числовые параметры, имеющие нормальное распределение, представлены в формате $M \pm SD$, где M — среднее значение, SD — стандартное отклонение среднего значения. Параметры, имеющие распределение, отличное от нормального, представлены в формате $Me (Q 25\% — Q 75\%)$, где Me — медиана, а $Q25\%$ и $Q75\%$ верхний и нижний квартили. Для нахождения различий между группами пациентов для нормально распределенных числовых показателей использовали критерий ANOVA (для нескольких групп) и затем применяли попарное сравнение групп с помощью t-критерия Стьюдента для 2-х независимых выборок с поправкой Бонферрони. Для сравнения дихотомических показателей между независимыми выборками и установления достоверных различий между ними использовали метод Хи-квадрат с поправкой Йейтса на непрерывность, при попарном сравнении групп использовали точный двухсторонний критерий Фишера для небольших выборок. При невозможности применения критерия Хи-квадрат (все ожидаемые числа >5) использовался Z-критерий (аналог t-критерия Стьюдента для долей), а для 0% и 100% - с поправкой для концевых точек. Критический уровень значимости при проверке статистических гипотез принимался равным 0,05. Выживаемость в отдаленный период оценивалась методом Каплана-Майера, сравнение выживаемости - по критерию Кокса-Ментеля.

ГЛАВА 3. РЕЗУЛЬТАТЫ СОБСТВЕННЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

3.1 Сравнение предоперационных данных

Сравнение исходных возрастных, гендерных и антропометрических показателей представлено в Таблице 25.

Таблица 25. Исходные возрастные, гендерные и антропометрические показатели между группами

Показатель	Группа I (David) (n=41)	Группа II («нестандартный» David) (n=29)	Группа III (Русский конduit) (n=26)	Группа IV (операция Росса) (n=33)	Группа V (Бенталла- Де Боно) (n=54)
<i>Возраст (лет), M±SD, (p)</i>	51,1±14 (I/II=0,936 I/III=0,272 I/IV=0,456 I/V=0,512)	50,9±15,4 (II/I=0,936 II/III=0,305 II/IV=0,523 II/V=0,511)	55,3±16,2 (III/I=0,272 III/II=0,305 III/IV=0,145 III/V=0,516)	48,1±13,9 (IV/I=0,456 IV/II=0,523 IV/III=0,145 IV/V=0,09)	53±13,5 (V/I=0,512 V/II=0,511 V/III=0,516 V/IV=0,09)
<i>Мужской пол, n(%), (p)</i>	34(82,9%) (I/II=0,985 I/III=0,824 I/IV=0,546 I/V=0,162)	24(82,8%) (II/I=0,985 II/III=0,849 II/IV=0,572 II/V=0,673)	21(80,8%) (III/I=0,824 III/II=0,849 III/IV=0,461 III/V=0,167)	29(87,9%) (IV/I=0,546 IV/II=0,572 IV/III=0,461 IV/V=0,481)	50(92,6%) (V/I=0,162 V/II=0,673 V/III=0,167 V/IV=0,481)
<i>BSA (м²), M±SD, (p)</i>	2,04±0,21 (I/II=0,636 I/III=0,331 I/IV=0,005 I/V=0,646)	2,02±0,17 (II/I=0,636 II/III=0,574 II/IV=0,01 II/V=0,992)	1,99±0,2 (III/I=0,331 III/II=0,547 III/IV=0,104 III/V=0,604)	1,91±0,19 (IV/I=0,005 IV/II=0,01 IV/III=0,104 IV/V=0,025)	2,02±0,24 (V/I=0,646 V/II=0,992 V/III=0,604 V/IV=0,025)
<i>BMI (кг/м²), M±SD (min- max), (p)</i>	27,15±5,45 (I/II=0,497 I/III=0,704 I/IV=0,309 I/V=0,767)	27,97±4,26 (II/I=0,497 II/III=0,750 II/IV=0,07 II/V=0,345)	27,62±3,96 (III/I=0,704 III/II=0,750 III/IV=0,128 III/V=0,522)	25,93±4,31 (IV/I=0,309 IV/II=0,07 IV/III=0,128 IV/V=0,467)	26,79±5,9 (V/I=0,767 V/II=0,345 V/III=0,522 V/IV=0,467)

При сравнении возраста между группами отмечена более молодая когорта больных в группе IV(операция Росса), однако статистически достоверной разницы между группами не выявлено. Исследуемые группы были идентичными в отношении гендерного распределения и индекса массы тела. Площадь поверхности тела оказалась статистически меньше в группе IV(операция Росса), а между другими группами не отличалась.

Таблица 26. Исходные клинические параметры, касающиеся сердечно-сосудистой системы

Параметр	Группа I (David) (n=41)	Группа II («нестандартный» David) (n=29)	Группа III (Русский кондуит) (n=26)	Группа IV (операция Росса) (n=33)	Группа V (Бенталла- Де Боно) (n=54)
<i>НУНА 3-4</i>	21(51,2%) (I/II=0,08 I/III=0,09 I/IV=0,309 I/V=0,310)	9(31%) (II/I=0,08 II/III=0,983 II/IV=0,419 II/V=0,273)	8(30,8%) (III/I=0,09 III/II=0,983 III/IV=0,490 III/V=0,378)	13(39,4%) (IV/I=0,309 IV/II=0,419 IV/III=0,490 IV/V=0,901)	22(40,7%) (V/I=0,310 V/II=0,273 V/III=0,378 V/IV=0,901)
<i>Стернотомный доступ в анамнезе</i>	4(9,8%) (I/II=0,936 I/III=0,1 I/IV=0,554 I/V=0,830)	3(10,3%) (II/I=0,936 II/III=0,09 II/IV=0,543 II/V=0,971)	0 (III/I=0,1 III/II=0,09 III/IV=0,201 III/V=0,07)	2(6,1%) (IV/I=0,554 IV/II=0,543 IV/III=0,201 IV/V=0,399)	6(11,1%) (V/I=0,830 V/II=0,971 V/III=0,07 V/IV=0,399)
<i>Вмешательство на аорте в анамнезе</i>	3(7,3%) (I/II=0,946 I/III=0,158 I/IV=0,398 I/V=0,986)	2(6,9%) (II/I=0,946 II/III=0,172 II/IV=0,490 II/V=0,391)	0 (III/I=0,1 III/II=0,09 III/IV=0,370 III/V=0,154)	1(3%) (IV/I=0,398 IV/II=0,490 IV/III=0,370 IV/V=0,349)	4(7,4%) (V/I=0,986 V/II=0,391 V/III=0,154 V/IV=0,349)
<i>Стеноз БЦА</i>	4(9,8%) (I/II=0,666 I/III=0,297 I/IV=0,226 I/V=0,688)	2(6,9%) (II/I=0,666 II/III=0,178 II/IV=0,479 II/V=0,169)	5(19,2%) (III/I=0,297 III/II=0,178 III/IV=0,05 III/V=0,117)	1(3%) (IV/I=0,226 IV/II=0,479 IV/III=0,05 IV/V=0,349)	4(7,4%) (V/I=0,688 V/II=0,169 V/III=0,117 V/IV=0,349)
<i>ИБС</i>	9(22%) (I/II=0,391 I/III=0,254 I/IV=0,687 I/V=0,294)	9(31%) (II/I=0,391 II/III=0,777 II/IV=0,238 II/V=0,982)	9(34,6%) (III/I=0,254 III/II=0,777 III/IV=0,158 III/V=0,781)	6(18,2%) (IV/I=0,687 IV/II=0,238 IV/III=0,158 IV/V=0,152)	17(31,5%) (V/I=0,294 V/II=0,982 V/III=0,781 V/IV=0,152)
<i>Стентирование коронарных артерий</i>	1(2,4%) (I/II=0,364 I/III=0,311 I/IV=0,366 I/V=0,727)	2(6,9%) (II/I=0,364 II/III=0,909 II/IV=0,125 II/V=0,282)	2(7,7%) (III/I=0,311 III/II=0,909 III/IV=0,105 III/V=0,443)	0 (IV/I=0,366 IV/II=0,125 IV/III=0,105 IV/V=0,263)	2(3,7%) (V/I=0,727 V/II=0,282 V/III=0,443 V/IV=0,263)
<i>ФП</i>	4(9,8%) (I/II=0,356 I/III=0,267 I/IV=0,562 I/V=0,232)	5(17,2%) (II/I=0,356 II/III=0,848 II/IV=0,165 II/V=0,832)	5(19,2%) (III/I=0,267 III/II=0,848 III/IV=0,120 III/V=0,818)	2(6,1%) (IV/I=0,562 IV/II=0,165 IV/III=0,120 IV/V=0,05)	10(18,5%) (V/I=0,232 V/II=0,832 V/III=0,818 V/IV=0,05)

При сравнении исходных параметров, связанных с сердечно-сосудистой системой, достоверной разницы между группами в отношении количества пациентов, соответствующих 3-4 ФК по NYHA не отмечено. Также группы были идентичными в отношении ИБС и стентирования коронарных артерий в анамнезе. В группе III(Русский конduit) отсутствовали пациенты, имевшие в анамнезе вмешательства, выполненные стернотомным доступом, или какие-либо интервенции на аорте. Сопутствующие стенозы БЦА реже всего встречались в группе IV(операция Росса), однако статистическая разница выявлена лишь в сравнении с группой III(Русский конduit). Кроме того, в группе IV(операция Росса) отмечено наименьшее число пациентов с сопутствующей ФП, однако статистическая разница выявлена лишь в сравнении с группой V(Бенталла-Де Боно) (Таб. 26).

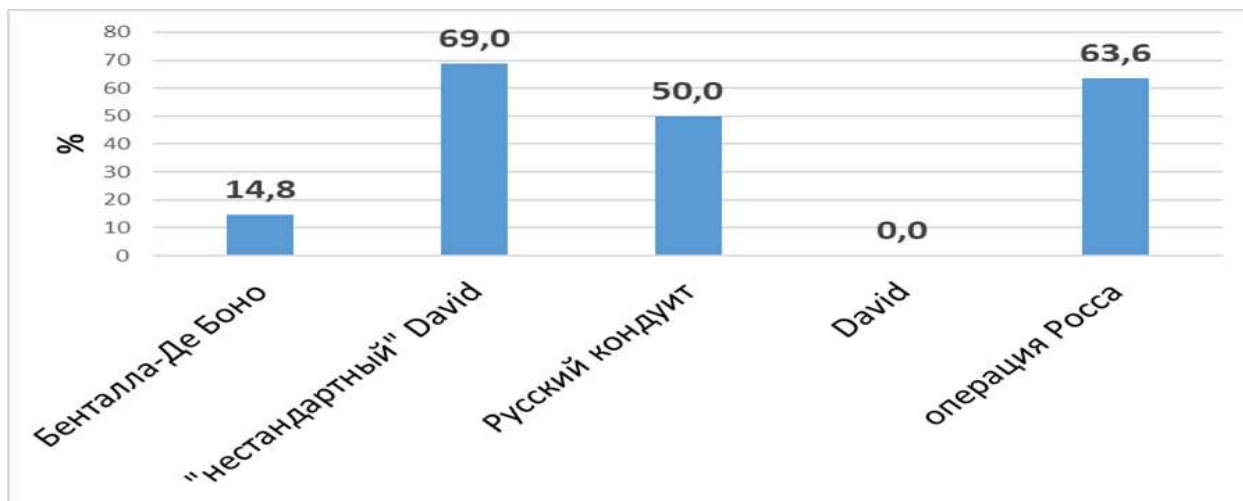
Таблица 27. Клинические параметры, связанные с изменениями в корне аорты

Параметр	Группа I (David) (n=41)	Группа II («нестандартный» David) (n=29)	Группа III (Русский конduit) (n=26)	Группа IV (операция Росса) (n=33)	Группа V (Бенталла- Де Боно) (n=54)
Аневризма корня и ВА	28(68,3%) (I/II=0,674 I/III=0,782 I/IV=0,901 I/V=0,498)	22(75,9%) (II/I=0,674 II/III=0,891 II/IV=0,172 II/V=0,896)	19(73%) (III/I=0,782 III/II=0,891 III/IV=0,123 III/V=0,943)	21(63,6%) (IV/I=0,901 IV/II=0,172 IV/III=0,123 IV/V=0,105)	40(74%) (V/I=0,498 V/II=0,896 V/III=0,943 V/IV=0,105)
Пограничное расширение КА и ВА (4,5-5,0 см)	10(24,4%) (I/II=0,131 I/III=0,182 I/IV=0,211 I/V=0,342)	9(31%) (II/I=0,131 II/III=0,932 II/IV=0,981 II/V=0,111)	8(30,7%) (III/I=0,182 III/II=0,932 III/IV=0,992 III/V=0,123)	10(30,3%) (IV/I=0,211 IV/II=0,981 IV/III=0,992 IV/V=0,143)	10(18,5%) (V/I=0,342 V/II=0,111 V/III=0,123 V/IV=0,143)
Аннулодилатация АК	41(100%) (I/II=1,00 I/III=1,00 I/IV=0,02 I/V=1,00)	29(100%) (II/I=1,00 II/III=1,00 II/IV=0,002 II/V=1,00)	26(100%) (III/I=1,00 III/II=1,00 III/IV=0,003 III/V=1,00)	24(72,7%) (IV/I=0,02 IV/II=0,002 IV/III=0,003 IV/V=0,001)	54(100%) (V/I=1,00 V/II=1,00 V/III=1,00 V/IV=0,001)
ОРА II типа	5(12,2%) (I/II=0,158 I/III=0,193 I/IV=0,03 I/V=0,392)	1(3,4%) (II/I=0,158 II/III=0,937 II/IV=0,282 II/V=0,02)	1(3,8%) (III/I=0,193 III/II=0,937 III/IV=0,255 III/V=0,02)	0 (IV/I=0,03 IV/II=0,282 IV/III=0,255 IV/V=0,008)	10(18,5%) (V/I=0,392 V/II=0,02 V/III=0,02 V/IV=0,008)
Синдром Марфана	5(12,2%) (I/II=0,158 I/III=0,06 I/IV=0,354 I/V=0,248)	1(3,4%) (II/I=0,158 II/III=0,812 II/IV=0,627 II/V=0,922)	0 (III/I=0,06 III/II=0,812 III/IV=0,201 III/V=0,220)	2(6,1%) (IV/I=0,354 IV/II=0,627 IV/III=0,201 IV/V=0,921)	3(5,6%) (V/I=0,248 V/II=0,922 V/III=0,220 V/IV=0,921)
АН 2 ст и выше	41(100%) (I/II=0,501 I/III=0,298 I/IV=0,111 I/V=0,448)	27(93,1%) (II/I=0,501 II/III=0,556 II/IV=0,173 II/V=0,622)	23(88,5%) (III/I=0,298 III/II=0,556 III/IV=0,472 III/V=0,568)	27(81,8%) (IV/I=0,111 IV/II=0,173 IV/III=0,472 IV/V=0,126)	50(92,6%) (V/I=0,448 V/II=0,622 V/III=0,568 V/IV=0,126)
Аортальный стеноз тяжелый	0 (I/II=0,002 I/III=0,001 I/IV=0,001 I/V=0,02)	12(41,4%) (II/I=0,002 II/III=0,001 II/IV=0,129 II/V=0,986)	19(73,1%) (III/I=0,001 III/II=0,001 III/IV=0,309 III/V=0,04)	20(60,6%) (IV/I=0,001 IV/II=0,129 IV/III=0,309 IV/V=0,07)	22(40,7%) (V/I=0,02 V/II=0,986 V/III=0,04 V/IV=0,07)
ИЭ АК	0 (I/II=1,00 I/III=1,00 I/IV=0,05 I/V=0,381)	0 (II/I=1,00 II/III=1,00 II/IV=0,02 II/V=0,122)	0 (III/I=1,00 III/II=1,00 III/IV=0,01 III/V=0,485)	7(21,2%) (IV/I=0,05 IV/II=0,02 IV/III=0,01 IV/V=0,01)	1(1,9%) (V/I=0,381 V/II=0,122 V/III=0,485 V/IV=0,01)

При сравнении клинических параметров, связанных с изменениями в аорте, группы оказались сопоставимы в отношении количества пациентов с аневризмой и пограничным расширением корня и восходящей аорты. В группе IV(операция Росса) отмечено достоверно меньше случаев аннулодилатации АК - 24(72,7%), во всех остальных группах данное отклонение встречалось в 100% случаев. Наибольшее число пациентов с ОРА II типа встречалось в когорте I(David) - 5(12,2%) и V(Бенталла-Де Боно) - 10(18,5%), а в группе IV(операция Росса) случаев ОРА не отмечалось. Исследуемые группы были сопоставимы в отношении частоты встречаемости синдрома Марфана и значимой АН. В когорте I(David) не наблюдалось пациентов с тяжелым стенозом АК, а наибольшее число таких больных отмечено в группе III(Русский кондуит) - 19(73,1%). Инфекционный эндокардит АК диагностирован у 7(21,2%) пациентов группы IV(операция Росса) и у 1(1,9%) – группы V(Бенталла-Де Боно), в остальных группах ИЭ не встречался (Таб. 27).

На рисунке 36 представлены сравнительные данные, касающиеся количества пациентов с БАК. Следует отметить, что в группе I(David) таких пациентов не было, а наибольшее число отмечалось в группах II(«нестандартный» David) – 20(69%), III(Русский кондуит) – 13(50%) и IV(операция Росса) – 21(63,6%) ($p=0,362$). В группе V(Бенталла-Де Боно) БАК встречались реже, чем в трех предыдущих – 8(14,8%) ($p_{V/II}=0,0009$, $p_{V/III}=0,001$, $p_{V/IV}=0,001$).

Рисунок 36. Бикуспидальный аортальный клапан, сравнение между группами



При сравнении коморбидной патологии наибольшее число пациентов с ХОБЛ отмечалось в группе IV(операция Росса), однако статистически достоверная разница выявлена лишь при сравнении с когортой I(David) ($p=0,02$). Вместе с тем, в группе IV(операция Росса) выявлена более редкая встречаемость ГБ, оказавшаяся статистически достоверно ниже, чем в других группах. В отношении прочей коморбидной патологии группы оказались полностью сопоставимыми (Таб. 28).

При сравнении исходных эхокардиографических показателей в группе IV(операция Росса) отмечена наиболее высокая ФВ ЛЖ - $57,5\pm 8\%$, однако статистически достоверная разница выявлена лишь в сравнении с группой III(Русский кондуит) - $p=0,01$ (Таб.29). Группа II(«нестандартный» David) характеризовалась самым низким КДО ЛЖ - $150,5\pm 43,7$ мл, статистически достоверная разница отмечена в сравнении с группами I и V ($p_{II/I}=0,05$, $p_{II/III}=0,03$). Наименьшая частота встречаемости легочной гипертензии наблюдалась в группе IV(операция Росса) - 13(39,4%), однако достоверное снижение выявлено лишь в сравнении с группой I ($p=0,03$). МН 2 ст и более реже всего встречалась в группах III(Русский кондуит) - 9(34,6%) и IV(операция Росса) - 6(18,2%) ($p_{III/I}=0,04$, $p_{III/V}=0,03$, $p_{IV/I}=0,007$, $p_{IV/II}=0,02$, $p_{IV/V}=0,03$). Исследуемые группы оказались сопоставимы в отношении числа пациентов со значимой ТН, а также средних размеров аорты в восходящем

отделе и на уровне синусов Вальсальвы. Тем не менее, в группе IV (операция Росса) отмечена тенденция к более меньшим размерам аорты, однако статистически достоверной разницы не отмечено.

Таблица 28. Сравнение групп в отношении коморбидной патологии

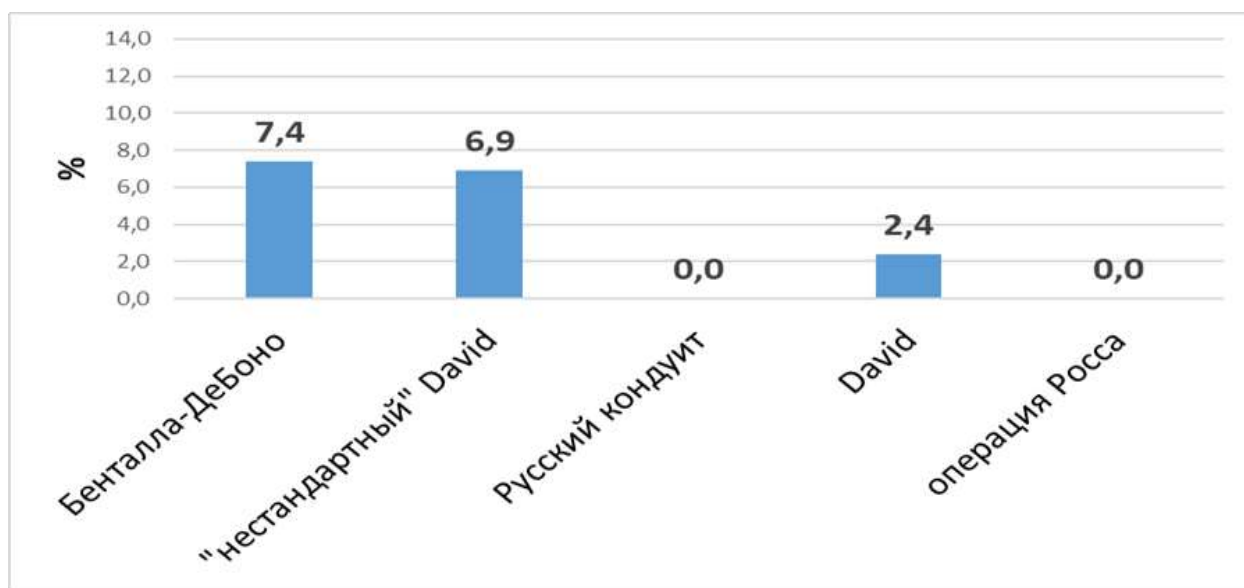
Сопутствующая патология	Группа I (David) (n=41)	Группа II («нестандартный» David) (n=29)	Группа III (Русский кондуит) (n=26)	Группа IV (операция Росса) (n=33)	Группа V (Бенталла-Де Боно) (n=54)
ХОБЛ	4(9,8%) (I/II=0,611 I/III=0,816 I/IV=0,02 I/V=0,317)	4(13,8%) (II/I=0,611 II/III=0,802 II/IV=0,112 II/V=0,625)	3(11,5%) (III/I=0,816 III/II=0,802 III/IV=0,07 III/V=0,526)	10(30,3%) (IV/I=0,02) IV/II=0,112 IV/III=0,07 IV/V=0,135)	9(16,7%) (V/I=0,317 V/II=0,625 V/III=0,526 V/IV=0,135)
СД	2(4,9%) (I/II=0,728 I/III=0,652 I/IV=0,198 I/V=0,607)	2(6,9%) (II/I=0,728 II/III=0,909 II/IV=0,125 II/V=0,743)	2(7,7%) (III/I=0,652 III/II=0,909 III/IV=0,535 III/V=0,964)	0 (IV/I=0,198 IV/II=0,125 IV/III=0,535 IV/V=0,529)	4(7,4%) (V/I=0,607 V/II=0,743 V/III=0,964 V/IV=0,539)
ГБ	30(73,2%) (I/II=0,491 I/III=0,728 I/IV=0,0001 I/V=0,09)	19(65,5%) (II/I=0,491 II/III=0,349 II/IV=0,005 II/V=0,107)	20(76,9%) (III/I=0,728 III/II=0,349 III/IV=0,0002 III/V=0,08)	10(30,3%) (IV/I=0,0001) IV/II=0,005 IV/III=0,0002 IV/V=0,0001)	47(87%) (V/I=0,09 V/II=0,107 V/III=0,08 V/IV=0,0001)
ХБП	1(2,4%) (I/II=0,808 I/III=0,364 I/IV=0,235 I/V=0,09)	1(3,4%) (II/I=0,808 II/III=0,498 II/IV=0,354 II/V=0,204)	2(7,7%) (III/I=0,364 III/II=0,498 III/IV=0,847 III/V=0,964)	3(9,1%) (IV/I=0,235 IV/II=0,354 IV/III=0,847 IV/V=0,784)	4(7,4%) (V/I=0,09 V/II=0,204 V/III=0,964 V/IV=0,784)
Инфекционные заболевания	1(2,4%) (I/II=0,396 I/III=0,741 I/IV=0,09 I/V=0,727)	0 (II/I=0,396 II/III=0,286 II/IV=0,06 II/V=0,589)	1(3,8%) (III/I=0,741 III/II=0,286 III/IV=0,257 III/V=0,974)	4(12,1%) (IV/I=0,09 IV/II=0,06 IV/III=0,257 IV/V=0,132)	2(3,7%) (V/I=0,727 V/II=0,589 V/III=0,974 V/IV=0,132)
ОНМК в анамнезе	2(4,9%) (I/II=0,771 I/III=0,252 I/IV=0,688 I/V=0,782)	1(3,4%) (II/I=0,771 II/III=0,339 II/IV=0,926 II/V=0,989)	0 (III/I=0,252 III/II=0,339 III/IV=0,330 III/V=0,320)	1(3%) (IV/I=0,688 IV/II=0,926 IV/III=0,330 IV/V=0,867)	2(3,7%) (V/I=0,782 V/II=0,989 V/III=0,320 V/IV=0,867)
Курение	10(24,4%) (I/II=0,716 I/III=0,615 I/IV=0,401 I/V=0,864)	6(20,7%) (II/I=0,716 II/III=0,892 II/IV=0,216 II/V=0,534)	5(19,2%) (III/I=0,615 III/II=0,892 III/IV=0,226 III/V=0,494)	11(33,3%) (IV/I=0,401 IV/II=0,216 IV/III=0,226 IV/V=0,458)	14(25,9%) (V/I=0,864 V/II=0,534 V/III=0,494 V/IV=0,458)

Таблица 29. Сравнение эхокардиографических параметров

Параметр	Группа I (David) (n=41)	Группа II («нестандартный» David) (n=29)	Группа III (Русский кондуит) (n=26)	Группа IV (операция Росса) (n=33)	Группа V (Бенталла-Де Боно) (n=54)
ФВ ЛЖ (%) <i>M±SD (min-max)</i>	54,5±5,9 (I/II=0,500 I/III=0,194 I/IV=0,07 I/V=0,970)	55,5±6,7 (II/I=0,500 II/III=0,104 II/IV=0,298 II/V=0,578)	52,3±7,6 (III/I=0,194 III/II=0,104 III/IV=0,01 III/V=0,238)	57,5±8 (IV/I=0,07 IV/II=0,298 IV/III=0,01 IV/V=0,09)	54,5±5,9 (V/I=0,970 V/II=0,578 V/III=0,238 V/IV=0,09)
КДО ЛЖ (мл) <i>M±SD (min-max)</i>	174,3±53 (I/II=0,05 I/III=0,798 I/IV=0,597 I/V=0,576)	150,5±43,7 (II/I=0,05 II/III=0,245 II/IV=0,148 II/V=0,03)	170,2±77,3 (III/I=0,798 III/II=0,245 III/IV=0,875 III/V=0,509)	173,3±73 (IV/I=0,597 IV/II=0,148 IV/III=0,875 IV/V=0,597)	181,5±68,7 (V/I=0,576 V/II=0,03 V/III=0,509 V/IV=0,597)
ЛГ n(%)	24(58,5%) (I/II=0,112 I/III=0,09 I/IV=0,03 I/V=0,321)	14(48,3%) (II/I=0,112 II/III=0,564 II/IV=0,192 II/V=0,991)	11(42,3%) (III/I=0,09 III/II=0,564 III/IV=0,811 III/V=0,678)	13(39,4%) (IV/I=0,03 IV/II=0,192 IV/III=0,811 IV/V=0,224)	27(50%) (V/I=0,576 V/II=0,03 V/III=0,678 V/IV=0,224)
ФК АК (мм) <i>M±SD (min-max)</i>	26,5±2,3 (I/II=0,685 I/III=0,539 I/IV=0,910 I/V=0,403)	26,7±3,6 (II/I=0,685 II/III=0,876 II/IV=0,816 II/V=0,309)	26,9±3,5 (III/I=0,539 III/II=0,876 III/IV=0,696 III/V=0,234)	26,5±3,5 (IV/I=0,910 IV/II=0,816 IV/III=0,696 IV/V=0,439)	25,9±3 (V/I=0,403 V/II=0,309 V/III=0,234 V/IV=0,439)
Ср. град на АК (мм рт ст) <i>M±SD (min-max)</i>	7,4±4,4 (I/II=0,0003 I/III=0,006 I/IV=0,0001 I/V=0,0003)	19,8±18 (II/I=0,0003 II/III=0,238 II/IV=0,101 II/V=0,182)	25,7±22,1 (III/I=0,006 III/II=0,238 III/IV=0,720 III/V=0,899)	27,8±21,7 (IV/I=0,0001 IV/II=0,101 IV/III=0,720 IV/V=0,808)	27±25,1 (V/I=0,0003 V/II=0,182 V/III=0,899 V/IV=0,808)
МН 2 ст n(%)	27(65,9%) (I/II=0,982 I/III=0,04 I/IV=0,007 I/V=0,239)	18(62,1%) (II/I=0,982 II/III=0,09 II/IV=0,01 II/V=0,175)	9(34,6%) (III/I=0,04 III/II=0,09 III/IV=0,301 III/V=0,03)	6(18,2%) (IV/I=0,007 IV/II=0,01 IV/III=0,301 IV/V=0,03)	42(77,8%) (V/I=0,239 V/II=0,175 V/III=0,03 V/IV=0,03)
ТН 2 ст n(%)	5(12,2%) (I/II=0,08 I/III=0,121 I/IV=0,112 I/V=0,254)	1(3,5%) (II/I=0,08 II/III=0,379 II/IV=0,231 II/V=0,06)	2(7,7%) (III/I=0,121 III/II=0,379 III/IV=0,862 III/V=0,210)	2(6%) (IV/I=0,112 IV/II=0,231 IV/III=0,862 IV/V=0,124)	10(18,5%) (V/I=0,254 V/II=0,06 V/III=0,210 V/IV=0,124)
Средний размер аорты на уровне синусов Вальсальвы (мм) <i>M±SD (min-max)</i>	51±7 (I/II=0,983 I/III=0,09 I/IV=0,07 I/V=0,692)	51±6,9 (II/I=0,983 II/III=0,445 II/IV=0,145 II/V=0,786)	48±8 (III/I=0,09 III/II=0,445 III/IV=0,652 III/V=0,343)	46±6,5 (IV/I=0,07 IV/II=0,145 IV/III=0,652 IV/V=0,06)	52±9,9 (V/I=0,682 V/II=0,786 V/III=0,343 V/IV=0,06)
Средний размер аорты на уровне ВА (мм) <i>M±SD (min-max)</i>	58±9,2 (I/II=0,123 I/III=0,164 I/IV=0,07 I/V=0,971)	51±7,6 (II/I=0,123 II/III=0,987 II/IV=0,457 II/V=0,141)	51±6,7 (III/I=0,164 III/II=0,987 III/IV=0,786 III/V=0,128)	49±8,6 (IV/I=0,07 IV/II=0,457 IV/III=0,786 IV/V=0,06)	58±13,8 (V/I=0,971 V/II=0,141 V/III=0,128 V/IV=0,06)

3.2 Первичные точки контроля исследования

Рисунок 37. Ранняя послеоперационная летальность



Ранняя послеоперационная летальность в общей когорте (n=183) составила 3,8%(7 пациентов). В группах III(Русский кондуит) и IV(операция Росса) случаев смертей в стационаре не наблюдалось (рис. 37). Летальность зафиксирована в группе V(Бенталла-Де Боно) – 7,4%(n=4), II(«нестандартный» David) – 6,9%(n=2) и I(David) – 2,4%(n=1). Статистически достоверной разницы между группами не выявлено, однако при сравнении групп V и III/IV отмечается тенденция к более высокой ранней послеоперационной смертности после операции Бенталла-Де Боно - $p_{V/III, V/IV}=0,07$ и $0,09$, соответственно. Причинами смерти в группе V послужили: острая сердечная недостаточность – 2 случая, СПОН на фоне геморрагического шока (1 случай), вирусная пневмония (COVID-19) (1 случай). В группе II летальность была обусловлена: СПОН на фоне геморрагического шока (1 случай) и СПОН на фоне синдрома системного воспалительного ответа, наступившего в исходе бактериальной пневмонии. В группе I умер 1 пациент на фоне ОЧН, потребовавшей постановки аппарата ЭКМО.

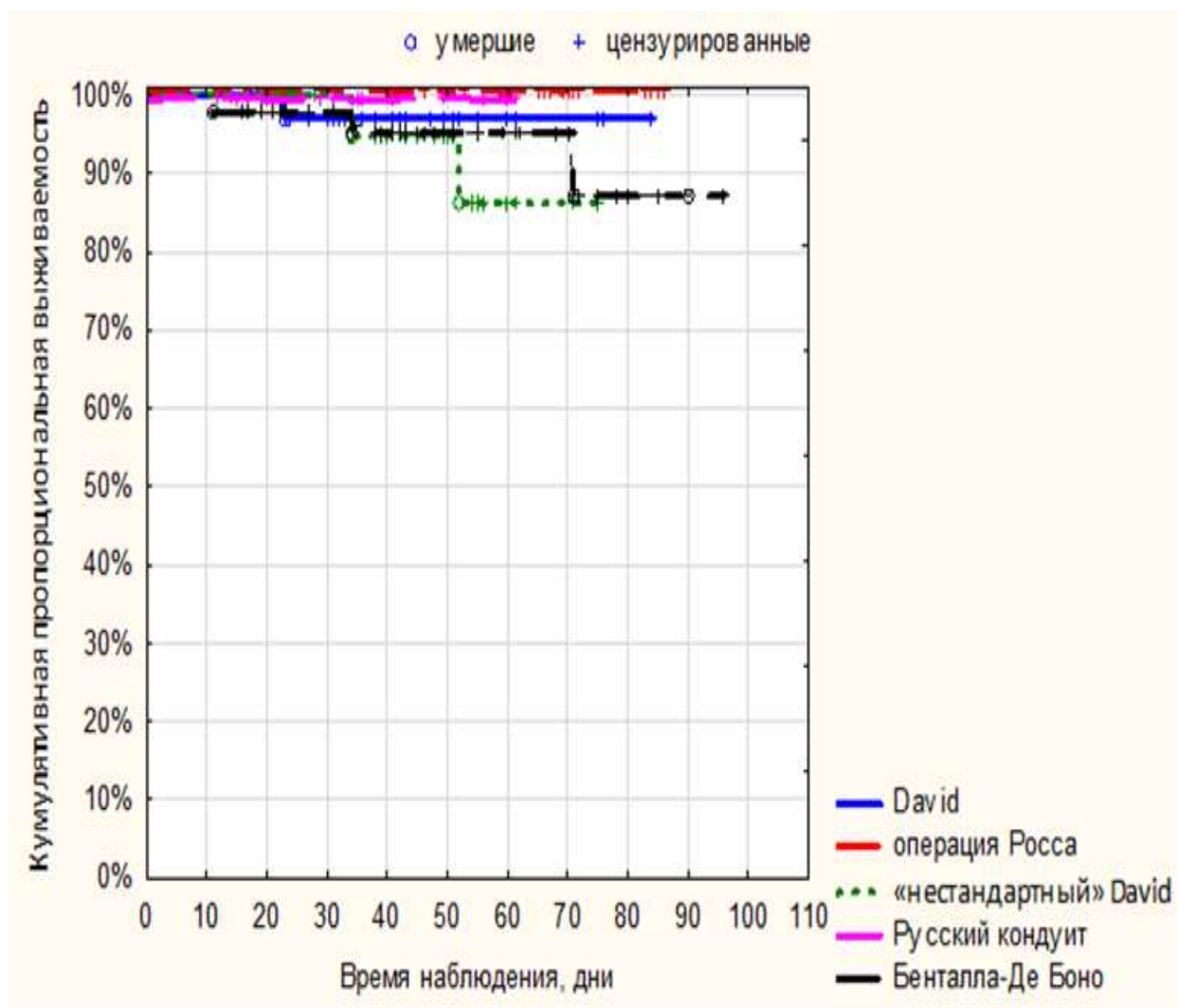
Усредненный срок наблюдения для всей исследуемой когорты составил $45,8 \pm 23$ (от 11 до 96) месяца. В группах IV(операция Росса) и V(Бенталла-Де Боно) отмечены статистически достоверные более

длительные сроки наблюдения в сравнении с другими когортами. В свою очередь, пациенты группы III(Русский кондуит) наблюдались достоверно более короткий срок в отличие от остальных исследуемых популяций

Таблица 30. Сравнение сроков наблюдения между группами

Follow-up	Группа I (David) (n=41)	Группа II («нестандартный» David) (n=29)	Группа III (Русский кондуит) (n=26)	Группа IV (операция Росса) (n=33)	Группа V (Бенталла-Де Боно) (n=54)
Месяцы, M±SD (min-max)	42,7±16,4 (19-84)	43,2±15,8 (18-75)	33,3±16 (12-61)	62,1±21,3 (15-86)	55±19,8 (11-96)
p	(I/II=0,908 I/III=0,02 I/IV=0,0002 I/V=0,002)	(II/I=0,908 II/III=0,02 II/IV=0,0003 II/V=0,008)	(III/I=0,02 III/II=0,02 III/IV=0,0001 III/V=0,0001)	(IV/I=0,0002 IV/II=0,0003 IV/III=0,0001 IV/V=0,133)	(V/I=0,002 V/II=0,008 V/III=0,0001 V/IV=0,133)

Рисунок 38. Кумулятивная выживаемость в среднеотдаленные сроки после операции



Кумулятивная выживаемость в среднеотдаленные сроки после операции ($45,8 \pm 23$ месяцев) составила: 100% для когорт III (Русский кондуит) и IV (операция Росса), 96% - для группы I (David) и 88,5% - для II («нестандартный» David) и V (Бенталла-Де Боно) (рис. 38). Статистически достоверной разницы между группами не выявлено. В среднеотдаленные сроки в общей исследуемой популяции ($n=183$) умерло 5 (2,7%) пациентов. Причинами смерти в группе V послужили: внезапная сердечная смерть – 1 случай, протезный эндокардит – 1 случай и смерть по неизвестным причинам – 1 случай. В группе I отмечен один летальный случай, связанный с некрозом кишечника на фоне мезентериального тромбоза. В когорте II смерть одного пациента наступила после повторной операции на АК на фоне ОСН.

На рисунке 39 представлены данные по кумулятивной свободе от реопераций на грудной аорте и аортальном клапане в среднеотдаленные сроки. В когортах IV (операция Росса) и V (Бенталла-Де Боно) реопераций не отмечено, для групп III (Русский кондуит) и I (David) свобода от реопераций составила 96% и 97%, соответственно. Наибольшая частота повторных вмешательств (3) на КА наблюдалась в группе II («нестандартный» David), свобода от реопераций – 87%. Все 5 реопераций в общей популяции были связаны с прогрессирующей аортальной недостаточностью. Статистически достоверной разницы в отношении частоты реопераций между группами не выявлено.

Рисунок 39. Кумулятивная свобода от реопераций в среднеотдаленные сроки после операции

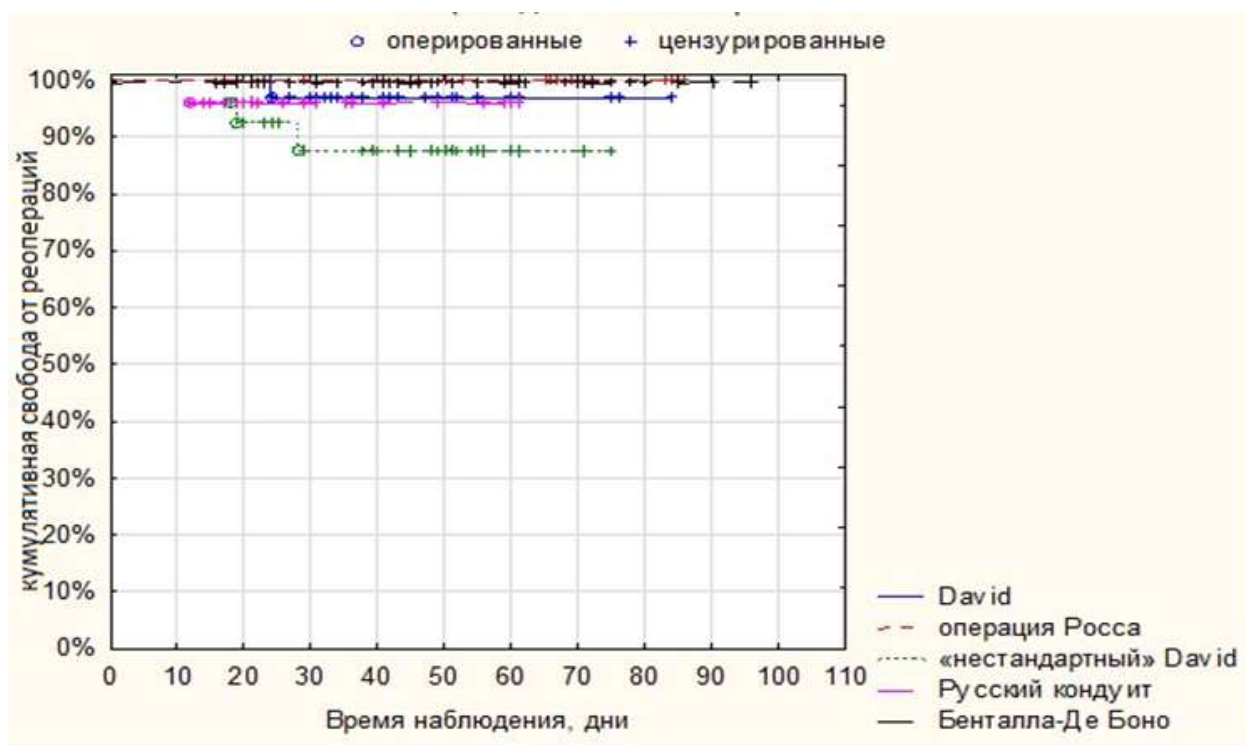
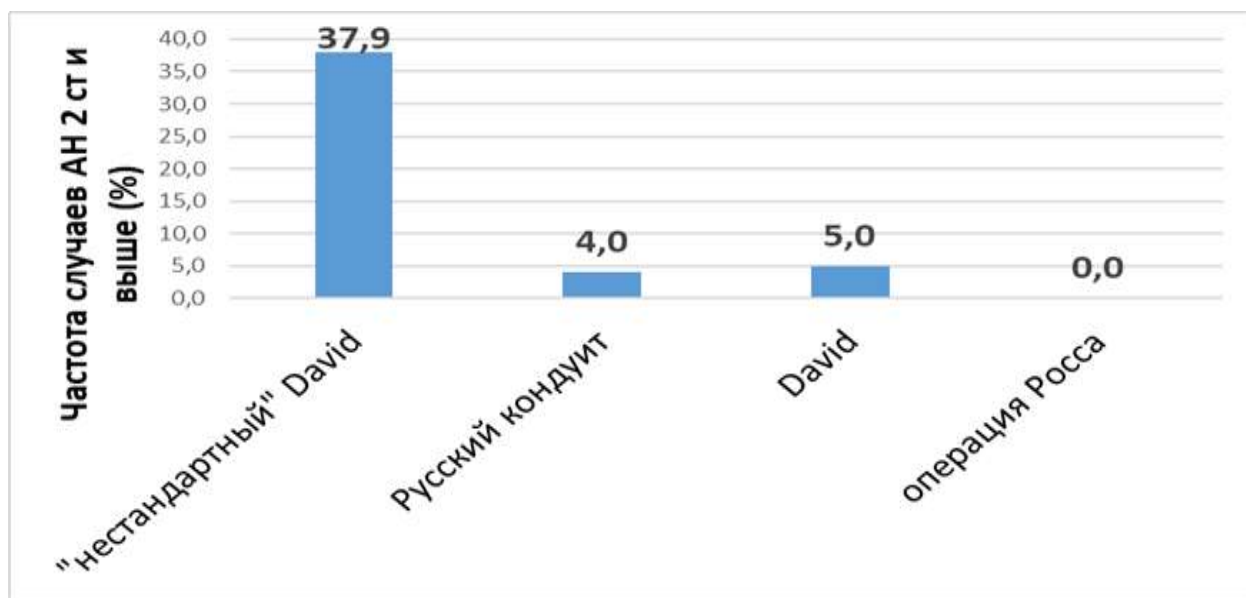


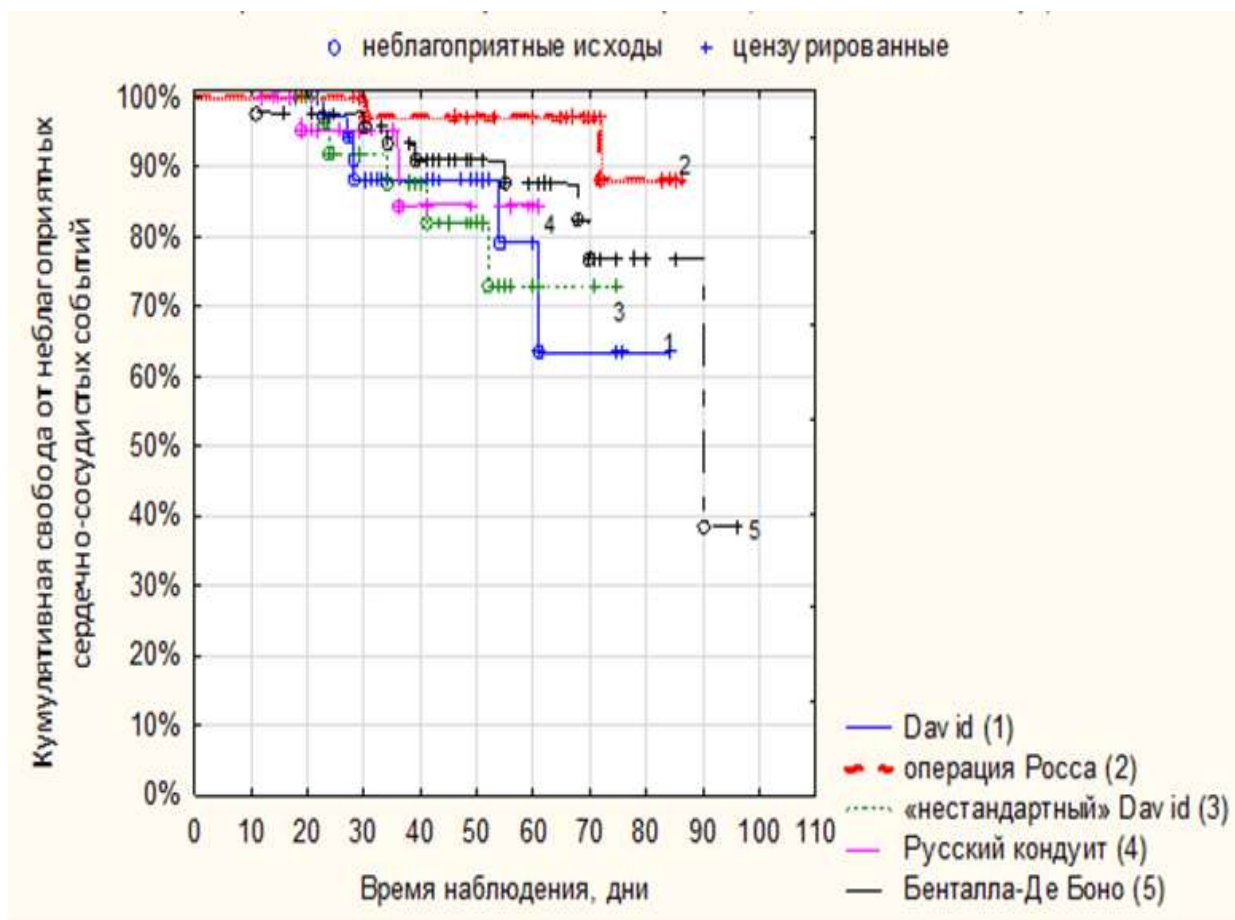
Рисунок 40. Сравнение частоты АН 2 ст и более между группами



На рисунке 40 представлены результаты анализа частоты АН 2 ст и более в среднеотдаленные сроки после операции. В данный анализ не вошли пациенты, перенесшие процедуру Бенталла Де Боно. Частота встречаемости значимой аортальной регургитации оказалась выше в группе II («нестандартный» David) – 37,9% (П/И ОШ 5,65 (ДИ1,58 - 20,24), П/III ОШ

7,33 (ДИ1,44 - 37,27), II/IV ОШ 7,84 (ДИ1,61 - 39,55), II/V ОШ 5,99 (ДИ1,83 - 19,63).

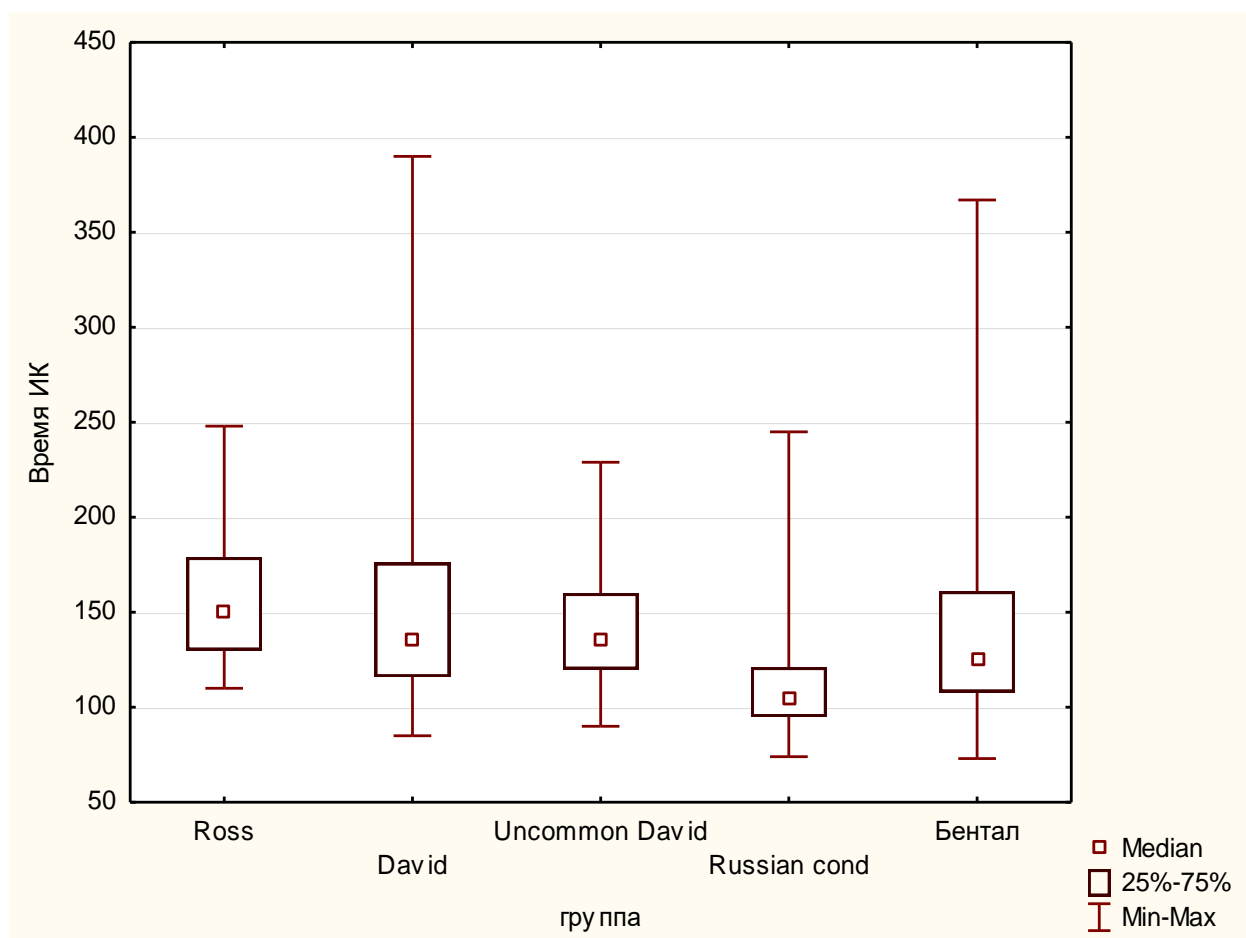
Рисунок 41. Свобода от неблагоприятных сердечно-сосудистых событий



На рисунке 41 представлены данные о свободе от неблагоприятных сердечно-сосудистых событий, включивших ОИМ, ОНМК, имплантацию ЭКС, НРС, смерть от всех причин и повторную госпитализацию в кардиологический стационар. Наилучшими показателями оказались в когортах III(Русский кондуит) и IV(операция Росса) – 91% и 89%, соответственно. Худшая свобода от неблагоприятных ССС событий отмечена в группах I(David) – 66% ($p_{I/II,III,IV,IV}=0,478, 0,01, 0,05, 0,04$, соответственно), II(«нестандартный» David) – 75% ($p_{II/I,III,IV,IV}=0,478, 0,06, 0,08, 0,02$, соответственно) и V(Бенталла-Де Боно) – 31% ($p_{V/I,II,III,IV}=0,04, 0,02, 0,001, 0,003$, соответственно).

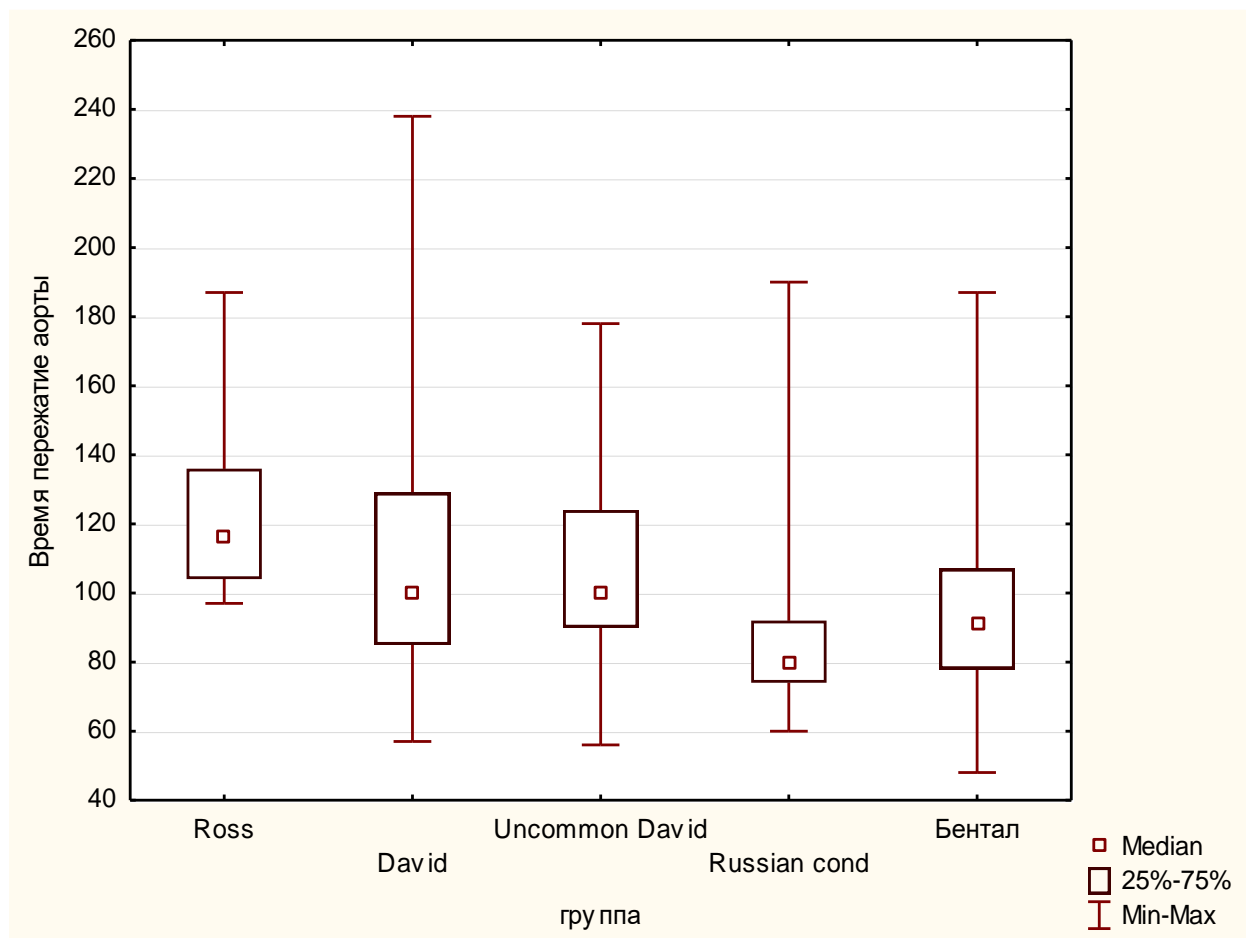
3.3 Вторичные точки контроля исследования

Рисунок 42. Сравнение длительности ИК между группами



Длительность ИК составила: $153 \pm 65,2$ мин для группы I(David), $146,2 \pm 40,6$ мин – II(«нестандартный» David), $115 \pm 35,4$ мин - III(Русский кондуит), $155,6 \pm 35,3$ мин - IV(операция Росса) и $142,3 \pm 57,3$ мин - V(Бенталла-Де Боно) (рис. 42). Таким образом, в группе III(Русский кондуит) отмечена самая короткая продолжительность ИК - $p_{III/I,III/II,III/IV,III/V} = 0,008, 0,003, 0,0001, 0,03$, соответственно.

Рисунок 43. Сравнение длительности пережатия аорты между группами



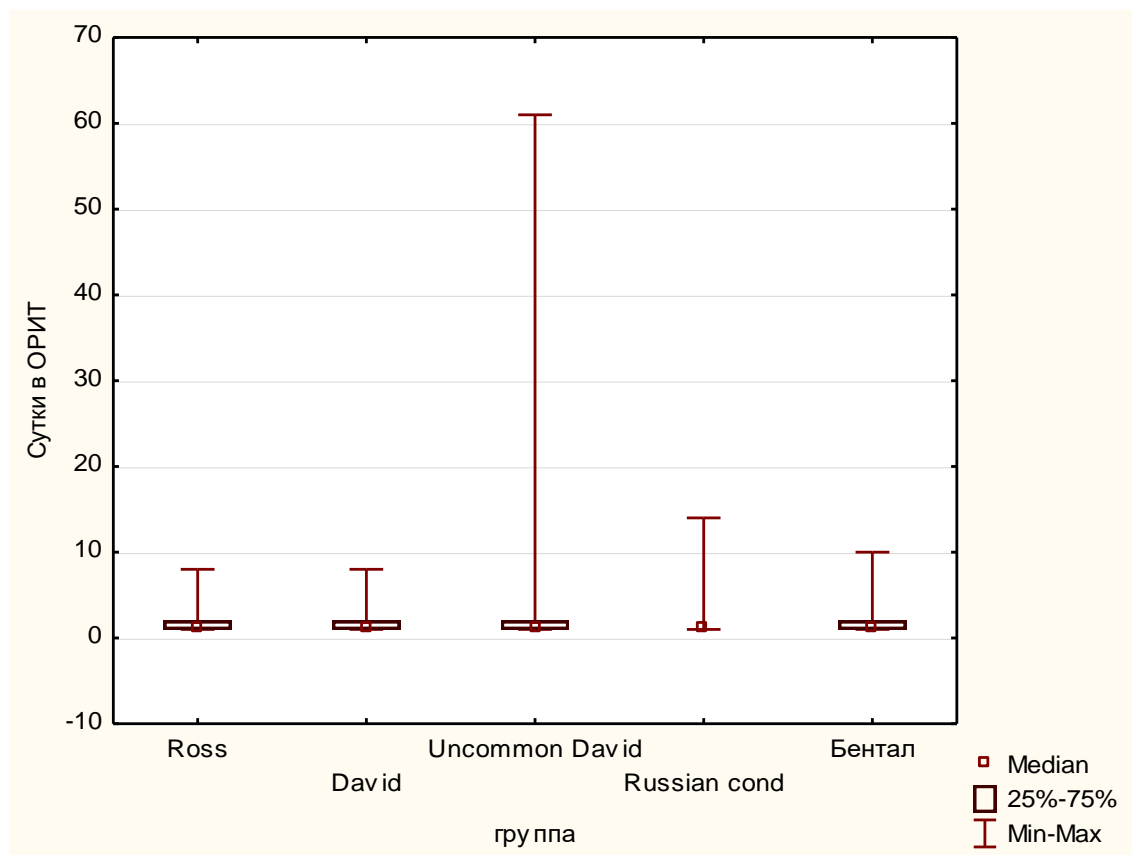
Длительность пережатия аорты составила: $111,7 \pm 39,1$ мин для группы I(David), $110,2 \pm 29,8$ мин - II(«нестандартный» David), $86,9 \pm 25,8$ мин - III(Русский кондуит), $125 \pm 26,3$ мин - IV(операция Росса), $96,6 \pm 29,3$ мин - V(Бенталла-Де Боно). Таким образом, в группах III и V отмечена самая короткая продолжительность пережатия аорты - $p_{III/I, III/II, III/IV, III/V} = 0,005, 0,003, 0,0001, 0,154$ и $p_{V/I, V/II, V/III, V/IV} = 0,03, 0,04, 0,154, 0,0001$, соответственно.

В таблице 31 представлены сравнительные данные, касающиеся процедур, сопутствующих вмешательству на корне аорты. Митральные вмешательства реже выполнялись в группе II(«нестандартный» David), однако статистически достоверные различия выявлены лишь в сравнении с группой I(David) - $p_{II/I} = 0,004$.

Таблица 31. Сопутствующие процедуры на сердце

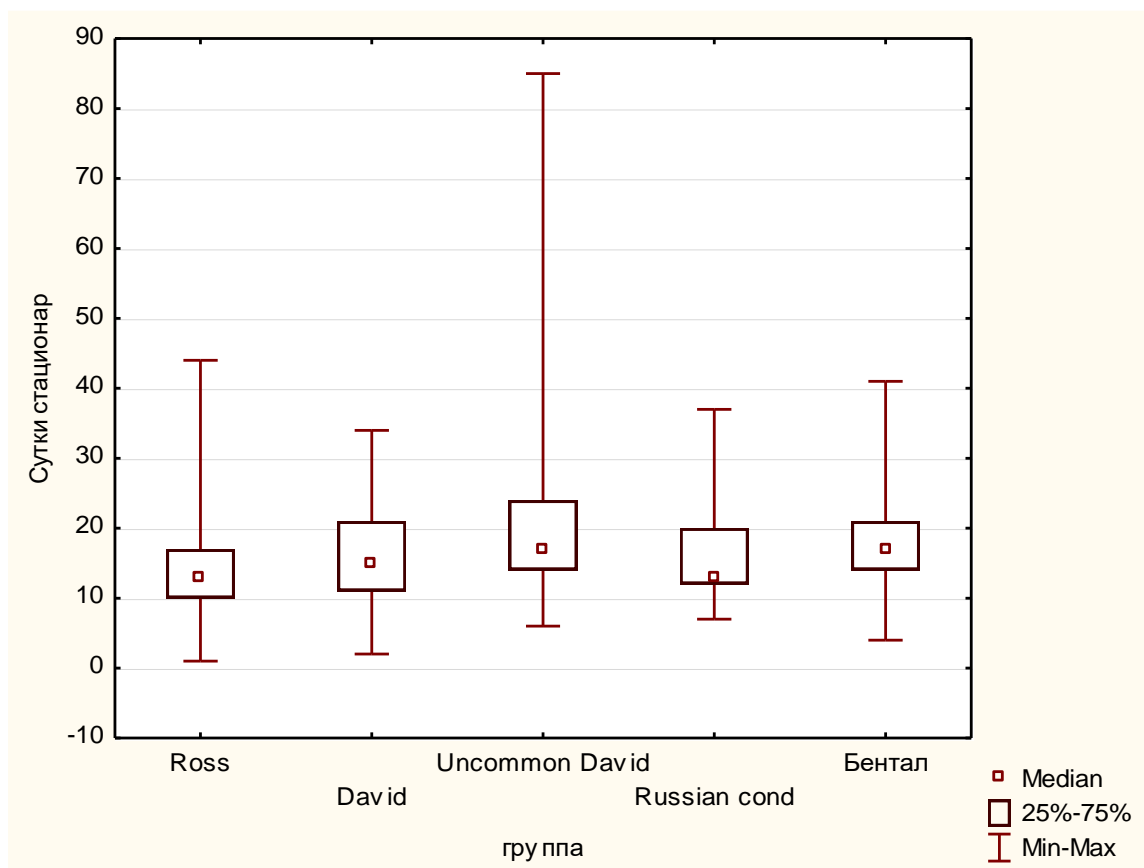
Процедура	Группа I (David) (n=41)	Группа II («нестандартный» David) (n=29)	Группа III (Русский кондуит) (n=26)	Группа IV (операция Росса) (n=33)	Группа V (Бенталла-Де Боно) (n=54)
МК n(%)	7(17,1%)	1(3,4%)	2(7,7%)	4(12,1%)	4(7,4%)
<i>p</i>	(I/II=0,004 I/III=0,237 I/IV=0,546 I/V=0,162)	(II/I=0,004 II/III=0,498 II/IV=0,194 II/V=0,484)	(III/I=0,237 III/II=0,498 III/IV=0,568 III/V=0,964)	(IV/I=0,546 IV/II=0,194 IV/III=0,568 IV/V=0,484)	(V/I=0,162 V/II=0,484 V/III=0,964 V/IV=0,484)
ТК n(%)	0	0	1(3,8%)	2(6,1%)	0
<i>p</i>	(I/II=1,00 I/III=0,696 I/IV=0,545 I/V=1,00)	(II/I=1,00 II/III=0,771 II/IV=0,650 II/V=1,00)	(III/I=0,696 III/II=0,771 III/IV=0,694 III/V=0,627)	(IV/I=0,545 IV/II=0,650 IV/III=0,694 IV/V=0,455)	(V/I=1,00 V/II=1,00 V/III=0,627 V/IV=0,455)
АКШ n(%)	7(17,1%)	3(10,3%)	7(26,9%)	5(15,2%)	11(20,4%)
<i>p</i>	(I/II=0,412 I/III=0,351 I/IV=0,823 I/V=0,682)	(II/I=0,412 II/III=0,116 II/IV=0,570 II/V=0,141)	(III/I=0,351 III/II=0,116 III/IV=0,276 III/V=0,525)	(IV/I=0,823 IV/II=0,570 IV/III=0,276 IV/V=0,531)	(V/I=0,682 V/II=0,141 V/III=0,525 V/IV=0,531)

Рисунок 44. Сравнение длительности пребывания пациентов в ОРИТ



Длительность пребывания в ОРИТ составила: 1,93(1;8) суток для группы I(David), 3,7(1;61) суток – II(«нестандартный» David), 1,9(1;8) суток - III(Русский кондуит), 2,1(1;8) суток - IV(операция Росса) и 1,5(1;10) суток для группы V(Бенталла-Де Боно). При этом статистически достоверной разницы между группами не выявлено – $p=0,212$.

Рисунок 45. Сравнение длительности пребывания пациентов в стационаре

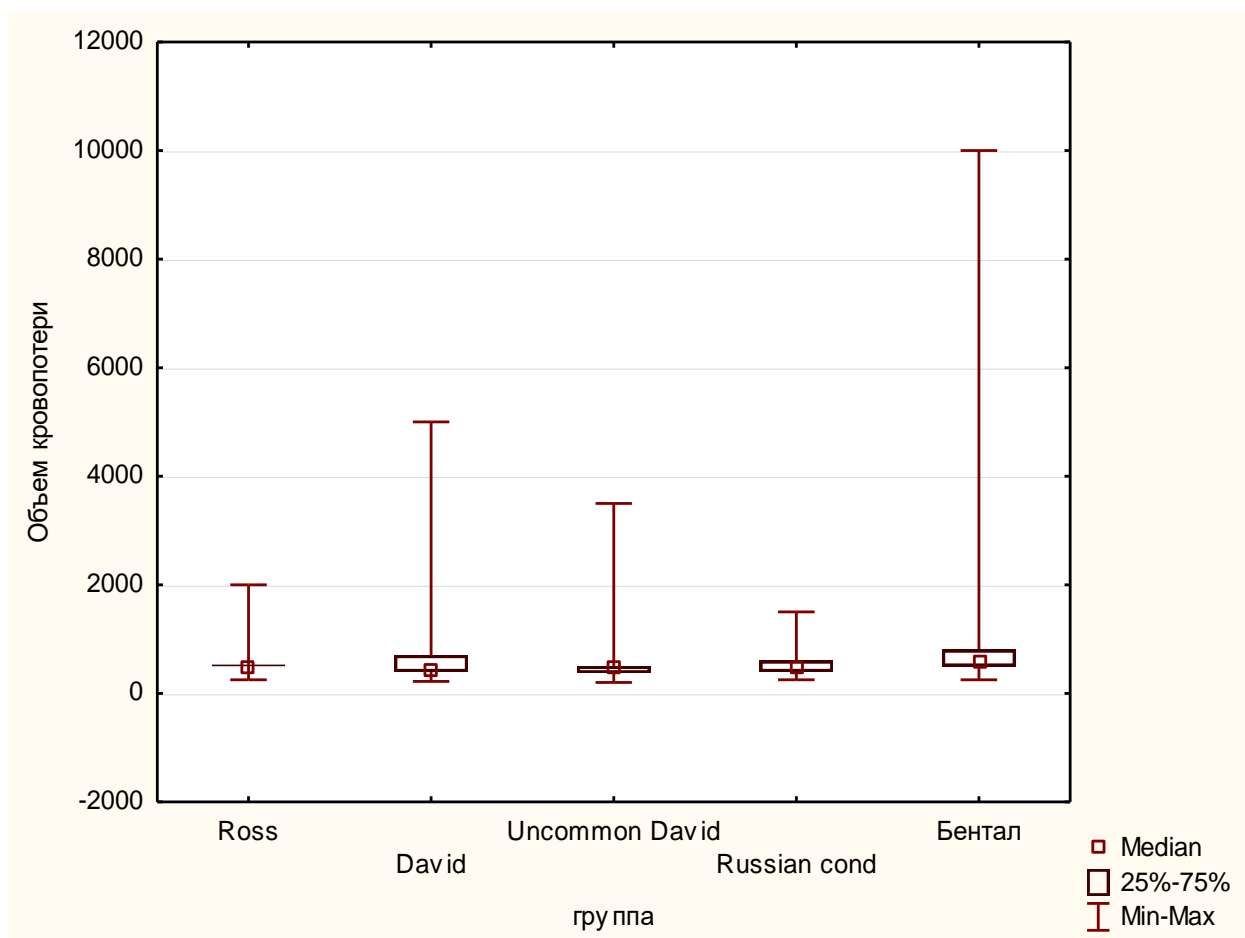


Длительность пребывания в кардиохирургическом стационаре составила: 16,3(2;34) суток для группы I(David), 21,2(6;85) суток – II(«нестандартный» David), 16,6(7;37) суток - III(Русский кондуит), 14,6(2;44) суток - IV(операция Росса) и 17,7(4;41) суток для группы V(Бенталла-Де Боно). Наибольшая продолжительность пребывания в стационаре отмечена в группе II(«нестандартный» David), однако статистически достоверная разница выявлена лишь в сравнении с группой IV(операция Росса) – $p_{II/IV}=0,02$.

При сравнении суммарного объема кровопотери (интраоперационно и в раннем послеоперационном периоде) между группами выявлено, что более

массивная кровопотеря наблюдалась в группе V(Бенталла-Де Боно) – 918(250;10000) мл (рис. 44). Статистически достоверная разница наблюдалась с группами I – $p=0,01$, II – $p=0,001$, III – $p=0,05$, IV – $p=0,03$. Значимый объем кровопотери при операции Бенталла-Де Боно мы объясняем как повышенным риском кровотечения, предусматриваемым самим вмешательством, так и большим количеством пациентов с ОРА в данной группе (Таб. 27).

Рисунок 46. Сравнение суммарного объема кровопотери между группами



В таблице 32 представлено сравнение групп в отношении реторакотомий по поводу кровотечений, а также осложнений в раннем послеоперационном периоде. Наибольшее число реторакотомий отмечено в группе V(Бенталла-Де Боно), при этом достоверные различия выявлены со всеми группами. Острая сердечная недостаточность реже развивалась в когортах II(«нестандартный» David) и IV(операция Росса), при этом

статистически достоверная разница выявлена в сравнении с группой V(Бенталла-Де Боно) - $p_{II/V}=0,05$ и $p_{IV/V}=0,04$.

Таблица 32. Сравнение групп в отношении ранних послеоперационных осложнений

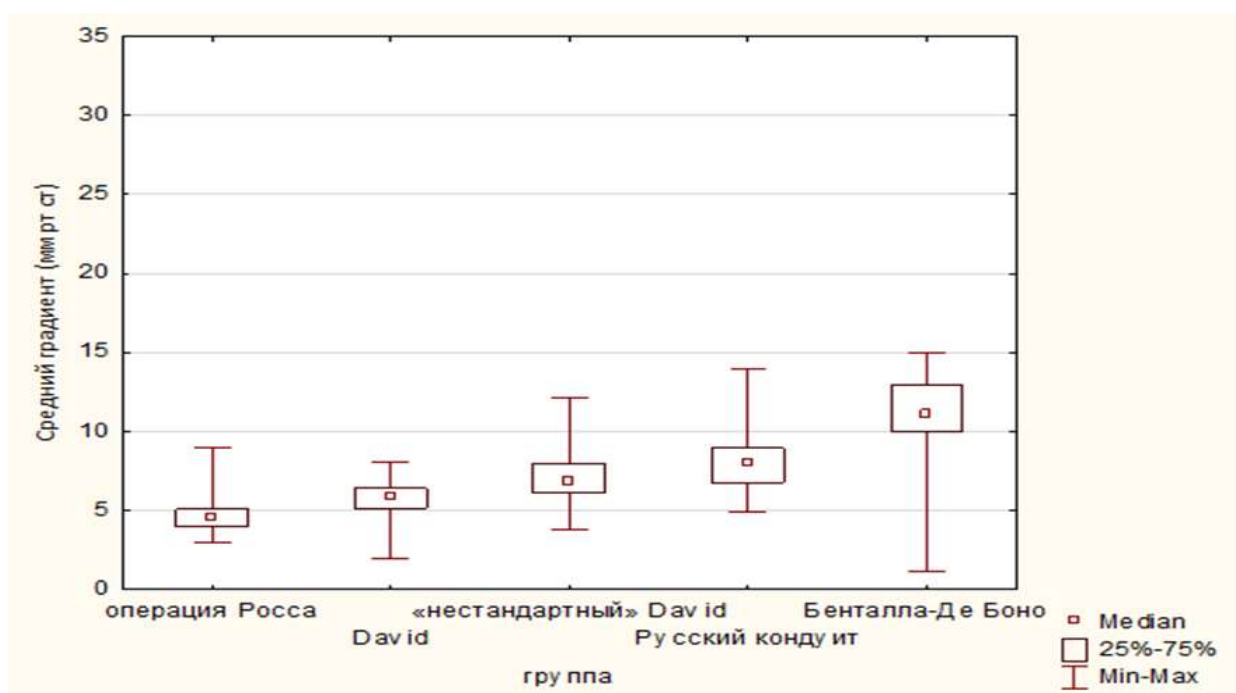
Осложнение	Группа I (David) (n=41)	Группа II («нестандартный» David) (n=29)	Группа III (Русский конduit) (n=26)	Группа IV (операция Росса) (n=33)	Группа V (Бенталла- Де Боно) (n=54)
Реторакотомия, n(%) p	1(2,4%) (I/II=0,946 I/III=0,533 I/IV=0,540 I/V=0,05)	1(3,4%) (II/I=0,946 II/III=0,615 II/IV=0,571 II/V=0,06)	0 (III/I=0,533 III/II=0,615 III/IV=1,00 III/V=0,007)	0 (IV/I=0,540 IV/II=0,571 IV/III=1,00 IV/V=0,003)	7(13%) (V/I= 0,05 V/II=0,06 V/III=0,007 V/IV=0,003)
ОСН, n(%) p	6(14,6%) (I/II=0,08 I/III=0,933 I/IV=0,06 I/V=0,980)	1(3,4%) (II/I=0,08 II/III=0,134 II/IV=0,926 II/V=0,05)	4(15,4%) (III/I=0,933 III/II=0,134 III/IV=0,113 III/V=0,947)	1(3%) (IV/I=0,06 IV/II=0,926 IV/III=0,113 IV/V=0,04)	8(14,8%) (V/I=0,980 V/II=0,05 V/III=0,947 V/IV=0,04)
ОПН диализ, n(%) p	4(9,7%) (I/II=0,221 I/III=0,06 I/IV=0,134 I/V=0,978)	2(6,8%) (II/I=0,221 II/III=0,09 II/IV=0,187 II/V=0,246)	0 (III/I=0,06 III/II=0,09 III/IV=0,743 III/V=0,08)	1(3%) (IV/I=0,134 IV/II=0,187 IV/III=0,743 IV/V=0,145)	5(9,3%) (V/I=0,978 V/II=0,246 V/III=0,08 V/IV=0,145)
СПОН, n(%) p	3(7,3%) (I/II=0,467 I/III=0,955 I/IV=0,398 I/V=0,732)	1(3,4%) (II/I=0,467 II/III=0,498 II/IV=0,926 II/V=0,301)	2(7,7%) (III/I=0,955 III/II=0,498 III/IV=0,441 III/V=0,811)	1(3%) (IV/I=0,398 IV/II=0,926 IV/III=0,441 IV/V=0,211)	5(9,3%) (V/I=0,732 V/II=0,301 V/III=0,811 V/IV=0,211)
ДН, n(%) p	2(4,9%) (I/II=0,116 I/III=0,184 I/IV=0,677 I/V=0,607)	5(17,2%) (II/I=0,116 II/III=0,852 II/IV=0,01 II/V=0,109)	4(15,4%) (III/I=0,184 III/II=0,852 III/IV=0,01 III/V=0,317)	0 (IV/I=0,677 IV/II=0,01 IV/III=0,01 IV/V=0,529)	4(7,4%) (V/I=0,607 V/II=0,109 V/III=0,317 V/IV=0,529)
НРС, n(%) p	3(7,3%) (I/II=0,467 I/III=0,573 I/IV=0,09 I/V=0,238)	1(3,4%) (II/I=0,467 II/III=0,261 II/IV=0,02 II/V=0,121)	3(11,5%) (III/I=0,573 III/II=0,261 III/IV=0,311 III/V=0,680)	7(21,2%) (IV/I=0,09 IV/II=0,02 IV/III=0,311 IV/V=0,459)	8(14,8%) (V/I=0,238 V/II=0,121 V/III=0,680 V/IV=0,459)
ЭКС, n(%) p	0 (I/II=1,00 I/III=1,00 I/IV=0,05 I/V=0,178)	0 (II/I=1,00 II/III=1,00 II/IV=0,09 II/V=0,791)	0 (III/I=1,00 III/II=1,00 III/IV=0,114 III/V=0,896)	3(9,1%) (IV/I=0,05 IV/II=0,791 IV/III=0,896 IV/V=0,233)	1(1,9%) (V/I=0,178 V/II=0,791 V/III=0,896 V/IV=0,233)
ОНМК, n(%) p	0 (I/II=1,00 I/III=1,00 I/IV=0,45 I/V=0,111)	0 (II/I=1,00 II/III=1,00 II/IV=0,69 II/V=0,651)	0 (III/I=1,00 III/II=1,00 III/IV=0,54 III/V=0,532)	1(3%) (IV/I=0,45 IV/II=0,69 IV/III=0,54 IV/V=0,956)	2(3,7%) (V/I=0,111 V/II=0,651 V/III=0,532 V/IV=0,956)

Исследуемые группы оказались сопоставимыми в отношении частоты развития СПОН и ОПН, потребовавшей гемодиализа. В группе IV(операция Росса) отмечено более частое развитие НРС и имплантаций ЭКС.

В исследуемой когорте (n=183) отмечен 1 случай конверсии и повторного пережатия аорты (по причине выраженной АН после процедуры David выполнено вшивание створок из аутоперикарда).

Наименьший средний трансклапанный градиент на АК в среднеотдаленные сроки отмечался в группе IV(операция Росса) – $4,93 \pm 1,37$ мм рт ст ($p_{IV/I, IV/II, IV/III, IV/V} = 0,004, 0,02, 0,0004, 0,0001$, соответственно), а наиболее высокий – в группе V(Бенталла-Де Боно) – $11,1 \pm 2,22$ мм рт ст ($p_{V/I, V/II, V/III, V/IV} = 0,0001, 0,0001, 0,0001, 0,02$, соответственно). Низкие трансклапанные градиенты продемонстрированы также в группе I(David) – $5,8 \pm 1$ мм рт ст в сравнении с когортами III(Русский кондуит) и II(«нестандартный» David) ($p_{II, III} = 0,01$ и $0,002$, соответственно). Группы III и II оказались на промежуточных позициях, средние градиенты в них составили $8,8 \pm 1,7$ мм рт ст и $7 \pm 1,7$ мм рт ст, соответственно, однако статистически достоверной разницы нами не выявлено.

Рисунок 47. Сравнение средних градиентов на АК в среднеотдаленном периоде

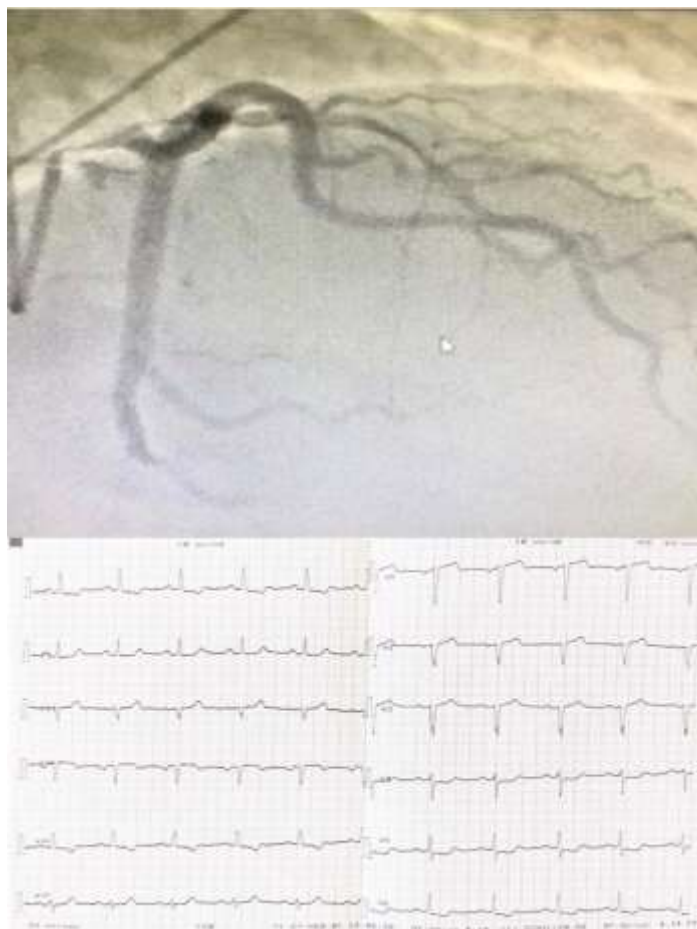


В завершение Главы 3 мы приведем несколько нетривиальных случаев из клинической практики, касающихся вмешательств на корне аорты.

Клинический пример 1. В клинику по экстренным показаниям доставлен пациент Г, 46 лет, с жалобами на рецидивирующие боли в области сердца, иррадиирующие в межлопаточное пространство. Из анамнеза: длительное время страдает гипертонической болезнью с максимальными цифрами АД до 240/100 мм рт ст.

За 1 сутки до поступления в кардиохирургическую клинику, госпитализирован в больницу по месту жительства с картиной острого коронарного синдрома с подъемом сегмента ST передне-боковой локализации. По данным диагностической коронарографии: левый тип кровоснабжения, отрыв ствола ЛКА со стенозированием до 70%, передняя межжелудочковая артерия - стеноз устья до 70%, ПКА без особенностей (рис. 48).

Рисунок 48. Коронарография и первичное ЭКГ с элевацией сегмента ST



По причине отрыва ЛКА стентирование коронарных артерий не проводилось. По результатам трансторакальной эхокардиографии выявлено расширение корня аорты до 4.03 см, восходящего отдела до 4.1 см с признаками острого расслоения аорты тип А по Стенфорду, с проксимальной фенестрацией на расстоянии 1,5 см от ФК АК, регургитация на аортальном клапане до 3 ст с на фоне аннулодилатации до 26 мм и

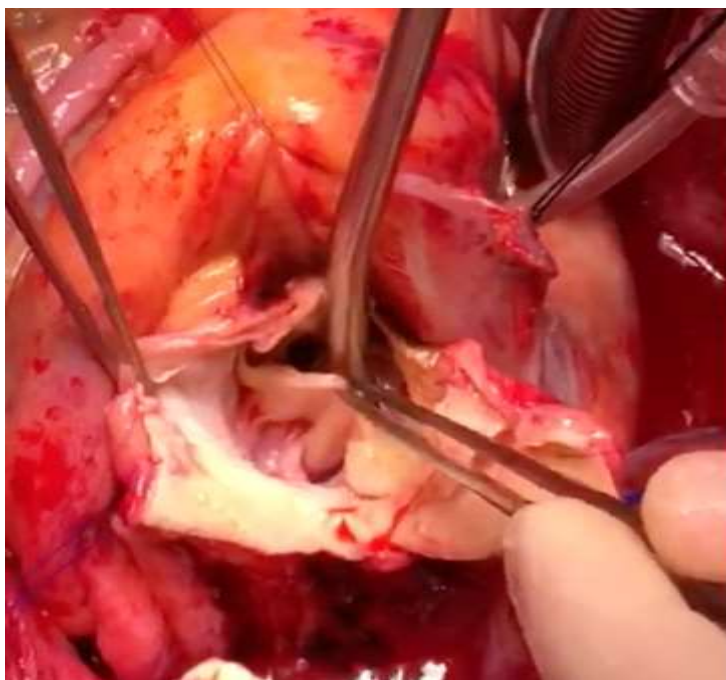
интактных створок, акинезия верхушечного сегмента левого желудочка, легкая митральная и трикуспидальная недостаточность, незначительное снижение ФВ ЛЖ (50%). По данным мультиспиральной компьютерной томографии аорты и ее ветвей выявлено острое расслоение восходящего отдела аорты на протяжении до 5 см (с фенестрацией в месте отхождения левой коронарной артерии и ее частичным отрывом), ложный просвет контрастируется и ограничен брахиоцефальным стволом. По результатам первичных анализов увеличение тропинина I до 148 нг/мл. По данным электрокардиограммы – элевация сегмента ST по передне-перегородочной области ЛЖ.

Учитывая ургентность состояния пациента, выраженную аортальную недостаточность, острую фазу инфаркта миокарда на фоне отрыва ствола ЛКА, а также возраст пациента, принято решение о необходимости выполнения экстренной операции в объеме протезирования корня и восходящего отдела аорты с реваскуляризацией миокарда, и рассмотрением вопроса о клапаносохраняющем вмешательстве на аортальном клапане.

Операция выполнена доступом через срединную стернотомию, в условиях искусственного кровообращения (ИК) и фармакоолодовой кардиopleгии (по схеме полые вены-аорта). При ревизии корня аорты, выявлено отслоение интимы от уровня аортального клапана с задействованием устьев ЛКА и ПКА (отрыв ствола ЛКА и истончение устья ПКА) (Рис.49). До этапа пережатия аорты, в условиях параллельного ИК, сформированы аутовенозные анастомозы к передней межжелудочковой артерии и ветви тупого края огибающей артерии. Ревизия аортального клапана: клапан трёхстворчатый, при выведении комиссур коаптация состоятельна. После глубокой мобилизации корня иссечены синусы Вальсальвы, устье ЛКА лигировано ввиду полного отрыва и невозможности протезирования. Выполнено протезирование корня и восходящей аорты по технологии David с фиксацией синтетического протеза двумя рядами швов (субаннулярное наложение 3 П-образных швов на тефлоновых прокладках и ресуспензией клапана непрерывным обвивным швом нитью «Prolene» 5-0). Субаннулярные швы завязаны на буже Гегара № 21 с целью профилактики стеноза аортального клапана. Гидравлическая проба – отсутствие признаков регургитации. По причине невозможности реимплантации устья ПКА на фоне его истончения и распространения процесса расслоения, выполнено аутовенозное протезирование ствола ПКА. В синтетический протез последовательно реимплантированы аутовенозный протез ствола ПКА, ОА, ПМЖВ. Время ИК составило 170 мин, пережатия аорты - 100 мин. Интраоперационная чреспищеводная ЭХО-КГ показала полную состоятельность реконструкции корня аорты, регургитация на клапане до 1 ст, ФК 21 мм. Экстубация

произведена спустя 8 часов после операции. Послеоперационный период протекал без особенностей. Пациента выписали на 15-е сутки в состоянии, соответствующем I функциональному классу по NYHA, без признаков ишемии по данным электрокардиографии, зон гипокинезии по данным ЭХО-КГ и удовлетворительными лабораторными показателями. При оценке через 6 месяцев, по данным мультиспиральной компьютерной томографии грудной аорты и ее ветвей, анастомозы состоятельны, протез проходим, аутовенозные шунты функционируют.

Рисунок 49. Отрыв ствола ЛКА



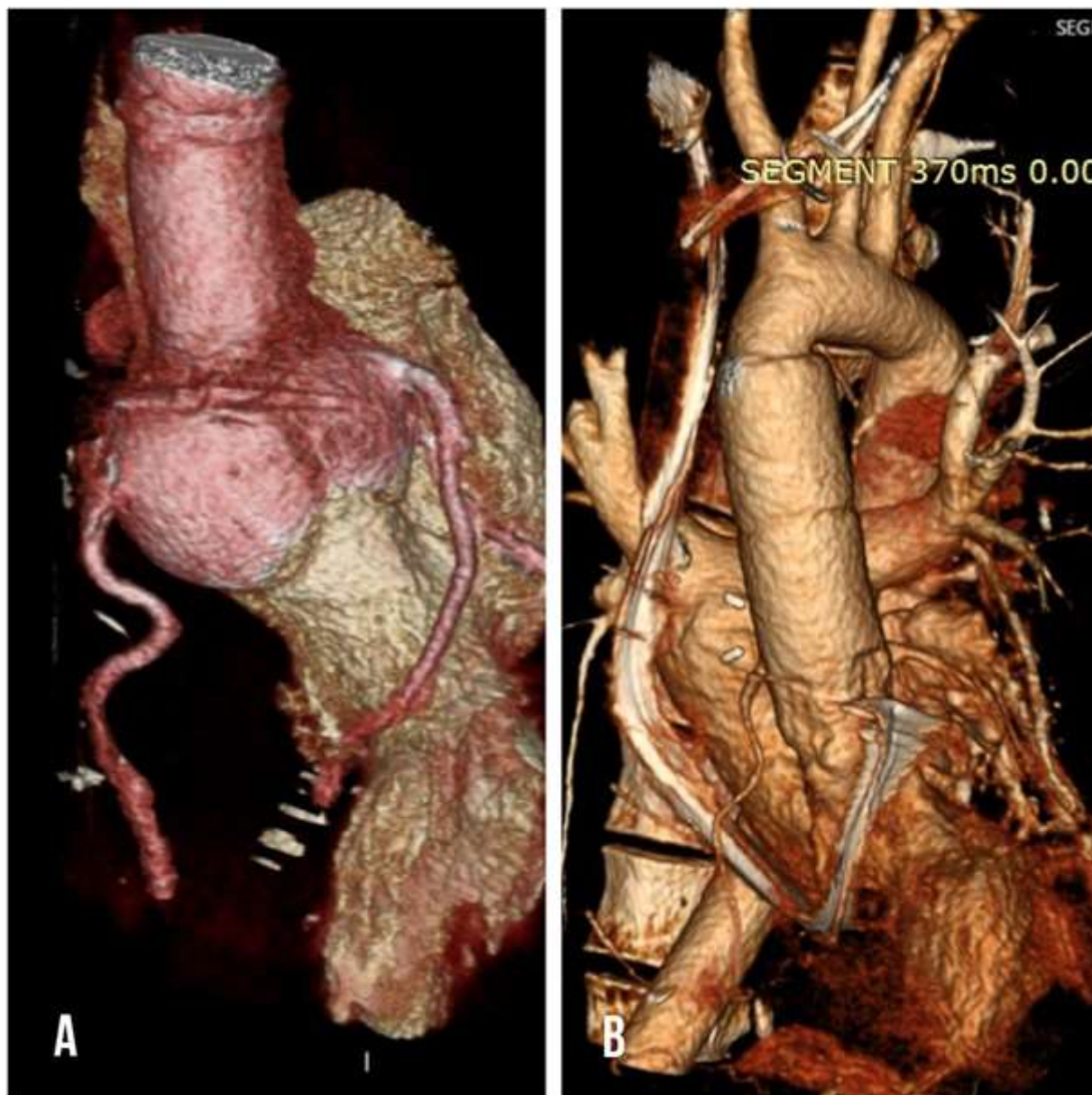
Клинический пример 2. Мужчина 3. 30 лет с синдромом Марфана, перенесший 1 год назад супракоронарное протезирование восходящей аорты по поводу острого расслоения аорты тип «А» по Stanford, поступил в клинику с целью планового диагностического обследования, с жалобами на одышку и снижение толерантности к физическим нагрузкам. У пациента имелся ряд сопутствующих патологий: деформирующий кифосколиоз грудного отдела позвоночника, выраженная воронкообразная грудная клетка, бинокулярная слепота вследствие отслоения сетчатки. Антропометрические данные соответствовали СМ: рост - 208 см, вес – 85 кг.

По данным эхокардиографии в стационаре выявлено аневризматическое расширение корня аорты до 5,5 см, аннулодилатация до 27 мм, аортальная недостаточность до 2 ст. Следует отметить, что диаметр протезированного восходящего отдела аорты составлял 3,0 см.

Данные КТ грудной клетки подтвердили наличие аневризмы корня аорты (без признаков ее расслоения) с размерами 5,3-5,5 см на уровне синусов Вальсальвы (50А). Сагиттальный

размер средостения между задней пластиной грудины и позвоночником составил 4 см (на границе средней и нижней трети тела), при этом отмечалось интимное предлежание правого предсердия и желудочка к грудины на протяжении 7 см.

Рисунок 50. А – данные КТ корня и восходящей аорты до операции; В – послеоперационная КТ аорты



Таким образом, у пациента определены абсолютные показания к коррекции патологии корня аорты. Учитывая высокий риск интраоперационного повреждения структур сердца после перенесенной ранее стернотомной операции, а также повторный характер вмешательства, наиболее приемлемым доступом представлялась левосторонняя торакотомия.

Торакотомия длиной 9-11 см выполнена по 4 межреберью слева, искусственное кровообращение подключено путем канюляции бедренных сосудов, при этом отмечена

хорошая экспозиция корня аорты. Учитывая выраженный спаечный процесс, выполнен аортолиз и частичный кардиолиз с отделением ПП и легочной артерии от аорты с глубокой ее мобилизацией. После пережатия аорты, ранее имплантированный супракоронарный протез удален. При ревизии клапана – створки трехстворчатые, подвижные, аннулодилатация до 28 мм (51А). Пациенту выполнена стандартная процедура David с фиксацией линейного синтетического сосудистого протеза № 30 6 П-образными субаннулярными швами, ресуспензией клапана и реимплантацией устьев коронарных артерий (52В). При этом интраоперационная чреспищеводная эхокардиография не выявила резидуальной регургитации. Длительность искусственного кровообращения составила 190 мин, пережатия аорты – 110 мин, продолжительность пребывания в отделении реанимации 1 сутки. Пациент выписан на 6 сутки после операции без осложнений, с удовлетворительными показателями лабораторно-инструментальных исследований. При контроле через 6 месяцев состояние мужчины соответствовало ИФК по NYHA, по данным ЭХО КГ регургитация на клапане аорты не превышала 1 ст, а диаметр фиброзного кольца составил 22 мм. КТ исследование также не выявило признаков несостоятельности реконструкции, размер аорты в области корня и в восходящем отделе составил 30 мм (рис. 50В). Общий вид пациента перед выпиской представлен на рисунке 52.

Рисунок 51. А-вид корня аорты при доступе через левостороннюю торакотомию; В – вид реконструированного корня аорты

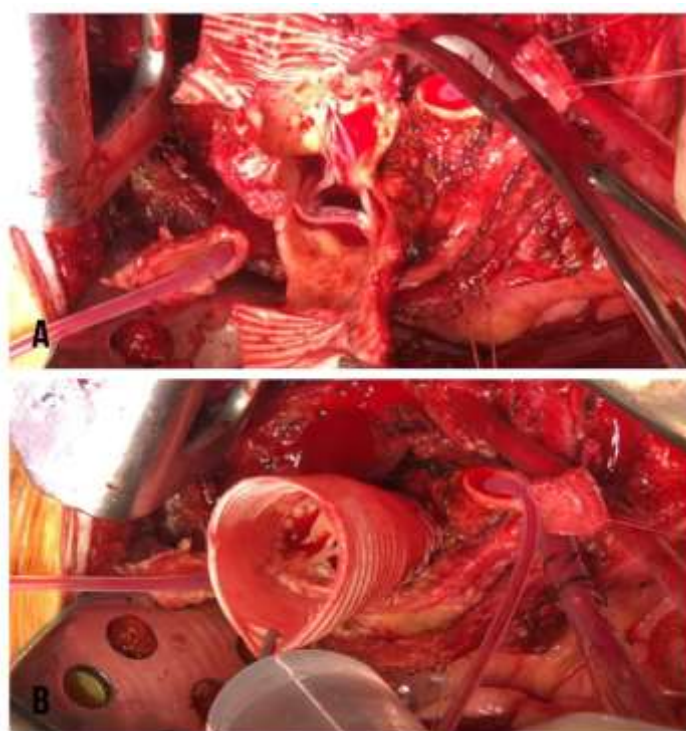


Рисунок 52. Общий вид пациента перед выпиской после операции David доступом через левостороннюю торакотомию



Клинический пример 3. В клинику поступил профессиональный спортсмен 18 лет с жалобами на одышку и утомляемость. С рождения диагностирован врожденный порок сердца – двустворчатый аортальный клапан. По электрокардиографии отмечались признаки гипертрофии левого желудочка. По результатам трансторакальной ЭХО КГ: конечно-диастолический объем левого желудочка – 210 мл, ФВ ЛЖ – 62%, аортальный клапан бicuspidальный за счет сращения правой и некоронарной створок, ФК АК – 30 мм, регургитация 3 ст, пиковый градиент – 20 мм рт ст, диаметр аорты на уровне синусов Вальсальвы – 40 мм, восходящая аорты – 27 мм, дуга аорты – 17 мм. При этом другой структурной патологии сердца, включая поражение клапанов, не выявлено. Данные ЭХО КГ коррелировали с результатами мультиспиральной компьютерной томографии грудной аорты.

Следует отметить, что пациент был настроен против механического протезирования АК и пожизненного приема варфарина, ввиду желания вернуться к занятиям спортом.

Оперативное вмешательство выполнено доступом через срединную стернотомию, в условиях искусственного кровообращения и кардиopleгии Кустодиолом. После забора листка перикарда, мы поместили его в 0,6% раствор глутарового альдегида на 8 мин, затем дважды экспонировали в чистом физ растворе в течение 8 мин. По данным ЧП ЭХО КГ диаметр восходящей аорты составил 29 мм (рис. 53). Для приготовления клапансодержащего кондуита мы выбрали дакроновый линейный сосудистый протез № 30, который вывернули для вшивания неостворок. Согласно разработанной формуле, опубликованной нами в ранних работах, размер неостворок составил 29 мм - при помощи шаблонов Ozaki мы вырезали 3 симметричных лепестка. Аутоперикардальные лепестки фиксированы к вывернутому сосудистому протезу (по размеченному контуру) непрерывными проленовыми швами (3 нити пролен 5.13) с применением технологии сшивания створок. Следующим этапом протез с неостворками ввернут в исходное положение. После подготовки handmade conduit, начато ИК, пережата и иссечена ВА, а также створки АК (уплотнены, фиброзно изменены, коаптация резко нарушена). Конduit фиксирован к ФК 12 п-образными швами, при завязывании использовался буж Гегар № 21. Реимплантация коронарных артерий и формирование дистального анастомоза с ВА выполнено стандартным методом. Время ИК составило 130 мин, пережатие аорты – 70 мин. Интраоперационная ЧП ЭХО КГ показала следующие результаты: ФК- 22 мм, пиковый градиент – 12 мм рт ст, регургитация отсутствует.

Длительность пребывания в ОРИТ – 1 сутки, в стационаре – 7 дней. Пациент выписан в состоянии, соответствующем I ФК по NYHA. По данным итогового ЭХО КГ: КДО 140 мл, ФВ 69%, средний гр на АК – 6 мм рт ст, регургитация отсутствует.

Рисунок 53. Расширенное ФК АК и деструкция створок как показание для операции Русский кондуит.



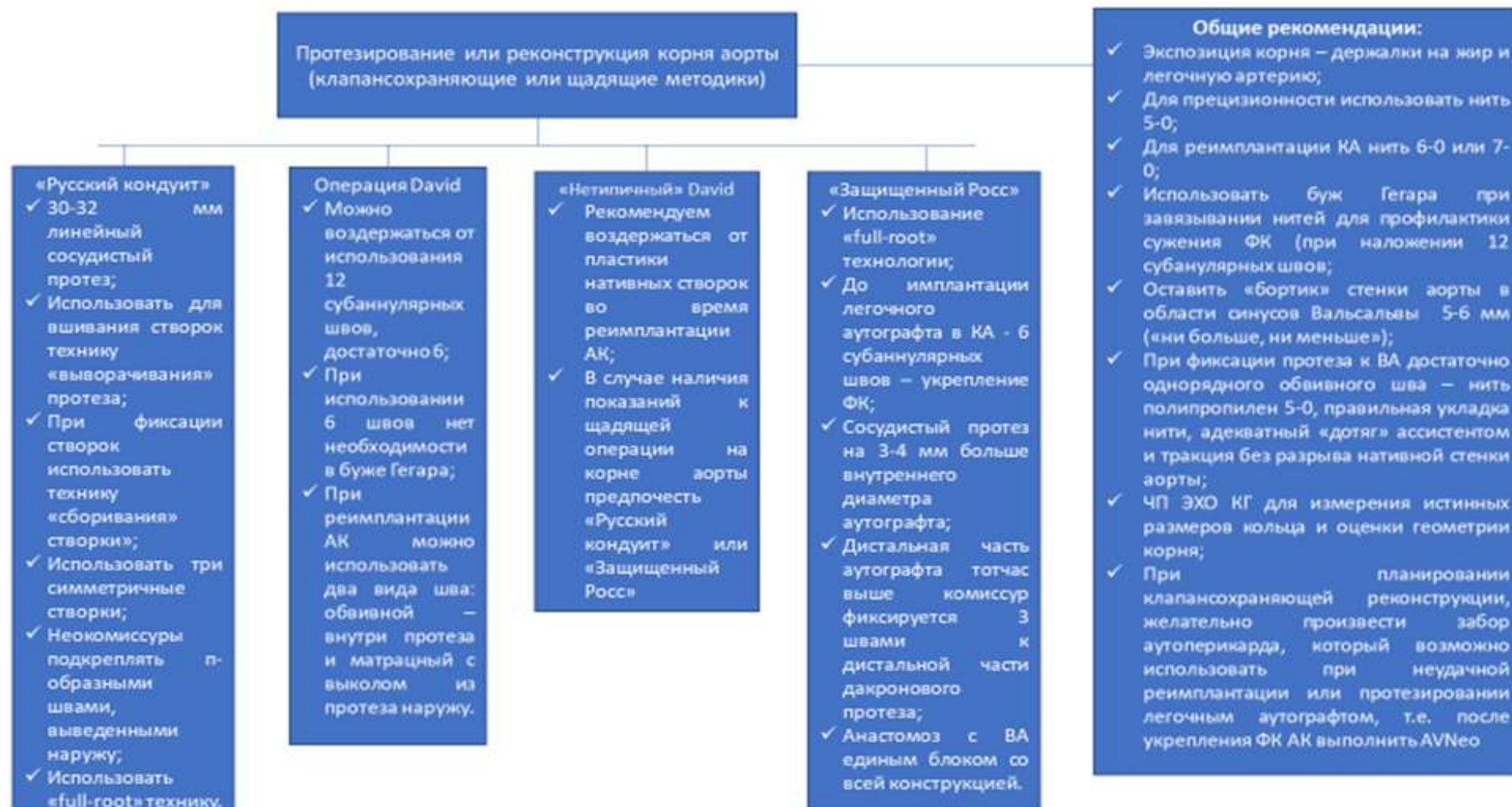
При контрольном осмотре через 14 месяцев, пациент чувствовал себя удовлетворительно, не нуждался в приеме кардиотропной терапии и не ограничивал себя в физической активности. При контрольном ЭХО КГ: КДО ЛЖ – 130 мл, ФВ 69%, средний градиент на АК – 7 мм рт ст, площадь открытия – 1,9 см², регургитация отсутствует, ВА на уровне синусов – 2,9 см (рис. 54).

Рисунок 54. АК после процедуры Русский кондуит



ГЛАВА 4. РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ОПТИМИЗАЦИИ ХИРУРГИЧЕСКОЙ ТЕХНИКИ И РАЗРАБОТАННАЯ ХИРУРГИЧЕСКАЯ СТРАТЕГИЯ.

Рисунок 55. Рекомендации по оптимизации хирургической техники



На рисунке 55 подробно описаны обобщающие рекомендации по хирургической технике вмешательств на корне аорты с использованием клапансохраняющих технологий и аутологичных тканей, позволившие нам добиться продемонстрированных выше результатов.

На рисунке 56 представлена разработанная нами по результатам проведенного исследования стратегия хирургического лечения пациентов с патологией корня аорты. Мы подтвердили уже доказанный факт, что при аневризме или расширении КА с аннулодилатацией трикуспидального АК, значимой регургитацией и отсутствием компретации створок методикой выбора является процедура David. При ОРА II типа со значимой АР и отсутствием компретации створок безальтернативными остаются либо процедура David, либо Бенталла-Де Боно. В случае аневризмы или расширения КА в сочетании с выраженной деструкцией АК, в зависимости от возраста, клинического статуса, наличия противопоказаний к пролонгированному времени ИК и пережатия аорты, а также предпочтений пациента, мы рекомендуем выполнение либо операции Бенталла-Де Боно, либо процедуры «Русский конduit» или «Защищенный Росс». У пациентов с бicuspidальным АК, частичной компретацией створок или без нее и фенотипом КА или ВА мы рекомендуем воздержаться от сохранения нативного клапана и выполнения процедуры реимплантации по типу «Нетипичный» David, а предпочесть процедуры «Русский конduit» или «Защищенный Росс». Аналогичная тактика касается аневризм или расширения КА с аннулодилатацией трикуспидального АК, значимой регургитацией и частичной компретацией створок.

Рисунок 56. Хирургическая стратегия, разработанная по результатам исследования



ГЛАВА 5. ОБСУЖДЕНИЕ

Аневризма корня аорты представляет собой сложный патологический процесс, имеющий значительные клинические последствия и разнообразный прогноз [274,275]. Проксимальные аневризмы аорты в сочетании с аннулоаортальной эктазией зачастую сопровождаются значительной степенью аортальной регургитации, что ухудшает функциональный класс пациента за счет негативного ремоделирования миокарда и развивающейся сердечной недостаточности при отсутствии должного лечения [276]. Так, в исследованной нами популяции почти 40% пациентов имели тяжелые клинические проявления болезни и относились к III ФК по NYHA, а еще 51,4% описывали менее выраженную клинику ХСН и соответствовали II ФК. Кроме того, продемонстрированные нами показатели ФВ ($54,5 \pm 5,8\%$), КДО ЛЖ ($174,3 \pm 53$ мл), ЛГ различной степени (почти 50% пациентов) и митрализации порока ($55,7\%$ пациентов) подтверждают высокий риск декомпенсации левых отделов сердца в описываемой когорте.

Еще одной проблемой, связывающей проксимальные аневризмы и аортальный клапан, является значимая частота компретации корня и восходящей аорты с наличием показаний к вмешательствам на этой зоне в 25% случаев у пациентов с БАК, имеющих и без того высокий риск дисфункции клапана и необходимости в его протезировании в течение всей жизни (50-75%) [66,67]. Напротив, сочетание тяжелого стеноза трехстворчатого АК с аневризмой грудного отдела аорты встречается значительно реже – около 3,4% (ОШ 7,7 с ДИ 3,0–22,1 ($p < 0,0001$)) [277]. В нашей популяции пациентов 33,9% имели БАК, а стеноз АК, расцененный как тяжелой степени, наблюдался у 40% больных. Вместе с тем, хотя в задачи нашего исследования не входило изучение корреляции между анатомией АК и компретацией корня, косвенно, продемонстрированные нами результаты подтверждают данные крупных эпидемиологических исследований.

Наше исследование является первой в России, а возможно и в мире, стратегической работой, в которой комплексно рассмотрена проблема хирургии корня аорты, включая разнородные показания и различные методы лечения. В данном исследовании мы стремились сконцентрироваться именно на одной анатомической зоне, намерено исключив лиц с компретацией дуги аорты. В современный век всеобщего доступа к информационным технологиям, все больше пациентов с какой-либо кардиальной проблемой, требующей хирургического лечения, обращаются к кардиологам и хирургам уже будучи осведомленными о наличии в мире хирургических подходов, позволяющих обеспечить полноценное физическое функционирование, путем, например, избавления от необходимости в постоянном приеме варфарина и контроля МНО. Вместе с тем, клапансберегающие технологии доступны лишь ограниченной когорте пациентов с аневризмой корня и АН, развивающейся на фоне аннулоаортальной эктазии, без значимой компретации створок. При этом лица, имеющие частичное повреждение створок или выраженную деградацию АК, по-прежнему рассматриваются как потенциальные кандидаты на имплантацию композитного графта, содержащего механический или биологический протез клапана аорты, то есть на классическую или модифицированную операцию Бенталла-Де Боно. По этой причине в практике нашей клиники мы стремились использовать не только классические подходы, такие как операция Бенталла-Де Боно или реимплантация по методике David, но и применять техники сочетания реимплантации с пластикой нативных створок – «нестандартный» David, или приближенные к клапансберегающим вмешательствам процедуры «Русский конduit» и «защищенный Росс».

Прежде чем перейти к обсуждениям полученных результатов, мы считаем необходимым ответить на очевидный вопрос: «почему в исследование не включены пациенты, перенесшие процедуры BioBentall, Yasoub, Florida Sleeve и Lansac?». Во-первых, еще в 2013 г после проведения успешных доклинических испытаний на свиньях и одобрения этического

комитета, мы внедрили в клиническую практику комбинацию процедур Бенталла-Де Боно и неокуспидизацию аортального клапана аутоперикардом – процедуру «Русский конduit». Данная техника, по сути, является процедурой BioBentall с бескаркасным протезом клапана, за одним лишь исключением, что при нашем подходе отсутствует необходимость в приобретении дорогостоящего композитного графта. Полученные на начальных этапах удовлетворительные результаты и многообещающая гемодинамика на АК сподвигли нас отказаться от процедуры BioBentall в пользу операции «Русский конduit», хотя в ряде случаев, при недоступности аутологичного перикарда, мы применяем композитные графты, содержащие каркасные биопротезы. Тем не менее, сравнение процедур BioBentall и «Русский конduit» является предметом будущих исследований. Во-вторых, относительно операции Yacoub: в нашей клинике мы предпочли концепцию реимплантации АК! В этом вопросе мы солидарны с выводами Miller относительно краеугольных недостатков процедуры Yacoub: 1) отсутствие фиксации ФК АК (предрасполагает к послеоперационной аннулодилатации и рецидиву регургитации); 2) две линии шва аорты, что повышает риск кровотечений [168]. Кроме того, ряд современных исследований подтверждает наши опасения, связанные с более высоким риском кровотечений, прогрессирования аортальной недостаточности и более высокой отдаленной летальности после процедуры ремоделирования в сравнении с реимплантацией [18,171,172,174]. И наконец, ретроспективные исследования Gaudino [253] и Ando [254], продемонстрировали отсутствие преимущества Вальсальва-графтов над линейными протезами при клапансберегающих операциях на корне аорты, что ставит под сомнение предполагаемые гемодинамические преимущества процедуры Yacoub. В-третьих, в нашей клинической практике мы стремимся к максимальному радикализму, используя в большинстве случаев «full-root» технику и оставляя паллиативные процедуры Florida Sleeve, Wolf или Lansac для

редкой когорты больных, которым категорически нежелательно пролонгировать время ишемии миокарда.

Оптимальный метод лечения аортального клапана при протезировании корня аорты, как во время плановой операции, так и при острой диссекции, остается предметом дискуссий. Клапансберегающая замена корня приобрела большую популярность в последние несколько десятилетий, особенно после появления процедуры David. И наоборот, процедура имплантации клапансодержащего композитного графта, впервые описанная в 1968 г. Bentall и De Bono [7], хорошо зарекомендовала себя и по-прежнему широко используется более чем в 80% операций на корне аорты. Вероятно, это связано с опасениями по поводу долговечности восстановления АК при методике реимплантации.

Главный вопрос, выдвинутый против исследований, сравнивающих клапансберегающие операции с процедурой Бенталла-Де Боно, заключается в том, сопоставимы ли пациенты этих групп? Можно утверждать, что в группе Бенталла-Де Боно морфология клапана либо неблагоприятна для восстановления, либо не имеет значения, если хирург уже принял решение об удалении нативных створок. С другой стороны, El-Khougy и коллеги [28] предлагают рассматривать клапансохраняющую замену корня как часть спектра восстановления АК, то есть такие пациенты имеют аннулоаортальную эктазию (категория 1b), что делает замену корня необходимой предпосылкой для восстановления функциональности нативного клапана. В одной из последних версий рекомендаций Американского Общества торакальных хирургов (STS-AA 2013) говорится, в случае операции по поводу аневризмы корня аорты может быть выбрана любая процедура без каких-либо предпочтений [110]. И наоборот, рекомендации Европейского Общества кардиологов по диагностике и лечению заболеваний аорты от 2014 г (ESC-AD 2014) [109], постулируют использование клапансохраняющих техник в случае нормальной морфологии створок и центральной струи АР. Тем не менее, эффективное восстановление

АК зависит от соблюдения кривой обучения членами хирургической бригады адекватного и улучшенной переносимости конкретных методов в конкретном центре [190]. Такая противоречивость современных рекомендаций, по нашему мнению, объясняется рядом факторов. Во-первых, проблема аневризм корня аорты до сих пор рассматривалась через призму двух противоположных полюсов: процедура Бенталла-Де Боно для лиц со структурной деградацией клапана и клапансохраняющее протезирование – при аннулоэктазии без поражения створок. Таким образом, существующие глобальные стратегии не берут в расчет пациентов промежуточной группы, например, имеющих аннулоэктазию и частичное поражение клапана, когда все же можно рассмотреть реконструкцию. Во-вторых, ограниченный опыт использования альтернативных «щадящих» процедур в когорте аневризм корня аорты, таких как операция Росса или различные модификации BioBentall, не позволил определить их четкое место в структуре выбора стратегии лечения этой патологии. По сути, в настоящий момент отдельные хирурги и отдельные центры самостоятельно формируют хирургический план, конечно, глобально основываясь на рекомендации по протезированию корня/восходящей аорты и АК, например, на наличие противопоказаний к приему антикоагулянтов. До получения результатов этого исследования мы руководствовались следующей стратегией. При аневризме или расширении КА с аннулодилатацией трикуспидального АК, значимой регургитацией и отсутствием компретации створок мы предпочитали выполнение процедуры David. При ОРА II типа со значимой АР и отсутствием компретации створок нами выполнялась либо процедура David, либо Бенталла-Де Боно. В случае аневризмы или расширения КА в сочетании с выраженной деструкцией АК, в зависимости от возраста, клинического статуса, наличия противопоказаний к пролонгированному времени ИК и пережатия аорты, а также предпочтений пациента, мы выполняли либо операцию Бенталла-Де Боно, либо процедуру «Русский конduit» или операцию Росса. У пациентов с бикуспидальным АК, частичной

компрометацией створок или без нее и фенотипом КА или ВА мы стремились сохранить нативный клапан, выполняя процедуру реимплантации по типу «нестандартный» David, однако в случае прогнозируемой неудачи (значимое кальцинированное поражение части створки или нарушение геометрии), мы выполняли удаление нативного клапана с протезированием («Русский конduit» или процедура Росса). Аналогичная тактика касалась аневризм или расширения КА с аннулодилатацией трикуспидального АК, значимой регургитацией и частичной компрометацией створок.

С целью упрощения обсуждения полученных нами результатов сравнения процедур David и Бенталла-Де Боно, мы сопоставим наши результаты с данными крупного метаанализа Salmasi и коллег [190]. Это исследование уникально тем, что его результаты выходят за рамки сравнения процедур по отдельности, либо за пределы когорты пациентов с синдромом Марфана или острым расслоением аорты. Метаанализ Salmasi и коллег показал, что клапансохраняющие операции приводят к значительно более низкой периоперационной смертности и более высокой 5-летней выживаемости по сравнению с процедурой Бенталла-Де Боно. Такой результат наблюдался несмотря на более длительное время ИК и пережатия аорты в группе David (что отражает технические требования процедуры), а также благодаря анализу подгрупп острого расслоения, подчеркивая эффективность клапансохраняющих процедур в urgentных условиях. Кроме того, мета-регрессионный анализ, приведенный в данном исследовании, продемонстрировал, что умеренная неоднородность групп, а также важные и релевантные ковариаты мало влияли на положительный профиль выживаемости, связанный с операцией David. Вместе с тем, несмотря на факт положительной корреляции между использованием механических протезов и 30-дневной смертностью, статистически достоверной разницы между группами выявлено не было. Частота послеоперационных осложнений, таких как церебральные тромбоэмболические события и блокады сердца, также

оказалась в пользу группы David (то есть более низкой). Это наблюдение подтверждается предыдущим крупным профильным исследованием [274].

Полученные нами результаты, в общем, коррелировали с данными метаанализа Salmasi и коллег [190]. Так, ранняя послеоперационная летальность оказалась выше в группе V(Бенталла-Де Боно) – 7,4%, против 2,4% в группе I(David), хотя статистически достоверной разницы мы не выявили. Стоит отметить, что сравнение этих когорт было корректным в отношении количества пациентов с ОРА II типа: 12,2% в группе David против 18,5% в группе Бенталла-Де Боно ($p=0,392$). Расчет кумулятивной 5-летней выживаемости продемонстрировал преимущество процедуры David – 96% против 88,5% после операции Бенталла-Де Боно, хотя статистически достоверной разницы между группами не выявлено. Тем не менее, анализ структуры причин летальности в группе Бенталла-Де Боно продемонстрировал, что большинство смертей были кардиальными, тогда как единственный летальный случай после операции David оказался связан с некрозом кишечника. Сопоставимой с результатами метаанализа Salmasi и коллег, оказалась длительность пережатия аорты, составившая $111,7\pm 39,1$ мин для группы I(David) и $96,6\pm 29,3$ мин в группе V(Бенталла-Де Боно) ($p=0,03$). Данные по свободе от неблагоприятных сердечно-сосудистых событий в среднеотдаленные сроки после операции, включившие ОИМ, ОНМК, имплантацию ЭКС, НРС, смерть от всех причин и повторную госпитализацию в кардиологический стационар, также коррелировали с мировыми: 66% в группе David против 31% в группе Бенталла-Де Боно ($p=0,04$). Процедура Бенталла-Де Боно уступила также в отношении суммарного объема кровопотери (интраоперационно и в раннем послеоперационном периоде) ($p=0,01$) и частоты реторакотомий по причине кровотечений (2,4% против 13%, $p=0,05$). Следует отметить, что наш сравнительный анализ имел одно ограничение – это разность в средних сроках наблюдения: $42,7\pm 16,4$ (19-84) месяцев в группе David против $55\pm 19,8$ (11-96) месяцев для пациентов после операции Бенталла-Де Боно ($p=0,0002$).

Некоторыми авторами сообщается, что анатомия клапана и частичная структурная деградация створок может влиять на результаты реимплантации АК: частота рецидивов после пластики двустворчатого АК выше, чем в когорте с трехстворчатым клапаном [19]. Для упрощения номенклатуры, процедуру реимплантации АК, сочетающуюся с каким-либо вмешательством на нативной створке, мы назвали «нестандартный» (Uncommon) David. Мы объясняем такую номенклатуру тем фактом, что классическая процедура реимплантации не предусматривает пластики створок. Для восстановления нативной створки мы чаще всего использовали резекцию пораженного участка с вшиванием заплаты из аутологичного перикарда, предварительно обработанного в 0,6% растворе глутарового альдегида. В более редких случаях мы ограничивались сбиванием кальция. В эту группу вошло 29 пациентов, 69% из которых имели бicuspidальную анатомию АК. Главной целью взятия в анализ таких пациентов было получение ответа на вопрос: «допустимо ли дополнение процедуры реимплантации пластикой створки и насколько долговечна такая реконструкция?».

Компетентность аортального клапана зависит от множества анатомических компонентов, включающих КА и створки клапана. Аортальная регургитация при бicuspidальной анатомии возникает в результате аномальной конфигурации створок, а также аномальной геометрии корня аорты [95]. По мнению многих авторов, выполнение реимплантации, дополненной различными техниками пластики створок, позволяет добиться приемлемых гемодинамических результатов, свободы от повторных операций и выживаемости [15,85,49,94,97,176,196-199,201-204]. Тем не менее, в исследовании Lau и коллег, проведен анализ результатов реимплантации в когорте БАК, как с выполнением пластики створок, так и без нее [203]. Через 3,5 года наблюдения TTE не выявила статистически значимых различий в показателях регургитации и стеноза между этими группами. В целом, авторы приходят к выводу, что пластика створок может быть выполнена безопасно и с достаточно приемлемыми результатами,

однако клинические исходы таких процедур эквивалентны таковым при невыполнении пластики.

Обнадеживающие результаты, представленные в большинстве исследований, указывают на безопасность и эффективность нестандартных модификаций реимплантации АК. Эти выводы подтверждаются данными крупного метаанализа Arnaoutakis и коллег [84]. Вместе с тем, некоторые комментаторы считают такие результаты вводящими в заблуждение, по причине небольшого числа пациентов во многих отчетах [205]. Высказываются также мнения относительно эффективности и неэффективности тех или иных манипуляций на створках. Так, Chauvette и коллеги [206], комментируя исследование Karliova и коллег [207], посвященного результатам пластик створок АК с использованием перикардиальных патчей, отмечают, что устранение ретракции створки со сбриванием кальция связано с плохими гемодинамическими исходами.

Клинические исходы «нестандартного» David в нашем исследовании сопоставимы с результатами отчета Karciauskas и коллег [200], включившем 29 пациентов с БАК. В дополнение к реимплантации, авторами использовалось укорочение свободного края/ресуспензия створок, треугольная резекция и сбривание кальция. Летальность в стационаре составила 3,4%, 5-летняя выживаемость - $96.8 \pm 2.2\%$, свобода от реопераций на корне аорты - $92.3 \pm 5.2\%$ и $83.9 \pm 7.4\%$, через 5 и 10 лет, соответственно, свобода от значимой аортальной регургитации - $80.4 \pm 7.8\%$ и 75.7% , через 5 и 10 лет, соответственно. Ранняя послеоперационная летальность в нашей когорте составила 6,9%. Кумулятивная выживаемость и свобода от реопераций при среднем сроке наблюдения $43,2 \pm 15,8$ месяцев (18-75) – 88,5% и 87%, соответственно. Следует отметить, что все три реоперации были связаны с прогрессированием АН. Вместе с тем, кумулятивная свобода от реопераций и выживаемость хоть и оказалась ниже в сравнении с классической процедурой David, а также «Русский конduit» и операцией Росса, все же статистически не отличалась. Напротив, анализ частоты

развития АН 2 ст и более в среднеотдаленные сроки после операции продемонстрировал неутешительные результаты – 37,9%; в сравнении с процедурой David - ОШ 5,65 (ДИ1,58 - 20,24), операцией «Русский кондуит» - ОШ 7,33 (ДИ1,44 - 37,27), процедурой Росса - ОШ 7,84 (ДИ1,61 - 39,55). Такие сомнительные результаты относительно прогрессирования АН в среднеотдаленной перспективе сподвигли нас рекомендовать воздержаться от дополнения процедуры реимплантации пластикой нативных створок. В случае наличия компретации створки у пациентов с аннулоаортальной эктазией на фоне аневризмы корня аорты, мы рекомендуем придерживаться концепции полной замены корня и клапана, тем более что описанные нами «щадящие» методики, предусматривающие использование аутологичных тканей, демонстрируют более надежные результаты.

Во многих исследованиях продемонстрированы удовлетворительные ранние и среднеотдаленные результаты процедуры AVNeo [240,241,242,243,244]. Кроме того, этот метод «подкупает» отсутствием необходимости в приеме антикоагулянтов и приемлемыми гемодинамическими параметрами, сопоставимыми с таковыми после процедуры Ross [245]. Вполне логично, что при сочетании аневризм корня и восходящей аорты с дегенеративно измененными створками АК, перспективным и наиболее физиологичным вариантом лечения было бы сочетание операции Бенталла-Де Боно с неокуспидизацией клапана.

На сегодняшний день, возможность комбинации этих методик постулирована лишь в двух публикациях [22,246]. Первое сообщение о возможности комбинации процедур Бенталла-Де Боно и неокуспидизации АК аутологичным перикардом принадлежит Российской группе исследователей во главе с Комаровым Р.Н. [22]. Мы назвали эту методику «Русский кондуит» и активно внедрили ее в рутинную хирургическую практику. Демонстрация хирургической техники данной процедуры на множестве конференций на протяжении многих лет вызывала бурные дискуссии, однако мы не могли продемонстрировать среднеотдаленные результаты и,

соответственно, полноценно оппонировать. Предполагаемые нами многообещающие результаты процедуры «Русский кондуит» были призваны перевести концепцию BioBentall на новый уровень, так как наш подход нивелирует приобретение дорогостоящих композитных графтов. Процедура «Русский кондуит» при доказанных сопоставимых с другими методиками результатах может повысить доступность биопротезирования корня аорты для стран с ограниченным финансированием здравоохранения. Какие аргументы в пользу процедуры «Русский кондуит» мы имели до получения результатов представленного исследования? Первый аргумент — это приемлемые ранние и среднеотдаленные результаты процедуры AVNeo, в том числе гемодинамика, схожая с нативной, продемонстрированные во многих исследованиях [240-244]. Несмотря на бурные дискуссии на тему «AVNeo в современной хирургии аорты», протезирование аортального клапана аутологичным перикардом уже заняло свою прочную нишу у практикующих хирургов. Вторым аргументом — доказанная эффективность, безопасность, воспроизводимость и относительная долговечность методики BioBentall. Ниже мы приводим лишь небольшую часть работ, демонстрирующих относительно сопоставимые с иными методиками результаты процедуры BioBentall.

В исследовании Lechiancole и коллег, включившем пациентов старше 65 лет (173 пациента после процедуры BioBentall и 109 - после имплантации кондуита, содержащего механический клапан), отмечается, что кондуиты с механическими клапанами, демонстрируют тенденцию к увеличению поздней выживаемости, несмотря на более высокую частоту серьезных нежелательных явлений [158].

Urbanski и коллеги в недавнем ретроспективном исследовании провели сравнение процедуры BioBentall с изолированным биологическим ПАК [159]. Проведен анализ 182 пациентов, а после исключения ряда несопоставимых данных, выделено 2 группы по 79 больных. Ранние и отдаленные исходы между группами не отличались, за исключением более частых церебральных

событий в когорте BioBentall. Авторы заключили, что процедура BioBentall имеет сопоставимые изолированному биологическому протезированию риски, при условии выполнения ее опытной хирургической бригадой.

Ennker и коллеги в одном из более ранних исследований сравнили среднесрочные результаты субкоронарной и «full-root» методик операции BioBentall с использованием бескаркасного биопротеза Freestyle [153]. После анализа поправок на исходные характеристики и сопоставления по шкале предрасположенности 1014 пациентов, выделено 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 отличалась между группами. Тем не менее, пациентам в группе «full-root» имплантировались протезы большего диаметра и, соответственно, отмечались более низкие транспротезные градиенты ($p = 0,03$).

Mutsuga и коллеги провели сравнение модификаций BioBentall с использованием бескаркасных ($n=10$) и каркасных ($n=34$) протезов [144]. В данном исследовании проведен анализ ранних и среднесрочных хирургических исходов, а также свободы от реопераций. Средняя продолжительность наблюдения составила 69 месяцев. Разницы между группами в отношении ранней послеоперационной летальности не выявлено. Выживаемость через 1, 5 и 10 лет составила 80%, 50% и 30% в группе бескаркасных и 85%, 77% и 71% в группе каркасных протезов, соответственно. Разницы в отношении свободы от реопераций не выявлено. Как и ожидалось, средний трансортальный градиент в отдаленные сроки после операции оказался ниже в группе бескаркасных протезов (8,1 мм рт. ст. против 15,8 мм рт. ст, $p=0,05$).

Schamberger и коллеги представили результаты сравнительного ретроспективного анализа 411 пациентов, перенесших процедуры BioBentall ($n=150$) и David ($n =261$) [161]. Пациенты группы BioBentall оказались значительно старше когорты David ($p <0,001$), а также имели значительно

меньшую частоту встречаемости синдрома Марфана ($p < 0,001$). Группа BioBentall была связана с более высокими показателями 30-дневной летальности и частой встречаемостью синдрома низкого сердечного выброса. Исследуемые когорты не отличались в отношении ранних и отдаленных инсультов, эндокардитов, инфарктов миокарда и тромбоемболий. Пяти-/десятилетняя выживаемость составила $93,7 \pm 1,8\% / 84,4 \pm 4,7\%$ для пациентов группы David и $90,9 \pm 2,6\% / 84,6 \pm 5,4\%$ для пациентов группы BioBentall ($p = 0,37$). Свобода от реопераций в течение 10 лет также не отличалась между группами.

В крупном исследовании Bethancourt и коллег, включившем 796 пациентов, проведено сравнение результатов процедур BioBentall ($n = 436$) и David ($n = 360$) [162]. Следует отметить, что когорта BioBentall включила в себя 55,73% случаев имплантации каркасных протезов и 44,27% - бескаркасных. Авторы указывают на сопоставимую выживаемость и свободу от реопераций между двумя группами в течение 10 лет наблюдения.

Stefanelli и коллеги представили результаты сравнения ранних и среднесрочных клинических исходов процедур BioBentall (бескаркасные протезы) ($n = 56$) и David ($n = 52$) [163]. Исследуемые группы оказались сопоставимы в отношении периоперационной летальности, кардиальной смертности в отдаленном периоде, частоты повторных операций и неблагоприятных сердечно-сосудистых событий в течение 11 лет. Тем не менее, общая вероятность выживания в течение 11 лет оказалась выше в группе процедуры David (91,8% против 74,9%, $p = 0,0057$). Аналогичное преимущество клапаносохраняющих операций продемонстрировано в отношении трансклапанных градиентов (8,13 мм рт. ст. против 11,70 мм рт. ст., $p < 0,001$).

В исследовании Yamabe T и коллег проведено сравнение отдаленных результатов процедур BioBentall ($n = 172$) и DavidV ($n = 199$) [164]. Следует отметить, что для процедуры BioBentall использовался кондуит с псевдосинусами Вальсальвы и бескаркасным биопротезом типа 3f Aortic

Bioprosthesis (ATS Medical, Minneapolis, MN). Госпитальная летальность составила 1,1% для каждой из групп и статистически не отличалась. Выживаемость через 10 лет составила 95,3% [95% ДИ 85,8–98,5] для процедуры David и 98,6% (95% ДИ 90,8–99,8) для процедуры BioBentall ($p=0,345$). Кумулятивная частота повторных операций по поводу любой патологии сердца через 10 лет составила 3,9% (95% ДИ 0,7-11,8) для когорты David и 18,1% (95% ДИ 6,9-33,4) для BioBentall ($p=0,046$), по поводу причин, связанных с АК - 1,9% (95% ДИ 0,1 -8,8) против 15,9% (95% ДИ 5,5–31,4) ($p=0,032$).

Esaki и коллеги провели ретроспективное исследование, сравнивающее процедуры David V ($n=282$) и BioBentall ($n=425$) [165]. Группы не отличались в отношении частоты встречаемости БАК, синдрома Марфана, острого расслоения аорты типа А и сопутствующего протезирования дуги аорты. Ранняя послеоперационная летальность составила 5,7% в когорте David V и 0,8% - в группе BioBentall ($p=0,07$). Свобода от реопераций в течение 7 лет составила 97,4% для группы David V и 95,8% для пациентов после BioBentall ($p=0,48$).

Экстраполируя результаты процедуры BioBentall с полученными нами результатами операции «Русский кондуит» мы должны учитывать различия между ксеноперикардом и аутологичным перикардом. Одной из немногих работ, сравнивших эти два материала в позиции АК, является исследование Al Halees и коллег [279]. Исследование включило 92 пациента, разделенных на 2 группы: бескаркасный протез из бычьего перикарда (группа I, $n = 27$) или неокуспидизация аутологичным перикардом, обработанным глутаровым альдегидом (группа II, $n = 65$). Средний возраст пациентов составил 30 лет. Авторы заключили, что при сопоставимости ранних и отдаленных результатов, аутологичный перикард, обработанный глутаровым альдегидом, имеет преимущество в том, что он недорог и легко доступен.

В нашем исследовании в группу «Русский кондуит» вошли 26 пациентов, средний срок наблюдения за которыми составил $33,3 \pm 16$ (12-61)

месяцев. Следует отметить, что срок наблюдения оказался самым коротким в сравнении с другими исследуемыми методиками. У 100% пациентов этой группы наблюдалась аннулоаортальная эктазия, в 73,1% случаев – выраженный стеноз АК, а у 50% - бicuspidальный аортальный клапан. Дооперационная тяжесть состояния пациентов и их возраст оказались сопоставимыми с другими группами. Мы не отметили случаев ранней и отдаленной летальности в среднесрочные сроки наблюдения, а свобода от реопераций и частота встречаемости выраженной АН составили 96% и 4%, соответственно. Единственная реоперация была связана с развившимся через 1 год после первичного вмешательства инфекционным эндокардитом. Свобода от неблагоприятных сердечно-сосудистых событий, включивших ОИМ, ОНМК, имплантацию ЭКС, НРС, смерть от всех причин и повторную госпитализацию в кардиологический стационар, составила 91%. Операция «Русский конduit» оказалась связана с самой короткой продолжительностью пережатия аорты - $86,9 \pm 25,8$ мин ($p_{III/I, III/II, III/IV, III/V} = 0,005, 0,003, 0,0001, 0,154$, соответственно) и ИК - $115 \pm 35,4$ мин ($p_{III/I, III/II, III/IV, III/V} = 0,008, 0,003, 0,0001, 0,03$, соответственно). Кроме того, эта процедура предполагала один из самых низких объемов кровопотери и отсутствие реторакотомий в раннем послеоперационном периоде. Операция «Русский конduit» оказалась сопоставимой с другими группами в отношении частоты развития СПОН и ОПН, потребовавшей гемодиализа. Случаев имплантаций ЭКС и ОНМК в раннем послеоперационном периоде зафиксировано не было. В отношении площади открытия АК в среднеотдаленном периоде процедура «Русский конduit» была сопоставима с клапансохраняющими методиками и процедурой Росса. Средний трансклапанный градиент на АК в среднеотдаленные сроки составил $8,8 \pm 1,7$ мм рт ст, уступив таковому после процедуры Росса ($p = 0,0004$) и David ($p = 0,002$). Таким образом, продемонстрированные нами результаты указывают на применимость процедуры «Русский конduit» в хирургии корня аорты. Клинические исходы данной методики однозначно превосходят результаты операции BioBentall

(как с каркасными, так и с бескаркасными протезами). Процедура «Русский кондуит» может послужить отличным вариантом лечения для пациентов как с частичной компретацией клапана (учитывая сомнительные результаты «нестандартного» David), так и с выраженной его деструкцией. Данная методика является возможной альтернативой операции Бенталла-Де Боно при наличии противопоказаний к варфарину, у молодых или пожилых лиц, а также при отказе пациента от имплантации искусственного протеза, при условии отсутствия ограничений к забору перикарда. Следует отметить, что 1 операция «Русский кондуит» в нашем исследовании выполнена пациенту после неудачной попытки реимплантации АК (по данным ЧП ЭХО КГ выявлена АН 2 ст). Пациент был изначально настроен против использования механического протеза и приема варфарина. При ревизии ресуспензированного клапана в ходе повторного наложения зажима на аорту нами выявлен значимый пролапс створки, а также их «подтянутость», что обусловило неадекватную эффективную высоту. Мы иссекли нативный клапан и выполнили процедуру AVNeo; повторная ЧП ЭХО КГ продемонстрировала полную компетентность клапана и минимальный средний градиент. Таким образом, мы пришли к выводу, что при планировании клапансохраняющей реконструкции, желательно произвести забор аутоперикарда, который возможно использовать при неудачной реимплантации или протезировании легочным аутографтом, т.е. после укрепления ФК АК выполнить процедуру AVNeo.

Эффективность и безопасность процедуры Росса в аортальной хирургии различных возрастных категорий продемонстрирована во многих исследованиях и не нуждается в освещении. Первые результаты использования данного подхода в когорте пациентов с пороками АК и сопутствующим расширением/аневризмой ВА продемонстрированы в работе Elkins и коллег [21]. Исследование включило 44 пациента, из которых у 18 пороку сопутствовала аневризма ВА (средний возраст 31 год), а у 26 – значительная дилатация КА (средний возраст 36 лет). В дополнение к

процедуре Росса выполнялась экстравальвулярная аннулопластика с помощью дакроновой манжеты или перикардиальной полоски. В раннем послеоперационном периоде отмечено 1 летальный исход, связанный с периоперационным инсультом. В течение максимального срока наблюдения в 2,2 года у 42 пациентов отмечалась нормальная функция аутотрансплантата с минимальной регургитацией клапана.

Следует отметить, что в предыдущих отчетах пациенты с БАК и расширенным КА/ВА считались группами наивысшего риска дилатации аутотрансплантата и неоаортальной недостаточности [223,224]. Slater и коллеги в 2005 году представили метод помещения легочного аутотрансплантата в дакроновую трубку для предотвращения дилатации [225].

Несмотря на большое количество публикаций, посвященных «Reinforced Ross procedure», использование данной методики в когорте пациентов с аневризмой/расширением КА и ВА, нашло отражение в минимальном количестве публикаций. Исследование Karaskov и коллег, по сути, является единственной работой, включившей пациентов с патологией ВА, подвергшихся операции Росса [227]. Наиболее распространенным мнением является то, что процедура Росса целесообразна и выполняема только у молодых пациентов [233]. Ограничением использования процедуры Росса в когорте пациентов с патологией корня и восходящей аорты является устоявшееся мнение о недопустимости ее выполнения при дисплазии соединительной ткани [234]. Тем не менее, опубликованы ограниченные серии использования данного подхода у пациентов с синдромом Марфана [235]. Кроме того, в исследовании Karaskov и коллег указывается на 14 случаев синдрома Марфана, продемонстрировавших хорошие непосредственные результаты [227]. В нашей группе «Защищенный Росс», включившей 33 пациента, также наблюдалось 2 пациента с синдромом Марфана (6,1%).

В наше исследование включено 33 пациента, перенесших операцию «Защищенный Росс». В этой группе, как и ожидалось, наблюдалась более молодая когорта лиц, однако статистически достоверной разницы в этом отношении не выявлено. Несмотря на наличие схожих с другими группами показаний к операции, касающихся частоты встречаемости аневризмы корня аорты, в когорте операции Росса наблюдалось меньшее количество пациентов с аннулоаортальной эктазией - 24(72,7%) ($p_{IV/I, IV/II, IV/III, IV/V}=0,02, 0,002, 0,003, 0,001$, соответственно) и большее количество лиц с ИЭ - 7(21,2%) ($p_{IV/I, IV/II, IV/III, IV/V}=0,05, 0,02, 0,01, 0,01$, соответственно). Для операции Росса мы старались выбрать пациентов с более сохранной функцией ЛЖ – ФВ составила $57,5\pm 8\%$, однако статистически достоверная разница выявлена лишь в сравнении с группой III(Русский кондуит) - $p=0,01$. В данную когорту были включены пациенты с минимальной частотой встречаемости МН 2 ст и более - 6(18,2%). Правильный подбор кандидатов на операцию Росса из числа лиц с аневризмой корня аорты, позволил нам получить отличные ранние и среднеотдаленные результаты. В данной группе отмечался самый длительный срок наблюдения - $62,1\pm 21,3$ (15-86) месяцев. Госпитальная летальность составила 0%, а среднеотдаленная выживаемость и свобода от реопераций – 100%. При последующем наблюдении за пациентами отмечены прекрасные гемодинамические результаты на АК – 100% свобода от значимой аортальной недостаточности и низкие средние трансклапанные градиенты - $4,93\pm 1,37$ мм рт ст, что значимо ниже по сравнению с другими методиками и сопоставимо с когортой, перенесшей операцию David. То есть, по сути, операция «Защищенный Росс» у пациентов с аневризмой корня аорты позволяет полноценно восстановить нативную гемодинамику здорового АК. Ограничением данной методики мы считаем необходимость наличия опытной хирургической бригады, сомнительную применимость в группе тяжелой коморбидной или сопутствующей кардиальной патологии, а также более длительное время ИК и пережатия аорты. Кроме того, операция Росса в нашем исследовании оказалась связана

с более частой встречаемостью таких осложнений госпитального периода, как имплантация ЭКС, развитие НРС и ОНМК.

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 корня, БАК, артериальная гипертензия и аннулодилатация [227]. Вместе с тем, именно «Reinforced Ross procedure» представляется методом, нивелирующим эти факторы риска. По сути, описываемая нами техника является комбинацией процедуры David с классической операцией Росса.

Результаты нашего исследования во-многом подтвердили данные мировых публикаций, а также открыли перспективы для использования новых методик, таких как операция Росса и «Русский конduit», в группе больных с проксимальными аневризмами грудной аорты и компретацией аортального клапана. Операция Бенталла-Де Боно с имплантацией композитного графта, содержащего механический протез, несмотря на высокий потенциал к кровотечениям, ранней послеоперационной летальности и развитию различных осложнений в отдаленные сроки, остается базовым методом лечения пациентов при любых клинических формах патологии корня аорты. По-прежнему, неоспорима ее применимость в когорте больных с острым расслоением аорты, сочетающимся с поражением створок АК. Процедура David является методикой выбора в случае отсутствия компретации АК, обеспечивающей минимальный риск осложнений в раннем послеоперационном периоде (особенно кровотечений), высокую среднеотдаленную выживаемость и свободу от реопераций, а также гемодинамику на клапане, схожую с таковой на нативном здоровом АК. У пациентов «промежуточной» группы, имеющих частичное поражение клапана, возможна попытка его сохранения, путем дополнения реимплантации пластикой створок. Мы, однако, усомнились в оправданности выполнения операции «Нестандартный» David – высокий потенциал

резидуальной значимой АН в этой группе сподвигает нас сделать вывод о нецелесообразности такого подхода в «погоне» за улучшением качества жизни пациентов. Наши сомнения потенцируются внедрением «щадящих» методик протезирования корня аорты с использованием аутологичных тканей, таких как «Русский конduit» и «Защищенный Росс», демонстрирующими приемлемые ранние и среднеотдаленные результаты, а также гемодинамику приближенную к таковой на нативном здоровом АК.

Заключение. Аневризма корня аорты имеет зачастую катастрофические последствия ввиду возникновения следующих осложнений: разрыв или расслоение, несостоятельность аортального клапана, вызванная анатомо-функциональной дисфункцией корня, и компрессия близлежащих структур. Полная замена корня аорты предполагает протезирование всех синусов с последующей реимплантацией устьев коронарных артерий. В некоторых случаях, при реконструкции корня аорты необходима коррекция патологии аортального клапана, включающая, ставшую классической, операцию Бенталла-Де Боно, или клапансохраняющую процедуру (Bentall H et al., 1968; David TE et al., 1992). Следует отметить, что методы клапансохраняющей реконструкции корня аорты претерпели значительные изменения за последние 2–3 десятилетия. Развитие современной реконструктивной хирургии восходящей аорты связано с такими знаменитыми кардиохирургами, как Magdi Yasoub и Tirone David. Основной целью подобных процедур является замена скомпрометированного сегмента восходящей аорты с одновременным сохранением или восстановлением компетентности аортального клапана, что позволяет избежать протезирования (David TE et al., 1995).

Возможность выполнения клапансохраняющих реконструкций корня аорты при различных анатомических и патоморфологических вариантах недостаточности аортального клапана основана на ряде публикаций, показывающих приемлемые ранние и отдаленные послеоперационные результаты (Oka et al., 2011; Liebrich et al., 2013). Общие риски пластики

аортального клапана в изолированном виде или как компонент сочетанного вмешательства не выше, чем у пациентов с протезированием. Наиболее частым осложнением этой группы является рецидив регургитации. Таким образом, функциональность в отдаленном периоде является главной контрольной точкой, и зависит, прежде всего, от исходной морфологии и патологии клапана.

Восстановление бicuspidального аортального клапана показывает неоднозначные результаты. Хорошие ранние результаты опубликованы в нескольких работах, однако в среднеотдаленном периоде отмечается рост доли реопераций. Сопутствующая дилатация корня аорты – одна из главных причин повторных вмешательств после изолированной пластики аортального клапана. В одной из недавних работ, посвященной оценке отдаленного периода после пластики бicuspidального аортального клапана у 300 пациентов, отмечается, что нарушение ориентации комиссур, использование перикардальной вставки, длительно существующий пролапс, а также расширение фиброзного кольца являются независимыми факторами риска реопераций (Klotz et al., 2018). По данным авторов, неблагоприятная анатомия связана с 50% дисфункцией оперированного клапана в течение 5 лет, тогда как благоприятная – с 10%. В настоящее время, по-прежнему неясно, являются ли вышеописанные факторы взаимосвязанными.

В последние годы широкое распространение в практической кардиохирургии получила процедура реконструкции аортального клапана путем неокуспидизации аутоперикардальными створками (Комаров Р.Н. и др, 2021). Следует отметить, что процедура неокуспидизации аутоперикардом показывает многообещающие и приемлемые результаты в отношении гемодинамических показателей и свободы от повторных вмешательств (Ozaki S., 2021).

Учитывая опыт аутоперикардальной неокуспидизации, вполне логично, что при аневризме аорты и дегенеративно измененных створках аортального клапана наиболее физиологически и хирургически удобным

вариантом лечения представляется комбинация операции Бенталла-Де Боно и неокуспидизации аортального клапана аутологичным перикардом. Данная процедура запатентована хирургами Сеченовского университета под названием «Русский конduit», прошла клинические испытания на животных, одобрена этическим комитетом и успешно внедрена в клиническую практику (Komarov R et al., 2019).

Некоторыми авторами при наличии аневризматического расширения корня аорты постулируется возможность выполнения операции Росса (Karaskov A et al., 2016). Авторами предполагается, что данная процедура является безопасным и эффективным методом для пациентов данной когорты. Факторами риска дисфункции аутотрансплантата являются дилатация фиброзного кольца аортального клапана более 27 мм и артериальная гипертензия в послеоперационном периоде. Вместе с тем, в последние годы разработана и внедрена в практику модификация «защищенный Росс», предполагающая укрепление аутографта и фиброзного кольца синтетическим протезом (Slater M et al, 2005).

Внедрение в широкую практику новых методов реконструкции корня аорты с использованием аутологичных материалов и клапансохраняющих техник определяет необходимость детальной оценки непосредственных и отдаленных результатов этих процедур. Кроме того, клинические исходы новых подходов должны быть сравнены с классическими и изученными методиками, такими как операция Бенталла-Де Боно и David. На основании полученных данных возможна разработка современной хирургической стратегии лечения патологии корня аорты.

Целью настоящего исследования послужила разработка новой хирургической стратегии лечения патологии корня аорты на основании оценки результатов использования аутологичных материалов и клапансохраняющих методик.

Представленное исследование включило ретроспективный анализ 183 пациентов, подвергшихся хирургическому лечению по поводу патологии

корня аорты. Группа 1 включила 41 больного с трехстворчатой анатомией АК и отсутствием структурного поражения створок, перенесших процедуру David. Группа 2 – 29 пациентов с трехстворчатой или бicuspidальной анатомией АК и частичным структурным поражением створок, перенесшие процедуру David с дополнительным пластическим вмешательством на нативных створках. Группу 3 составили 26 больных с патологией корня и восходящей аорты, имевших значимое поражение АК, которым выполнена оригинальная процедура «Русский конduit». Группа 4 включила 33 пациента с патологией корня и восходящей аорты, а также значимым поражением АК, перенесшие процедуру «Reinforced Ross» - «защищенный Росс». Когорта 5 явилась группой контроля и сформирована из 54 больных с патологией корня и восходящей аорты, имевших значимое поражение АК, которым выполнена стандартная процедура Бенталла-Де Боно с использованием механического протеза.

Для сравнения представленных хирургических подходов использовались следующие основные точки контроля:

- ранняя послеоперационная летальность;
- кумулятивная выживаемость в среднеотдаленные сроки
- кумулятивная свобода от реопераций в среднеотдаленные сроки;
- частота аортальной регургитации 2 ст и выше в среднеотдаленные сроки;
- кумулятивная свобода от повторных сердечно-сосудистых событий в среднеотдаленные сроки.

Исследование выполнено с применением принципов доказательной медицины, с использованием одномерных и многомерных методов статистического анализа.

Средний возраст пациентов (n=183) составил $50,4 \pm 15$ лет (от 18 до 83). Гендерное распределение: 158(86,3%) пациентов мужской пол, 25(13,7%) – женский пол. Усредненный показатель площади поверхности тела (BSA) составил $2,0 \pm 0,2$ м² (от 1,58 до 3,05), индекс массы тела (BMI) - 27 ± 5 кг/м² (от 14,4 до 51,36). Показания к вмешательству на корне аорты основаны на

рекомендациях ESC-AD 2014, Michelena и 2021 ESC/EACTS Guidelines. Следует отметить, что в 177(96,7%) случаях наблюдалось аневризматическое расширение аорты либо на уровне синусов Вальсальвы, либо на уровне восходящего отдела. У 174(95,1%) пациентов наблюдалась различной степени аннулодилатация АК (≥ 25 мм), у 73(39,9%) – выраженный или умеренный стеноз АК.

Ранняя послеоперационная летальность в общей когорте (n=183) составила 3,8% (7 пациентов). В группах III(Русский кондуит) и IV(операция Росса) случаев смертей в стационаре не наблюдалось. Летальность зафиксирована в группе V(Бенталла-Де Боно) – 7,4%(n=4), II(«нестандартный» David) – 6,9%(n=2) и I(David) – 2,4%(n=1). Статистически достоверной разницы между группами не выявлено, однако при сравнении групп V и III/IV отмечается тенденция к более высокой ранней послеоперационной смертности после операции Бенталла-Де Боно - $p_{V/III, V/IV}=0,07$ и $0,09$, соответственно. Причинами смерти в группе V послужили: острая сердечная недостаточность – 2 случая, СПОН на фоне геморрагического шока (1 случай), вирусная пневмония (COVID-19) (1 случай). В группе II летальность была обусловлена: СПОН на фоне геморрагического шока (1 случай) и СПОН на фоне синдрома системного воспалительного ответа, наступившего в исходе бактериальной пневмонии. В группе I умер 1 пациент на фоне ОСН, потребовавшей постановки аппарата ЭКМО.

Усредненный срок наблюдения для всей исследуемой когорты составил $45,8 \pm 23$ (от 11 до 96) месяца. В группах IV(операция Росса) и V(Бенталла-Де Боно) отмечены статистически достоверные более длительные сроки наблюдения в сравнении с другими когортами. В свою очередь, пациенты группы III(Русский кондуит) наблюдались достоверно более короткий срок в отличие от остальных исследуемых популяций.

Кумулятивная выживаемость в среднеотдаленные сроки после операции ($45,8 \pm 23$ месяцев) составила: 100% для когорт III(Русский

кондуит) и IV(операция Росса), 96% - для группы I(David) и 88,5% - для II(«нестандартный» David) и V(Бенталла-Де Боно). Статистически достоверной разницы между группами не выявлено. В среднеотдаленные сроки в общей исследуемой популяции (n=183) умерло 5(2,7%) пациентов. Причинами смерти в группе V послужили: внезапная сердечная смерть – 1 случай, протезный эндокардит – 1 случай и смерть по неизвестным причинам – 1 случай. В группе I отмечен один летальный случай, связанный с некрозом кишечника на фоне мезентериального тромбоза. В когорте II смерть одного пациента наступила после повторной операции на АК на фоне ОСН.

В когортах IV(операция Росса) и V(Бенталла-Де Боно) реопераций не отмечено, для групп III(Русский кондуит) и I(David) свобода от реопераций составила 96% и 97%, соответственно. Наибольшая частота повторных вмешательств (3) на КА наблюдалась в группе II(«нестандартный» David), свобода от реопераций – 87%. Все 5 реопераций в общей популяции были связаны с прогрессирующей аортальной недостаточностью. Статистически достоверной разницы в отношении частоты реопераций между группами не выявлено.

Частота встречаемости значимой аортальной регургитации оказалась выше в группе II(«нестандартный» David) – 37,9% (П/І ОШ 5,65 (ДИ1,58 - 20,24), П/ІІ ОШ 7,33 (ДИ1,44 - 37,27), П/ІV ОШ 7,84 (ДИ1,61 - 39,55), П/V ОШ 5,99 (ДИ1,83 - 19,63).

Представлены данные о свободе от неблагоприятных сердечно-сосудистых событий, включивших ОИМ, ОНМК, имплантацию ЭКС, НРС, смерть от всех причин и повторную госпитализацию в кардиологический стационар. Наилучшими показателями оказались в когортах III(Русский кондуит) и IV(операция Росса) – 91% и 89%, соответственно. Худшая свобода от неблагоприятных ССС событий отмечена в группах I(David) – 66% (pI/II,I/III,I/IV,I/V=0,478, 0,01, 0,05, 0,04, соответственно), II(«нестандартный» David) – 75% (pII/I,II/III,II/IV,II/V=0,478, 0,06, 0,08, 0,02,

соответственно) и V(Бенталла-Де Боно) – 31% (pV/I,V/II,V/III,V/IV=0,04, 0,02, 0,001, 0,003, соответственно).

Многолетний опыт изучения анатомии корня аорты позволил выявить морфологические детерминанты и классификации, понимание которых определяет успех реконструктивного вмешательства у различных групп пациентов. Клапансберегающая операция в этой зоне требует четкого понимания механизма клапанной дисфункции, как, например, коррекция пролапса, фенестрации или аннулопластика. Современные рекомендации по проведению вмешательств на корне аорты позволяют принять правильное решение при любой клинической ситуации. Процедура BioBentall с использованием бескаркасных клапанов и протезов с синусами Вальсальвы демонстрирует сопоставимые с клапансохраняющими вмешательствами результаты. Несмотря на преимущество ремоделирования корня аорты в отношении физиологичности послеоперационной гемодинамики, отдаленные результаты указывают на лучшую выживаемость и свободу от значимой аортальной регургитации среди пациентов, перенесших реимплантацию. Модификация «Reinforced Ross» представляется наиболее перспективной в отношении послеоперационных клапанных гемодинамических показателей в когорте пациентов, которым невозможно выполнить реконструкцию нативного клапана, однако в этом случае необходима опытная хирургическая бригада и тщательный отбор пациентов. Комбинация процедур Бенталла-Де Боно с аутоперикардальной неокуспидизацией является экономически выгодным и воспроизводимым методом хирургии корня аорты в когортах пациентов, не подходящих или сомнительно подходящих для клапансохраняющих операций, однако такие вмешательства требуют оценки ранних и отдаленных результатах.

ВЫВОДЫ

1. Клапансохраняющая операция David в сравнении с классической процедурой Бенталла-Де Боно связана с меньшим объемом периоперационной кровопотери (772 мл против 918 мл, $p=0,01$), более низкой частотой реторакотомий (2,4% против 13%, $p=0,05$) и более высокой свободой от неблагоприятных сердечно-сосудистых событий в среднеотдаленном периоде (66% против 31%, соответственно, $p=0,04$).
2. Выполнение процедуры реимплантации, дополненной пластикой створок («нестандартный» David), связано с тенденцией к относительно низкой свободе от реопераций (87%) на фоне статистически значимого более частого развития выраженной резидуальной недостаточности на аортальном клапане (37,9%) в сравнении со стандартной процедурой David - ОШ 5,65 (ДИ1,58 - 20,24), «Русский конduit» - ОШ 7,33 (ДИ1,44 - 37,27) и «защищенный Росс» - ОШ 7,84 (ДИ1,61 - 39,55).
3. Операция «Русский конduit» применима в качестве метода реконструкции в когорте плановых пациентов с аневризмой корня аорты, сочетающейся с различной степенью поражения створок аортального клапана, демонстрируя минимальный риск развития ранних послеоперационных осложнений, 100% выживаемость в ранние и среднеотдаленные сроки, а также высокие показатели свободы от реопераций (96%) на фоне отсутствия значимого риска развития значимой резидуальной аортальной недостаточности (96%).
4. Модификация «защищенный Росс» применима у пациентов с аневризмой корня аорты, сочетающейся с различной степенью поражения створок аортального клапана, и демонстрирует 100% выживаемость, свободу от реопераций и значимой аортальной недостаточности в различные сроки после операции.

5. Длительная ишемия миокарда ($125 \pm 26,3$ мин), а также высокая частота имплантаций ЭКС (9,1%) при выполнении модификации «защищенный Росс», указывает на то, что наиболее подходящими кандидатами для данной операции являются более молодые лица без тяжелой сопутствующей кардиальной и экстракардиальной патологии.
6. Наилучшие гемодинамические исходы (свобода от значимой аортальной недостаточности и средний трансклапанный градиент) в среднеотдаленные сроки после вмешательств на корне аорты наблюдаются после операций «защищенный Росс» (100% и $4,93 \pm 1,37$ мм рт ст, соответственно), David (95% и $5,8 \pm 1$ мм рт ст, соответственно) и «Русский кондуит» (96% и $8,8 \pm 1,7$ мм рт ст, соответственно).

ПРАКТИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ

1. Операция Бенталла-Де Боно остается универсальным методом хирургического лечения патологии корня аорты при любых клинических ситуациях.
2. При отсутствии компретации створок аортального клапана при патологии корня аорты методикой выбора является процедура David, а при частичном поражении створок более лучшие результаты в сравнении с реимплантацией демонстрируют операции, предполагающие использование аутологичных тканей: «Русский конduit» и «защищенный Росс».
3. Операция «защищенный Росс» применима в когорте пациентов с инфекционным эндокардитом аортального клапана, сочетающимся с аневризмой корня аорты.
4. При планировании клапансохраняющей операции, целесообразно произвести забор аутоперикарда, который можно использовать для неокuspидизации при неудачной реконструкции корня аорты.
5. При выполнении процедуры «Русский конduit» универсальным размером линейного сосудистого протеза для формирования кондуита является 30 мм, для вшивания створок рекомендуется использовать технику «выворачивания» протеза, при фиксации створок - технику «сборивания». Для неокuspидизации необходимо использование трех симметричных створок с подкреплением неокomisсур п-образными швами, выведенными наружу.
6. При выполнении модификации «защищенный Росс» с целью предотвращения аннулоэктазии в будущем, до имплантации легочного аутографта в корень аорты рекомендуется наложение 6 субаннулярных швов (по аналогии с процедурой David) для укрепления фиброзного кольца аортального клапана путем имплантации сосудистого протеза, на 3-4 мм превышающего диаметр аутографта.

7. При выполнении операции David достаточно наложить 6 субаннулярных швов, что не повышает риск кровотечений и обеспечивает профилактику возможного сужения фиброзного кольца при завязывании нитей. При реимплантации аортального клапана можно использовать два вида шва: обвивной – внутри протеза и матрацный с выколом из протеза наружу.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Cornelia Amalinei and Irina-Drăga Cărunțu (April 10th 2013). Etiology and Pathogenesis of Aortic Aneurysm, Aortic Aneurysm - Recent Advances, Cornelia Amalinei, IntechOpen, DOI: 10.5772/56093. Available from: <https://www.intechopen.com/chapters/44127>
2. Hiratzka LF, Bakris GL, Beckman JA, Bersin RM, Carr VF, Casey DE Jr et al; American College of Cardiology Foundation; American Heart Association Task Force on Practice Guidelines; American Association for Thoracic Surgery; American College of Radiology; American Stroke Association; Society of Cardiovascular Anesthesiologists; Society for Cardiovascular Angiography and Interventions; Society of Interventional Radiology; Society of Thoracic Surgeons; Society for Vascular Medicine. 2010 ACCF/AHA/AATS/ACR/ASA/SCA/SCAI/SIR/STS/SVM guidelines for the diagnosis and management of patients with thoracic aortic disease: executive summary. A report of the American College of Cardiology Foundation/American Heart Association Task Force on Practice Guidelines, American Association for Thoracic Surgery, American College of Radiology, American Stroke Association, Society of Cardiovascular Anesthesiologists, Society for Cardiovascular Angiography and Interventions, Society of Interventional Radiology, Society of Thoracic Surgeons, and Society for Vascular Medicine. *Catheter Cardiovasc Interv.* 2010;76(2):E43-86. doi: 10.1002/ccd.22537.
3. Hinton RB. Bicuspid aortic valve and thoracic aortic aneurysm: three patient populations, two disease phenotypes, and one shared genotype. *Cardiol Res Pract.* 2012;2012:926975. doi: 10.1155/2012/926975.
4. Valo J, Jokinen JJ, Kaarne M, Ihlberg L. Expanding indications for valve-sparing aortic root reconstruction: early and midterm results. *Ann Thorac Surg.* 2013;95(2):579-85. doi: 10.1016/j.athoracsur.2012.08.079.
5. Singh JP, Evans JC, Levy D, Larson MG, Freed LA, Fuller DL et al. Prevalence and clinical determinants of mitral, tricuspid, and aortic regurgitation (the Framingham Heart Study). *Am J Cardiol.* 1999;83(6):897-902. doi: 10.1016/s0002-9149(98)01064-9.
6. Rooprai J, Boodhwani M, Beauchesne L, Chan KL, Dennie C, Nagpal S et al. Thoracic Aortic Aneurysm Growth in Bicuspid Aortic Valve Patients: Role of Aortic Stiffness and Pulsatile Hemodynamics. *J Am Heart Assoc.* 2019;8(8):e010885. doi: 10.1161/JAHA.118.010885.
7. Bentall H, De Bono A. A technique for complete replacement of the ascending aorta. *Thorax.* 1968 Jul;23(4):338-9. doi: 10.1136/thx.23.4.338
8. Benke K, Ágg B, Szabó L, Szilveszter B, Odler B, Pólos M et al. Bentall procedure: quarter century of clinical experiences of a single surgeon. *J Cardiothorac Surg.* 2016;11:19. doi: 10.1186/s13019-016-0418-y
9. Carpentier A. Cardiac valve surgery--the "French correction". *J Thorac Cardiovasc Surg.* 1983;86(3):323-37.

10. Braunberger E, Deloche A, Berrebi A, Abdallah F, Celestin JA, Meimoun P et al. Very long-term results (more than 20 years) of valve repair with carpentier's techniques in nonrheumatic mitral valve insufficiency. *Circulation*. 2001;104(12 Suppl 1):I8-11. PMID: 11568021.
11. David TE, Feindel CM. An aortic valve-sparing operation for patients with aortic incompetence and aneurysm of the ascending aorta. *J Thorac Cardiovasc Surg*. 1992;103(4):617-21; discussion 622 doi:10.1016/s0022-5223(19)34942-6
12. David TE, Feindel CM, Bos J. Repair of the aortic valve in patients with aortic insufficiency and aortic root aneurysm. *J Thorac Cardiovasc Surg*. 1995;109(2):345-51; discussion 351-2. doi: 10.1016/S0022-5223(95)70396-9.
13. Sarsam MA, Yacoub M. Remodeling of the aortic valve anulus. *J Thorac Cardiovasc Surg*. 1993;105(3):435-8. doi:10.1016/s0022-5223(19)34225-4
14. Aicher D, Langer F, Adam O, Tscholl D, Lausberg H, Schäfers HJ. Cusp repair in aortic valve reconstruction: does the technique affect stability? *J Thorac Cardiovasc Surg*. 2007;134(6):1533-8; discussion 1538-9. doi: 10.1016/j.jtcvs.2007.08.023.
15. de Kerchove L, Boodhwani M, Glineur D, Poncelet A, Rubay J, Watremez C et al. Cusp prolapse repair in trileaflet aortic valves: free margin plication and free margin resuspension techniques. *Ann Thorac Surg*. 2009;88(2):455-61; discussion 461. doi: 10.1016/j.athoracsur.2009.04.064
16. Boodhwani M, de Kerchove L, Glineur D, Poncelet A, Rubay J, Astarci P et al. Repair-oriented classification of aortic insufficiency: impact on surgical techniques and clinical outcomes. *J Thorac Cardiovasc Surg*. 2009;137(2):286-94. doi: 10.1016/j.jtcvs.2008.08.054
17. Aicher D, Fries R, Rodionycheva S, Schmidt K, Langer F, Schäfers HJ. Aortic valve repair leads to a low incidence of valve-related complications. *Eur J Cardiothorac Surg*. 2010;37(1):127-32. doi: 10.1016/j.ejcts.2009.06.021.
18. David TE, Feindel CM, David CM, Manlhiot C. A quarter of a century of experience with aortic valve-sparing operations. *J Thorac Cardiovasc Surg*. 2014;148(3):872-9; doi: 10.1016/j.jtcvs.2014.04.048
19. Price J, De Kerchove L, Glineur D, Vanoverschelde JL, Noirhomme P, El Khoury G. Risk of valve-related events after aortic valve repair. *Ann Thorac Surg*. 2013;95(2):606-12; doi: 10.1016/j.athoracsur.2012.07.016.
20. Svensson LG, Al Kindi AH, Vivacqua A, Pettersson GB, Gillinov AM, Mihaljevic T et al. Long-term durability of bicuspid aortic valve repair. *Ann Thorac Surg*. 2014(5):1539-47 doi: 10.1016/j.athoracsur.2013.11.036
21. Elkins RC, Lane MM, McCue C. Ross procedure for ascending aortic replacement. *Ann Thorac Surg*. 1999; 67(6):1843-5; doi: 10.1016/s0003-4975(99)00392-6.
22. Komarov R, Chernov I, Enginoev S, Sá MPBO, Tarasov D. The Russian Conduit - Combining Bentall and Ozaki Procedures for Concomitant Ascending Aorta Replacement and Aortic Valve Neocuspidization. *Braz J*

- Cardiovasc Surg. 2019 Dec 1;34(5):618-623. doi: 10.21470/1678-9741-2019-0329
23. Sud A, Parker F, Magilligan D. Anatomy of the Aortic Root. *The Annals of Thoracic Surgery*. 1984; 38 (1): 76-79. [doi.org](https://doi.org/10.1016/S0003-4975(10)62195-9): 10.1016/S0003-4975(10)62195-9.
 24. de Kerchove L, Jashari R, Boodhwani M, Duy K, Lengelé B, Gianello P et al. Surgical anatomy of the aortic root: implication for valve-sparing reimplantation and aortic valve annuloplasty. *J Thorac Cardiovasc Surg*. 2015; 149(2): 425-433. doi:10.1016/j.jtcvs.2014.09.042
 25. Salica A, Pisani G, Morbiducci U, Scaffa R, Massai D, Audenino A et al. The combined role of sinuses of Valsalva and flow pulsatility improves energy loss of the aortic valve. *Eur J Cardiothorac Surg*. 2016;49(4):1222-7. doi: 10.1093/ejcts/ezv311.
 26. Leyh RG, Schmidtke C, Sievers HH, Yacoub MH. Opening and closing characteristics of the aortic valve after different types of valve-preserving surgery. *Circulation*. 1999;100(21):2153-60. doi: 10.1161/01.cir.100.21.2153.
 27. Ho SY. Structure and anatomy of the aortic root. *Eur J Echocardiogr*. 2009;10(1):i3-10. doi: 10.1093/ejehocardi/jen243
 28. El Khoury G, Glineur D, Rubay J, Verhelst R, d'Acoz Yd, Poncelet A et al. Functional classification of aortic root/valve abnormalities and their correlation with etiologies and surgical procedures. *Curr Opin Cardiol*. 2005; 20(2):115-21. doi: 10.1097/01.hco.0000153951.31887.a6.
 29. Boodhwani M, El Khoury G, de Kerchove L. Graft sizing for aortic valve sparing surgery. *Ann Cardiothorac Surg*. 2013;2(1):140–143. doi:10.3978/j.issn.2225-319X.2013.01.13
 30. Kunzelman KS, Grande KJ, David TE, et al. Aortic root and valve relationships. Impact on surgical repair. *J Thorac Cardiovasc Surg* 1994;107:162-70. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/8283879>
 31. Messika-Zeitoun D, Serfaty JM, Brochet E, Ducrocq G, Lepage L, Detaint D et al. Multimodal assessment of the aortic annulus diameter: implications for transcatheter aortic valve implantation. *J Am Coll Cardiol*. 2010;55(3):186-94. doi: 10.1016/j.jacc.2009.06.063
 32. Hagendorff A, Stoebe S, Tayal B. A systematic approach to 3D echocardiographic assessment of the aortic root. *Glob Cardiol Sci Pract*. 2018;2018(2):12. doi:10.21542/gcsp.2018.12
 33. De Paulis R, Salica A. Surgical anatomy of the aortic valve and root-implications for valve repair. *Ann Cardiothorac Surg*. 2019;8(3):313-321. doi:10.21037/acs.2019.04.16
 34. Prêtre R, Kadner A, Dave H, Bettex D, Genoni M. Tricuspidisation of the aortic valve with creation of a crown-like annulus is able to restore a normal valve function in bicuspid aortic valves. *Eur J Cardiothorac Surg*. 2006;29(6):1001-6. doi: 10.1016/j.ejcts.2006.01.068.
 35. Evangelista A., Flachskampf F.A., Erbel R., Antonini-Canterin F., Vlachopoulos C., Rocchi G. et al. Echocardiography in aortic diseases: EAE

- recommendations for clinical practice. *Eur J Echocardiogr.* 2010; 11(8):645-58. doi: 10.1093/ejechocard/jeq056.
36. Loukas M., Bilinsky E., Bilinsky S., Blaak C., Tubbs RS, Anderson RH. The anatomy of the aortic root. *Clin Anat.* 2014;27(5):748-56. doi: 10.1002/ca.22295.
 37. Silver MA, Roberts WC. Detailed anatomy of the normally functioning aortic valve in hearts of normal and increased weight. *Am J Cardiol.* 1985;55(4):454-61. doi: 10.1016/0002-9149(85)90393-5.
 38. Tamás E, Nylander E. Echocardiographic description of the anatomic relations within the normal aortic root. *J Heart Valve Dis.* 2007;16(3):240-6. PMID: 17578042.
 39. Anderson RH. The surgical anatomy of the aortic root. *Multimed Man Cardiothorac Surg.* 2007;2007(102):mmcts.2006.002527. doi: 10.1510/mmcts.2006.002527.
 40. Anderson RH, Devine WA, Ho SY, Smith A, McKay R. The myth of the aortic annulus: the anatomy of the subaortic outflow tract. *Ann Thorac Surg.* 1991; 52(3):640-6. doi: 10.1016/0003-4975(91)90966-t.
 41. de Kerchove L, El Khoury G. Anatomy and pathophysiology of the ventriculo-aortic junction: implication in aortic valve repair surgery. *Ann Cardiothorac Surg.* 2013;2(1):57-64. doi: 10.3978/j.issn.2225-319X.2012.12.05.
 42. Blanke P, Russe M, Leipsic J, Reinöhl J, Ebersberger U, Suranyi P et al. Conformational pulsatile changes of the aortic annulus: impact on prosthesis sizing by computed tomography for transcatheter aortic valve replacement. *JACC Cardiovasc Interv.* 2012;5(9):984-94. doi: 10.1016/j.jcin.2012.05.014
 43. Chirichilli I, Irace F, Weltert L, Tsuda K, Scaffa R, Salica A et al. Morphological modification of the aortic annulus in tricuspid and bicuspid valves after aortic valve reimplantation: an electrocardiography-gated computed tomography study†. *Eur J Cardiothorac Surg.* 2019;56(4):778-784. doi: 10.1093/ejcts/ezz065.
 44. Schäfers H, Schmied W, Marom G, Aicher D. Cusp height in aortic valves. *J Thorac Cardiovasc Surg.* 2013; 146(2): 269-74. doi: 10.1016/j.jtcvs.2012.06.053
 45. Marom G, Haj-Ali R, Rosenfeld M, Schäfers HJ, Raanani E. Aortic root numeric model: annulus diameter prediction of effective height and coaptation in post-aortic valve repair. *J Thorac Cardiovasc Surg.* 2013;145(2):406-411.e1. doi: 10.1016/j.jtcvs.2012.01.080
 46. Thubrikar MJ, Labrosse MR, Zehr KJ, Robicsek F, Gong GG, Fowler BL. Aortic root dilatation may alter the dimensions of the valve leaflets. *Eur J Cardiothorac Surg.* 2005;28(6):850-5. doi: 10.1016/j.ejcts.2005.09.012.
 47. Vollebergh FE, Becker AE. Minor congenital variations of cusp size in tricuspid aortic valves. Possible link with isolated aortic stenosis. *Br Heart J.* 1977;39(9):1006-11. doi: 10.1136/hrt.39.9.1006.
 48. Schäfers HJ, Bierbach B, Aicher D. A new approach to the assessment of aortic cusp geometry. *J Thorac Cardiovasc Surg.* 2006;132(2):436-8. DOI: 10.1016/j.jtcvs.2006.04.032

49. Oka T, Okita Y, Matsumori M, Okada K, Minami H, Munakata H. et al. Aortic regurgitation after valve-sparing aortic root replacement: modes of failure. *Ann Thorac Surg.* 2011; 92(5): 1639-44. doi: 10.1016/j.athoracsur.2011.06.080
50. Lansac E, Di Cesta I, Sleilaty G, Lejeune S, Khelil N, Berrebi A et al. Long-term results of external aortic ring annuloplasty for aortic valve repair. *Eur J Cardiothorac Surg.* 2016;50(2):350-60. doi: 10.1093/ejcts/ezw070
51. Bierbach B, Aicher D, Issa O, Bomberg H, Graber S et al. Aortic root and cusp configuration determine aortic valve function. *European Journal of Cardio-thoracic Surgery.* 2010; 38: 400—406. doi:10.1016/j.ejcts.2010.01.060
52. Swanson WM, Clark RE. Aortic valve leaflet motion during systole. Numerical-graphical determination. *Circ Res.* 1973;32(1):42-8. doi: 10.1161/01.res.32.1.42.
53. Одинокова С.Н., Николенко В.Н., Комаров Р.Н., Винокуров И.А., Мнацаканян Г.В., Белхароева Р.Х. Корреляции морфометрических параметров структур корня аорты, имеющие практическое значение в хирургической коррекции аортального клапана. *Морфологические ведомости.* 2020;28(1):30-36. [https://doi.org/10.20340/mv-mn.2020.28\(1\):30-36](https://doi.org/10.20340/mv-mn.2020.28(1):30-36)
54. Berdajs D, Lajos P, Turina M. The anatomy of the aortic root. *Cardiovasc Surg.* 2002;10(4):320-7. doi: 10.1016/s0967-2109(02)00018-2.
55. Choo SJ, McRae G, Olomon JP, St George G, Davis W, Burlison-Bowles CL et al. Aortic root geometry: pattern of differences between leaflets and sinuses of Valsalva. *J Heart Valve Dis.* 1999;8(4):407-15. PMID: 10461241.
56. Thubrikar M, Bosher LP, Nolan SP. The mechanism of opening of the aortic valve. *J Thorac Cardiovasc Surg.* 1979;77(6):863-70. PMID: 439922.
57. Weltert L, De Paulis R, Scaffa R, Maselli D, Bellisario A, D'Alessandro S. Recreation of a sinuslike graft expansion in Bentall procedure reduces stress at the coronary button anastomoses: A finite element study. *J Thorac Cardiovasc Surg.* 2009;137(5):1082-7. doi: 10.1016/j.jtcvs.2008.10.013.
58. Brandenburg RO Jr, Tajik AJ, Edwards WD, Reeder GS, Shub C, Seward JB. Accuracy of 2-dimensional echocardiographic diagnosis of congenitally bicuspid aortic valve: echocardiographic-anatomic correlation in 115 patients. *Am J Cardiol.* 1983;51(9):1469-73. doi: 10.1016/0002-9149(83)90659-8
59. Sadee AS, Becker AE, Verheul HA, Bouma B, Hoedemaker G. Aortic valve regurgitation and the congenitally bicuspid aortic valve: a clinico-pathological correlation. *Br Heart J.* 1992;67(6):439-41. doi: 10.1136/hrt.67.6.439.
60. Tokunaga H, Koyanagi H, Hashimoto A, Nakano K, Hirayama T, Hachida M. [Classification of congenitally bicuspid aortic valve and its angiographic and surgical significance]. *Nihon Kyobu Geka Gakkai Zasshi.* 1992;40(4):467-71
61. Sievers HH, Schmidtke C. A classification system for the bicuspid aortic valve from 304 surgical specimens. *J Thorac Cardiovasc Surg.* 2007;133(5):1226-33. doi: 10.1016/j.jtcvs.2007.01.039
62. Schaefer BM, Lewin MB, Stout KK, Gill E, Prueitt A, Byers PH et al. The bicuspid aortic valve: an integrated phenotypic classification of leaflet

- morphology and aortic root shape. *Heart*. 2008;94(12):1634-8. doi: 10.1136/hrt.2007.132092
63. Kang JW, Song HG, Yang DH, Baek S, Kim DH, Song JM et al. Association between bicuspid aortic valve phenotype and patterns of valvular dysfunction and bicuspid aortopathy: comprehensive evaluation using MDCT and echocardiography. *JACC Cardiovasc Imaging*. 2013;6(2):150-61. doi: 10.1016/j.jcmg.2012.11.007
 64. de Kerchove L, Mastrobuoni S, Froede L, Tamer S, Boodhwani M, van Dyck M et al. Variability of repairable bicuspid aortic valve phenotypes: towards an anatomical and repair-oriented classification. *Eur J Cardiothorac Surg*. 2019: ezz033. doi: 10.1093/ejcts/ezz033.
 65. Michelena HI, Della Corte A, Evangelista A, Maleszewski JJ, Edwards WD, Roman MJ et al; Endorsed by the Heart Valve Society (HVS), European Association of Cardiovascular Imaging (EACVI), Society of Thoracic Surgeons (STS), American Association for Thoracic Surgery (AATS), Society for Cardiovascular Magnetic Resonance (SCMR), Society of Cardiovascular Computed Tomography (SCCT), North American Society for Cardiovascular Imaging (NASCI) and the International Bicuspid Aortic Valve Consortium (BAVCon). International consensus statement on nomenclature and classification of the congenital bicuspid aortic valve and its aortopathy, for clinical, surgical, interventional and research purposes. *Eur J Cardiothorac Surg*. 2021; 60(3):448-476. doi: 10.1093/ejcts/ezab038
 66. Michelena HI, Prakash SK, Della Corte A, Bissell MM, Anavekar N, Mathieu P et al; BAVCon Investigators. Bicuspid aortic valve: identifying knowledge gaps and rising to the challenge from the International Bicuspid Aortic Valve Consortium (BAVCon). *Circulation*. 2014;129(25):2691-704. doi: 10.1161/CIRCULATIONAHA.113.007851.
 67. Michelena HI, Khanna AD, Mahoney D, Margaryan E, Topilsky Y, Suri RM et al. Incidence of aortic complications in patients with bicuspid aortic valves. *JAMA*. 2011; 306(10):1104-12. doi: 10.1001/jama.2011.1286.
 68. Yassine NM, Shahram JT, Body SC. Pathogenic Mechanisms of Bicuspid Aortic Valve Aortopathy. *Front Physiol*. 2017;8:687. doi:10.3389/fphys.2017.00687
 69. Otto CM, Nishimura RA, Bonow RO, Carabello BA, Erwin JP, Gentile F et al. 2020 ACC/AHA Guideline for the Management of Patients With Valvular Heart Disease: Executive Summary: A Report of the American College of Cardiology/American Heart Association Joint Committee on Clinical Practice Guidelines. *Circulation*. 2021;143(5):e35-e71. doi: 10.1161/CIR.0000000000000932
 70. Della Corte A, Bancone C, Quarto C, Dialectto G, Covino FE, Scardone M et al. Predictors of ascending aortic dilatation with bicuspid aortic valve: a wide spectrum of disease expression. *Eur J Cardiothorac Surg*. 2007;31(3):397-404; discussion 404-5. doi: 10.1016/j.ejcts.2006.12.006.
 71. Entezari P, Schnell S, Mahadevia R, Malaisrie C, McCarthy P, Mendelson M et al. From unicuspid to quadricuspid: influence of aortic valve morphology on

- aortic three-dimensional hemodynamics. *J Magn Reson Imaging*. 2014;40(6):1342-6. doi: 10.1002/jmri.24498
72. Della Corte A, Bancone C, Dialetto G, Covino FE, Manduca S, D'Oria V et al. Towards an individualized approach to bicuspid aortopathy: different valve types have unique determinants of aortic dilatation. *Eur J Cardiothorac Surg*. 2014;45(4):e118-24; discussion e124. doi: 10.1093/ejcts/ezt601
 73. Girdauskas E, Rouman M, Disha K, Dubsclaff G, Fey B, Theis B et al. Aortopathy in Bicuspid Aortic Valve Stenosis with Fusion of Right-Left versus Right-Non-Coronary Cusps: Are These Different Diseases? *J Heart Valve Dis*. 2016;25(3):262-269. PMID: 27989035.
 74. Habchi KM, Ashikhmina E, Vieira VM, Shahram JT, Isselbacher EM, Sundt TM et al; Bicuspid Aortic Valve Consortium, Body SC. Association between bicuspid aortic valve morphotype and regional dilatation of the aortic root and trunk. *Int J Cardiovasc Imaging*. 2017;33(3):341-349. doi: 10.1007/s10554-016-1016-8
 75. Regeer MV, Versteegh MI, Klautz RJ, Schalijs MJ, Bax JJ, Marsan NA et al. Effect of Aortic Valve Replacement on Aortic Root Dilatation Rate in Patients With Bicuspid and Tricuspid Aortic Valves. *Ann Thorac Surg*. 2016;102(6):1981-1987. doi: 10.1016/j.athoracsur.2016.05.038
 76. Naito S, Gross T, Disha K, von Kodolitsch Y, Reichenspurner H, Girdauskas E. Late post-AVR progression of bicuspid aortopathy: link to hemodynamics. *Gen Thorac Cardiovasc Surg*. 2017;65(5):252-258. doi: 10.1007/s11748-017-0746-4
 77. Jassal DS, Bhagirath KM, Tam JW, Sochowski RA, Dumesnil JG, Giannoccaro PJ et al. Association of Bicuspid aortic valve morphology and aortic root dimensions: a substudy of the aortic stenosis progression observation measuring effects of rosuvastatin (ASTRONOMER) study. *Echocardiography*. 2010;27(2):174-9. doi: 10.1111/j.1540-8175.2009.00993.x
 78. Dargis N, Lamontagne M, Gaudreault N, Sbarra L, Henry C, Pibarot P et al. Identification of Gender-Specific Genetic Variants in Patients With Bicuspid Aortic Valve. *Am J Cardiol*. 2016;117(3):420-6. doi: 10.1016/j.amjcard.2015.10.058.
 79. Pepe G, Nistri S, Giusti B, Sticchi E, Attanasio M, Porciani C et al. Identification of fibrillin 1 gene mutations in patients with bicuspid aortic valve (BAV) without Marfan syndrome. *BMC Med Genet*. 2014;15:23. doi: 10.1186/1471-2350-15-23
 80. Yang B, Zhou W, Jiao J, Nielsen JB, Mathis MR, Heydarpour M et al. Protein-altering and regulatory genetic variants near GATA4 implicated in bicuspid aortic valve. *Nat Commun*. 2017;8:15481. doi: 10.1038/ncomms15481
 81. Schäfers H. The 10 Commandments for Aortic Valve Repair. *Innovations (Phila)*. 2019; 14(3): 188-198. <https://doi.org/10.1177/1556984519843909>
 82. Sharma V, Suri RM, Dearani JA, Burkhart HM, Park SJ, Joyce LD. Expanding relevance of aortic valve repair-is earlier operation indicated? *J Thorac Cardiovasc Surg*. 2014; 147(1):100-107. doi: 10.1016/j.jtcvs.2013.08.015

83. Cheruvu C, Mathur G, Akhunji Z, Grant P, Wolfenden H, Cranney G. Aortic Valve Fenestration—An Under Reported Observation in Aortic Regurgitation. *Heart, Lung and Circulation*. 2013; 22(1): 165. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.hlc.2013.05.394>
84. Arnaoutakis G, Sultan I, Siki M, Bavaria J. Bicuspid aortic valve repair: systematic review on long-term outcomes. *Ann Cardiothorac Surg*. 2019; 8(3):302–312. doi:10.21037/acs.2019.05.08
85. David T, Armstrong S. Aortic cusp repair with Gore-Tex sutures during aortic valve-sparing operations. *J Thorac Cardiovasc Surg*. 2010; 139(5):1340-2. doi: 10.1016/j.jtcvs.2009.06.010
86. Losenno K, Johnson M, Chu M. 688 Fenestrations of the Aortic Valve Cusps: Are They Related to Variations in Cusp Size? *Canadian Journal of Cardiology*. 2012. 28 (5): 361. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.cjca.2012.07.622>
87. Schäfers HJ, Langer F, Glombitza P, Kunihara T, Fries R, Aicher D. Aortic valve reconstruction in myxomatous degeneration of aortic valves: are fenestrations a risk factor for repair failure? *J Thorac Cardiovasc Surg*. 2010;139(3):660-4. doi: 10.1016/j.jtcvs.2009.06.025
88. Tekumit H, Cenal AR, Tataroglu C, Uzun K, Polat A, Akinci E. Cusp shaving for concomitant mild to moderate rheumatic aortic insufficiency. *J Card Surg*. 2010;25(1):16-22. doi: 10.1111/j.1540-8191.2009.00948.x.
89. Haydar H, He G, Hovaguimian H, McIrvin D, King D, Starr A. Valve repair for aortic insufficiency: surgical classification and techniques. *Eur J Cardiothorac Surg*. 1997; 11(2):258-65. DOI: 10.1016/s1010-7940(96)01014-7
90. Kunihara T, Aicher D, Rodionychewa S, Groesdonk H, Langer F, Sata F. Preoperative aortic root geometry and postoperative cusp configuration primarily determine long-term outcome after valve-preserving aortic root repair. *J Thorac Cardiovasc Surg*. 2012; 143(6):1389-95. doi: 10.1016/j.jtcvs.2011.07.036
91. Basmadjian L, Basmadjian A, Stevens L, Mongeon F, Cartier R, Poirier N. Early results of extra-aortic annuloplasty ring implantation on aortic annular dimensions. *J Thorac Cardiovasc Surg*. 2016;151(5):1280-5.e1. doi: 10.1016/j.jtcvs.2015.12.014
92. Lansac E, Di Cesta I, Arnaud-Crozat E, Bouchot O, Doguet F, Hacini R et al. Remodeling of the aortic root combined to an expansible aortic ring annuloplasty. *Multimed Man Cardiothorac Surg*. 2011; 2011(401):mmcts.2006.001958. doi: 10.1510/mmcts.2006.001958
93. Youssefi P, El-Hamamsy I, Lansac E. Rationale for aortic annuloplasty to standardise aortic valve repair. *Ann Cardiothorac Surg*. 2019;8(3):322-330. doi: 10.21037/acs.2019.05.13
94. Schäfers HJ, Aicher D, Langer F, Lausberg HF. Preservation of the bicuspid aortic valve. *Ann Thorac Surg*. 2007;83(2):S740-5; doi: 10.1016/j.athoracsur.2006.11.017
95. Ram D, Bouhout I, Karliova I, Schneider U, El-Hamamsy I, Schäfers HJ. Concepts of Bicuspid Aortic Valve Repair: A Review. *Ann Thorac Surg*. 2020;109(4):999-1006. doi: 10.1016/j.athoracsur.2019.09.019

96. Aicher D, Kuniyama T, Abou Issa O, Brittner B, Gräber S, Schäfers HJ. Valve configuration determines long-term results after repair of the bicuspid aortic valve. *Circulation*. 2011;123(2):178-85. doi: 10.1161/CIRCULATIONAHA.109.934679
97. Kari FA, Liang DH, Kvitting JP, Stephens EH, Mitchell RS, Fischbein MP et al. Tirone David valve-sparing aortic root replacement and cusp repair for bicuspid aortic valve disease. *J Thorac Cardiovasc Surg*. 2013;145(3 Suppl):S35-40.e1-2. doi: 10.1016/j.jtcvs.2012.11.043.
98. Schneider U, Schmied W, Aicher D, Giebels C, Winter L, Schäfers HJ. Sinus Plication to Improve Valve Configuration in Bicuspid Aortic Valve Repair—Early Results. *Ann Thorac Surg*. 2017;103(2):580-585. doi: 10.1016/j.athoracsur.2016.06.064
99. Schneider U, Feldner SK, Hofmann C, Schöpe J, Wagenpfeil S, Giebels C et al. Two decades of experience with root remodeling and valve repair for bicuspid aortic valves. *J Thorac Cardiovasc Surg*. 2017;153(4):S65-S71. doi: 10.1016/j.jtcvs.2016.12.030.
100. Mosala Nezhad Z, de Kerchove L, Hechadi J, Tamer S, Boodhwani M, Poncelet A et al. Aortic valve repair with patch in non-rheumatic disease: indication, techniques and durability†. *Eur J Cardiothorac Surg*. 2014;46(6):997-1005; discussion 1005. doi: 10.1093/ejcts/ezu058
101. Mastrobuoni S, de Kerchove L, Navarra E, Watremez C, Vancraeynest D, Rubay J et al. Long-term experience with valve-sparing reimplantation technique for the treatment of aortic aneurysm and aortic regurgitation. *J Thorac Cardiovasc Surg*. 2019;158(1):14-23. doi: 10.1016/j.jtcvs.2018.10.155
102. Kayatta MO, Leshnowar BG, McPherson L, Binongo JN, Lasanajak Y, Chen EP. Valve-Sparing Root Replacement Provides Excellent Midterm Outcomes for Bicuspid Valve Aortopathy. *Ann Thorac Surg*. 2019;107(2):499-504. doi: 10.1016/j.athoracsur.2018.08.011
103. Lenoir M, Maesen B, Stevens LM, Cartier R, Demers P, Poirier N et al. Reimplantation versus remodelling with ring annuloplasty: comparison of mid-term outcomes after valve-sparing aortic root replacement. *Eur J Cardiothorac Surg*. 2018;54(1):48-54. doi: 10.1093/ejcts/ezy016
104. El Khoury G, Vanoverschelde JL, Glineur D, Pierard F, Verhelst RR, Rubay J et al. Repair of bicuspid aortic valves in patients with aortic regurgitation. *Circulation*. 2006;114(1 Suppl):I610-6. doi: 10.1161/CIRCULATIONAHA.105.001594
105. Navarra E, El Khoury G, Glineur D, Boodhwani M, Van Dyck M, Vanoverschelde et al. Effect of annulus dimension and annuloplasty on bicuspid aortic valve repair. *Eur J Cardiothorac Surg*. 2013;44:316-322. doi:10.1093/ejcts/ezt045
106. Schäfers HJ, Aicher D, Riodionychewa S, Lindinger A, Rädle-Hurst T, Langer F et al. Bicuspidization of the unicuspid aortic valve: a new reconstructive approach. *Ann Thorac Surg*. 2008;85(6):2012-8. doi: 10.1016/j.athoracsur.2008.02.081

107. Luciani G, Morjan M, Faggian G, Mazzucco A. Repair of quadricuspid aortic valve by bicuspidization: a novel technique. *Interact Cardiovasc Thorac Surg.* 2010;11(3):348-50. doi: 10.1510/icvts.2010.237404
108. Mastrobuoni S, Aphram G, Tamer S, Navarra E, De Kerchove L, El Khoury G. Quadricuspid aortic valve repair. *Ann Cardiothorac Surg.* 2019;8(3):433-435. doi:10.21037/acs.2019.05.05
109. Erbel R, Aboyans V, Boileau C, Bossone E, Di Bartolomeo R, Eggebrecht H et al; Grupa Robocza Europejskiego Towarzystwa Kardiologicznego (ESC) do spraw rozpoznawania i leczenia chorób aorty. Wytyczne ESC dotyczące rozpoznawania i leczenia chorób aorty w 2014 roku [2014 ESC Guidelines on the diagnosis and treatment of aortic diseases]. *Kardiol Pol.* 2014;72(12):1169-252. Polish. doi: 10.5603/KP.2014.0225.
110. Svensson LG, Adams DH, Bonow RO, Kouchoukos NT, Miller DC, O'Gara PT et al. Aortic valve and ascending aorta guidelines for management and quality measures. *Ann Thorac Surg.* 2013; 95(6 Suppl):S1-66. doi: 10.1016/j.athoracsur.2013.01.083.
111. JCS Joint Working Group. Guidelines for diagnosis and treatment of aortic aneurysm and aortic dissection (JCS 2011): digest version. *Circ J.* 2013;77(3):789-828. doi: 10.1253/circj.cj-66-0057.
112. Michelena HI, Della Corte A, Prakash SK, Milewicz DM, Evangelista A, Enriquez-Sarano M. Bicuspid aortic valve aortopathy in adults: Incidence, etiology, and clinical significance. *Int J Cardiol.* 2015;201:400-7. doi: 10.1016/j.ijcard.2015.08.106.
113. Etz CD, Zoli S, Brenner R, Roder F, Bischoff M, Bodian CA et al. When to operate on the bicuspid valve patient with a modestly dilated ascending aorta. *Ann Thorac Surg.* 2010; 90(6):1884-90; discussion 1891-2. doi: 10.1016/j.athoracsur.2010.06.115.
114. Wojnarski CM, Svensson LG, Roselli EE, Idrees JJ, Lowry AM, Ehrlinger J et al. Aortic Dissection in Patients With Bicuspid Aortic Valve-Associated Aneurysms. *Ann Thorac Surg.* 2015; 100(5):1666-73; discussion 1673-4. doi: 10.1016/j.athoracsur.2015.04.126
115. Masri A, Kalahasti V, Alkharabsheh S, Svensson LG, Sabik JF, Roselli EE et al. Characteristics and long-term outcomes of contemporary patients with bicuspid aortic valves. *J Thorac Cardiovasc Surg.* 2016; 151(6):1650-1659.e1. doi: 10.1016/j.jtcvs.2015.12.019
116. Borger MA, Preston M, Ivanov J, Fedak PW, Davierwala P, Armstrong S et al. Should the ascending aorta be replaced more frequently in patients with bicuspid aortic valve disease? *J Thorac Cardiovasc Surg.* 2004; 128(5):677-83. doi: 10.1016/j.jtcvs.2004.07.009
117. Svensson LG, Kim KH, Blackstone EH, Rajeswaran J, Gillinov AM, Mihaljevic T et al. Bicuspid aortic valve surgery with proactive ascending aorta repair. *J Thorac Cardiovasc Surg.* 2011;142(3):622-9, 629.e1-3. doi: 10.1016/j.jtcvs.2010.10.050
118. Park CB, Greason KL, Suri RM, Michelena HI, Schaff HV, Sundt TM. Should the proximal arch be routinely replaced in patients with bicuspid aortic

- valve disease and ascending aortic aneurysm? *J Thorac Cardiovasc Surg.* 2011;142(3):602-7. doi: 10.1016/j.jtcvs.2010.08.086.
119. Garrido-Olivares L, Maganti M, Armstrong S, David TE. Clinical outcomes of aortic root replacement after previous aortic root replacement. *J Thorac Cardiovasc Surg.* 2013;146(3):611-5. doi: 10.1016/j.jtcvs.2012.07.041.
 120. Vohra HA, Whistance RN, De Kerchove L, Punjabi P, El Houry G. Valve-preserving surgery on the bicuspid aortic valve. *Eur J Cardiothorac Surg.* 2013;43(5):888-98. doi: 10.1093/ejcts/ezs664.
 121. Parish LM, Gorman JH, Kahn S, Plappert T, St John-Sutton MG, Bavaria JE et al. Aortic size in acute type A dissection: implications for preventive ascending aortic replacement. *Eur J Cardiothorac Surg.* 2009;35(6):941-5; discussion 945-6. doi: 10.1016/j.ejcts.2008.12.047.
 122. Vahanian A, Beyersdorf F, Praz F, Milojevic M, Baldus S, Bauersachs J et al; ESC/EACTS Scientific Document Group; ESC Scientific Document Group. 2021 ESC/EACTS Guidelines for the management of valvular heart disease. *Eur Heart J.* 2021: ehab395. doi: 10.1093/eurheartj/ehab395.
 123. Iung B, Delgado V, Rosenhek R, Price S, Prendergast B, Wendler O et al; EORP VHD II Investigators. Contemporary Presentation and Management of Valvular Heart Disease: The EURObservational Research Programme Valvular Heart Disease II Survey. *Circulation.* 2019; 140(14):1156-1169. doi: 10.1161/CIRCULATIONAHA.119.041080.
 124. Yadgir S, Johnson CO, Aboyans V, Adebayo OM, Adedoyin RA, Afarideh M et al; Global Burden of Disease Study 2017 Nonrheumatic Valve Disease Collaborators. Global, Regional, and National Burden of Calcific Aortic Valve and Degenerative Mitral Valve Diseases, 1990-2017. *Circulation.* 2020;141(21):1670-1680. doi: 10.1161/CIRCULATIONAHA.119.043391
 125. Cabrol C, Pavie A, Gandjbakhch I, Villemot JP, Guiraudon G, Laughlin L et al. Complete replacement of the ascending aorta with reimplantation of the coronary arteries: new surgical approach. *J Thorac Cardiovasc Surg.* 1981;81(2):309-15. PMID: 7453242.
 126. Piehler JM, Pluth JR. Replacement of the ascending aorta and aortic valve with a composite graft in patients with nondisplaced coronary ostia. *Ann Thorac Surg.* 1982;33(4):406-9. doi: 10.1016/s0003-4975(10)63239-0.
 127. Miller DC, Stinson EB, Oyer PE, Moreno-Cabral RJ, Reitz BA, Rossiter SJ et al. Concomitant resection of ascending aortic aneurysm and replacement of the aortic valve: operative and long-term results with "conventional" techniques in ninety patients. *J Thorac Cardiovasc Surg.* 1980;79(3):388-401. PMID: 6986512.
 128. Urbanski PP. Replacement of the ascending aorta and aortic valve with a valved stentless composite graft. *Ann Thorac Surg.* 1999; 67(5):1501-2. doi: 10.1016/s0003-4975(99)00184-8.
 129. Bochenek-Klimczyk K, Lau KK, Galiñanes M, Sosnowski AW. Preassembled stentless valved-conduit for the replacement of the ascending aorta and aortic root. *Interact Cardiovasc Thorac Surg.* 2008;7(6):964-8. doi: 10.1510/icvts.2008.184457.

130. Кудрявцева Ю.А. Биологические протезы клапана сердца. От идеи до клинического применения. Комплексные проблемы сердечно-сосудистых систем. 2015;(4):6-16.
131. Малашенков А.И., Русанов Н.И., Быкова В.А., Рычин С.В., Паджев М.А., Костава В.Т., Занкина О.И. 15-ТИ ЛЕТНИЙ ОПЫТ ПРИМЕНЕНИЯ КСЕНОПЕРИКАРДИАЛЬНОГО КОНДУИТА ПРИ ОПЕРАЦИИ БЕНТАЛЛА-ДЕ БОНО. Бюллетень НЦССХ им. А.Н. Бакулева РАМН. Сердечно-сосудистые заболевания. 2006. Т. 7. № S3. С. 34.
132. 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. С. 29-30.
133. Белов Ю.В., Комаров Р.Н., Каравайкин П.А., Катков А.И., Россейкин Е.В., Винокуров И.А. и др. ХИРУРГИЯ АОРТЫ. Москва, 2018.
134. Mingke D, Dresler C, Stone CD, Borst HG. Composite graft replacement of the aortic root in 335 patients with aneurysm or dissection. *Thorac Cardiovasc Surg.* 1998; 46(1):12-9. doi: 10.1055/s-2007-1010177
135. Kouchoukos NT, Wareing TH, Murphy SF, Perrillo JB. Sixteen-year experience with aortic root replacement. Results of 172 operations. *Ann Surg.* 1991;214(3):308-18; discussion 318-20. doi: 10.1097/00000658-199109000-00013
136. Mykén PS, Caidahl K, Larsson P, Larsson S, Wallentin I, Berggren HE. Mechanical versus biological valve prosthesis: a ten-year comparison regarding function and quality of life. *Ann Thorac Surg.* 1995; 60(2 Suppl):S447-52. doi: 10.1016/0003-4975(95)00266-n
137. Kirsch ME, Ooka T, Zannis K, Deux JF, Loisanse DY. Bioprosthetic replacement of the ascending thoracic aorta: what are the options? *Eur J Cardiothorac Surg.* 2009;35(1):77-82. doi: 10.1016/j.ejcts.2008.09.011.
138. Hilgenberg AD, Mora BN. Composite aortic root replacement with a bovine pericardial valve conduit. *Ann Thorac Surg.* 2003;75(4):1338-9. doi: 10.1016/s0003-4975(02)04510-1.
139. Galla JD, Lansman SL, Spielvogel D, Minanov OP, Ergin MA, Bodian CA et al. Bioprosthetic valved conduit aortic root reconstruction: the Mount Sinai experience. *Ann Thorac Surg.* 2002;74(5):S1769-72; discussion S1792-9. doi: 10.1016/s0003-4975(02)04144-9.
140. Gatti G, Dell'Angela L, Pinamonti B, Moncada A, Minati A, Benussi B et al. Aortic root replacement with a stented bioprosthetic valved conduit: mid-term results. *J Heart Valve Dis.* 2013;22(4):500-8. PMID: 24224412.
141. Beck A, Thubrikar MJ, 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.
142. Sripathi VC, Kumar RK, Balakrishnan KR. 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):844-51. doi: 10.1016/S0003-4975(03)01518-2.
143. De Paulis R, De Matteis GM, Nardi P, Scaffa R, Colella DF, Chiarello L. A new aortic Dacron conduit for surgical treatment of aortic root pathology. *Ital Heart J.* 2000; 1(7):457-63. PMID: 10933327.
 144. 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. doi:10.18999/nagjms.82.4.645
 145. Beckerman Z, Leshnower BG, McPherson L, Binongo JN, Lasanajak Y, Chen EP. The evidence in a Bentall procedure with Valsalva graft: is this standard of care?. *J Vis Surg.* 2018;4:98. doi:10.21037/jovs.2018.04.05
 146. Grande-Allen KJ, Cochran RP, Reinhall PG, Kunzelman KS. Re-creation of sinuses is important for sparing the aortic valve: a finite element study. *J Thorac Cardiovasc Surg.* 2000;119(4 Pt 1):753-63. doi: 10.1016/S0022-5223(00)70011-0.
 147. Etz CD, Homann TM, Rane N, Bodian CA, Di Luozzo G, Plestis KA et al. Aortic root reconstruction with a bioprosthetic valved conduit: a consecutive series of 275 procedures. *J Thorac Cardiovasc Surg.* 2007; 133(6):1455-63. doi: 10.1016/j.jtcvs.2007.01.058.
 148. Kirsch EW, Radu NC, Mekontso-Dessap A, Hillion ML, 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):601-8. doi: 10.1016/j.jtcvs.2005.11.007.
 149. Joudinaud TM, Baron F, Raffoul R, Pagis B, Vergnat M, Parisot C et al. Redo aortic root surgery for failure of an aortic homograft is a major technical challenge. *Eur J Cardiothorac Surg.* 2008;33(6):989-94. doi: 10.1016/j.ejcts.2008.01.054.
 150. 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. doi: 10.1016/j.hlc.2019.04.015.
 151. Albertini A, Dell'Amore A, Zussa C, Lamarra M. Modified Bentall operation: the double sewing ring technique. *Eur J Cardiothorac Surg.* 2007; 32(5):804-6. doi: 10.1016/j.ejcts.2007.07.011.
 152. Easo J, Weymann A, Hölzl P, Horst M, Eichstaedt H, Mashhour A et al. 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. doi: 10.1038/s41598-019-40772-7.
 153. Ennker JA, Albert AA, Rosendahl UP, Ennker IC, Dalladaku F, Florath I. Ten-year experience with stentless aortic valves: full-root versus subcoronary implantation. *Ann Thorac Surg.* 2008; 85(2):445-52; discussion 452-3. doi: 10.1016/j.athoracsur.2007.10.015.
 154. 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. doi: 10.1111/jocs.14510

155. Carrel TP, Berdat P, Englberger L, Eckstein F, Immer F, Seiler C et al. Aortic root replacement with a new stentless aortic valve xenograft conduit: preliminary hemodynamic and clinical results. *J Heart Valve Dis.* 2003; 12(6):752-7. PMID: 14658817.
156. Siniawski H, Lehmkuhl H, Weng Y, Pasic M, Yankah C, Hoffmann M et al. 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):803-8; discussion 808. doi: 10.1016/s0003-4975(02)04555-1.
157. Pantaleo A, Murana G, Di Marco L, Jafrancesco G, Barberio G, Berretta P et al. 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. doi: 10.1093/ejcts/ezx070.
158. Lechiancole A, Celiento M, Isola M, Gatti G, Melina G, Vendramin I et al. Modified Bentall procedure: Mechanical vs biological valved conduits in patients older than 65 years. *Int J Cardiol.* 2019; 296:38-42. doi: 10.1016/j.ijcard.2019.07.053.
159. Urbanski PP, 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):1077-82. doi: 10.1093/ejcts/ezu316.
160. Arabkhani B, Etnel J, Vriesendorp M et al. Clinical outcome after bioprosthetic aortic root replacement: A Meta-Analysis and Microsimulation model. *Authorea.* 2020. doi: 10.22541/au.160579289.94820860/v1
161. Schamberger L, Leontyev S, Davierwala P, Von Aspern K, Lehmann S, Misfeld M et al. David aortic valve-sparing reimplantation versus biological aortic root replacement: a retrospective analysis of 411 patients. *Indian journal of thoracic and cardiovascular surgery.* 2020. 36(1): 97–103. doi: 10.1007.s12055-019-00873-4
162. Bethancourt CN, Blitzer D, Yamabe T, Zhao Y, Nguyen S, Nitta S et al. Valve-Sparing Root Replacement Versus Bio-Bentall: Inverse Propensity Weighting of 796 Patients. *Ann Thorac Surg.* 2021: S0003-4975(21)01002-X. doi: 10.1016/j.athoracsur.2021.05.044
163. Stefanelli G, Pirro F, Gabbieri D, Bellisario A, Weltert L. Long-term Outcomes of Stentless Bio-bentall vs. David Reimplantation or Aortic Root Dilatation and Aortic Valve Pathology. *Structural Heart.* 2021. 5(1): 64-64. doi: 10.1080/24748706.2021.1900696
164. Yamabe T, Zhao Y, Kurlansky PA, Nitta S, Borger MA, George I et al. 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. doi: 10.1093/ejcts/ezaa389.
165. Esaki J, Leshnower BG, Binongo JN, Lasanajak Y, McPherson L, Halkos ME et al. 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. doi: 10.1016/j.athoracsur.2016.09.055.

166. Reineke DC, Kaya A, Heinisch PP, Oezdemir B, Winkler B, Huber C et al. Long-term follow-up after implantation of the Shelhigh® No-React® complete biological aortic valved conduit. *Eur J Cardiothorac Surg.* 2016; 50(1):98-104. doi: 10.1093/ejcts/ezv452.
167. Sahin A, Müggler O, Sromicki J, Caliskan E, Reser D, Emmert MY et al. 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. doi: 10.1093/ejcts/ezw167.
168. Miller DC. Valve-sparing aortic root replacement in patients with the Marfan syndrome. *J Thorac Cardiovasc Surg.* 2003;125(4):773-8. doi: 10.1067/mtc.2003.162.
169. David T. Tirone on Tirone David operation and types. *Gen Thorac Cardiovasc Surg.* 2019;67(1):66-69. doi: 10.1007/s11748-017-0819-4.
170. Tian D, Rahnavardi M, Yan TD. Aortic valve sparing operations in aortic root aneurysms: remodeling or reimplantation? *Ann Cardiothorac Surg.* 2013;2(1):44-52. doi:10.3978/j.issn.2225-319X.2013.01.14
171. Zhou Z, Liang M, Huang S, Wu Z. Reimplantation versus remodeling in valve-sparing surgery for aortic root aneurysms: a meta-analysis. *J Thorac Dis.* 2020;12(9):4742-4753. doi: 10.21037/jtd-20-1407.
172. Toh S, Ang J, George J, Jayawardena O, Mahbub S, Harky A. Outcomes in techniques of valve sparing aortic root replacement: A systematic review and meta-analysis. *J Card Surg.* 2021;36(1):178-187. doi: 10.1111/jocs.15132.
173. Svensson LG, Batizy LH, Blackstone EH, Gillinov AM, Moon MC, D'Agostino RS et al. Results of matching valve and root repair to aortic valve and root pathology. *J Thorac Cardiovasc Surg.* 2011;142(6):1491-8.e7. doi: 10.1016/j.jtcvs.2011.04.025.
174. Subramanian S, Leontyev S, Borger MA, Trommer C, Misfeld M, Mohr FW. Valve-sparing root reconstruction does not compromise survival in acute type A aortic dissection. *Ann Thorac Surg.* 2012;94(4):1230-4. doi: 10.1016/j.athoracsur.2012.04.094.
175. Arabkhani B, Mookhoek A, Di Centa I, Lansac E, Bekkers JA, De Lind Van Wijngaarden R et al. Reported Outcome After Valve-Sparing Aortic Root Replacement for Aortic Root Aneurysm: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Ann Thorac Surg.* 2015;100(3):1126-31. doi: 10.1016/j.athoracsur.2015.05.093.
176. Klotz S, Stock S, Sievers HH, Diwokoy M, Petersen M, Stierle U et al. Survival and reoperation pattern after 20 years of experience with aortic valve-sparing root replacement in patients with tricuspid and bicuspid valves. *J Thorac Cardiovasc Surg.* 2018;155(4):1403-1411.e1. doi: 10.1016/j.jtcvs.2017.12.039.
177. Sasaki K, Kuniyama T, Kasegawa H, Seki M, Seki H, Takada J et al. Aortic root geometry following valve-sparing root replacement with reimplantation or remodeling: experimental investigation under static continuous pressure. *J Artif Organs.* 2021;24(2):245-253. doi: 10.1007/s10047-020-01242-4.

178. Yang B, Patel HJ, Sorek C, Hornsby WE, Wu X, Ward S et al Sixteen-Year Experience of David and Bentall Procedures in Acute Type A Aortic Dissection. *Ann Thorac Surg.* 2018;105(3):779-784. doi: 10.1016/j.athoracsur.2017.09.029.
179. Mosbahi S, Stak D, Gravestock I, Burgstaller JM, Steurer J, Eckstein F et al. A systemic review and meta-analysis: Bentall versus David procedure in acute type A aortic dissection. *Eur J Cardiothorac Surg.* 2019;55(2):201-209. doi: 10.1093/ejcts/ezy266.
180. Price J, Magruder JT, Young A, Grimm JC, Patel ND, Alejo D et al. Long-term outcomes of aortic root operations for Marfan syndrome: A comparison of Bentall versus aortic valve-sparing procedures. *J Thorac Cardiovasc Surg.* 2016;151(2):330-6. doi: 10.1016/j.jtcvs.2015.10.068.
181. Patel ND, Weiss ES, Alejo DE, Nwakanma LU, Williams JA, Dietz HC et al. Aortic root operations for Marfan syndrome: a comparison of the Bentall and valve-sparing procedures. *Ann Thorac Surg.* 2008;85(6):2003-10; discussion 2010-1. doi: 10.1016/j.athoracsur.2008.01.032.
182. Burgstaller JM, Held U, Mosbahi S, Stak D, Steurer J, Eckstein F et al. A systemic review and meta-analysis: long-term results of the Bentall versus the David procedure in patients with Marfan syndrome. *Eur J Cardiothorac Surg.* 2018; 54(3):411-419. doi: 10.1093/ejcts/ezy158.
183. Bernhardt AM, Treede H, Rybczynski M, Sheikzadeh S, Kersten JF, Meinertz T et al. Comparison of aortic root replacement in patients with Marfan syndrome. *Eur J Cardiothorac Surg.* 2011;40(5):1052-7. doi: 10.1016/j.ejcts.2011.02.018.
184. Flynn CD, Tian DH, Wilson-Smith A, David T, Matalanis G, Misfeld M et al. Systematic review and meta-analysis of surgical outcomes in Marfan patients undergoing aortic root surgery by composite-valve graft or valve sparing root replacement. *Ann Cardiothorac Surg.* 2017;6(6):570-581. doi: 10.21037/acs.2017.11.06.
185. Kuniyama T, Ichihara N, Miyata H, Motomura N, Sasaki K, Matsuhama M et al; Japan Cardiovascular Surgery Database. Valve-sparing root replacement and composite valve graft replacement in patients with aortic regurgitation: From the Japan Cardiovascular Surgery Database. *J Thorac Cardiovasc Surg.* 2019;158(6):1501-1511.e6. doi: 10.1016/j.jtcvs.2019.01.122.
186. Benedetto U, Melina G, Takkenberg JJ, Roscitano A, Angeloni E, Sinatra R. Surgical management of aortic root disease in Marfan syndrome: a systematic review and meta-analysis. *Heart.* 2011;97(12):955-8. doi: 10.1136/hrt.2010.210286.
187. Esaki J, Leshnower BG, Binongo JN, Lasanajak Y, McPherson L, Halkos ME et al. The David V Valve-Sparing Root Replacement Provides Improved Survival Compared With Mechanical Valve-conduits in the Treatment of Young Patients With Aortic Root Pathology. *Ann Thorac Surg.* 2016; 102(5):1522-1530. doi: 10.1016/j.athoracsur.2016.04.091.
188. Rosenblum JM, Leshnower BG, Moon RC, Lasanajak Y, Binongo J, McPherson L et al. Durability and safety of David V valve-sparing root

- replacement in acute type A aortic dissection. *J Thorac Cardiovasc Surg.* 2019;157(1):14-23.e1. doi: 10.1016/j.jtcvs.2018.10.059.
189. Gaudino M, Lau C, Munjal M, Avgerinos D, Girardi LN. Contemporary outcomes of surgery for aortic root aneurysms: A propensity-matched comparison of valve-sparing and composite valve graft replacement. *J Thorac Cardiovasc Surg.* 2015;150(5):1120-9.e1. doi: 10.1016/j.jtcvs.2015.07.015.
 190. Salmasi MY, Theodoulou I, Iyer P, Al-Zubaidy M, Naqvi D, Snober M, Oo A, Athanasiou T. Comparing outcomes between valve-sparing root replacement and the Bentall procedure in proximal aortic aneurysms: systematic review and meta-analysis. *Interact Cardiovasc Thorac Surg.* 2019;29(6):911-922. doi: 10.1093/icvts/ivz211.
 191. Wu J, Huang Y, Qiu J, Saeed B, Yu C. Is valve-sparing root replacement a safe option in acute type A aortic dissection? A systematic review and meta-analysis. *Interact Cardiovasc Thorac Surg.* 2019;29(5):766-775. doi: 10.1093/icvts/ivz180.
 192. David TE. Bicuspid aortic valve with aortic aneurysms. *J Thorac Cardiovasc Surg.* 2018;156(2):467-468. doi: 10.1016/j.jtcvs.2017.11.010.
 193. David TE. Aortic Valve Sparing in Different Aortic Valve and Aortic Root Conditions. *J Am Coll Cardiol.* 2016;68(6):654-664. doi: 10.1016/j.jacc.2016.04.062.
 194. Settepani F, Cappai A, Raffa GM, Basciu A, Barbone A, Berwick D et al. Cusp repair during aortic valve-sparing operation: technical aspects and impact on results. *J Cardiovasc Med (Hagerstown).* 2015;16(4):310-7. doi: 10.2459/JCM.0000000000000031.
 195. de Kerchove L, Boodhwani M, Glineur D, Vandyck M, Vanoverschelde JL, Noirhomme P et al. Valve sparing-root replacement with the reimplantation technique to increase the durability of bicuspid aortic valve repair. *J Thorac Cardiovasc Surg.* 2011;142(6):1430-8. doi: 10.1016/j.jtcvs.2011.08.021.
 196. Bavaria JE, Desai N, Szeto WY, Komlo C, Rhode T, Wallen T et al. 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):S22-8. doi: 10.1016/j.jtcvs.2014.10.103.
 197. Baumbach H, Wachter K, Nagib R, Ahad S, Yadav R, Ursulescu A et al. Complex Cusp Repair in Patients Undergoing the David Procedure: Is It Worth It? *Ann Thorac Surg.* 2016;102(2):483-8. doi: 10.1016/j.athoracsur.2016.01.094.
 198. Liebrich M, Kruszynski MK, Roser D, Meisner C, Doll KN, Hemmer WB et al. The David procedure in different valve pathologies: a single-center experience in 236 patients. *Ann Thorac Surg.* 2013;95(1):71-6. doi: 10.1016/j.athoracsur.2012.08.010.
 199. Beckmann E, Martens A, Krüger H, Korte W, Kaufeld T, Stettinger A et al. 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. doi: 10.1093/ejcts/ezaa083.

200. Karciauskas D, Mizariene V, Jakuska P, Ereminiene E, Orda P, Ordiene R et al. 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. doi: 10.1177/0267659119831926.
201. Liebrich M, Charitos E, Stadler C, Roser D, Merk DR, Doll N et al. Additional cusp reconstruction does not compromise valve durability and mid-term survival after the David procedure: results from 449 patients. *Eur J Cardiothorac Surg*. 2020;58(5):1072-1079. doi: 10.1093/ejcts/ezaa149.
202. Ouzounian M, Feindel CM, Manlihot C, David C, David TE. Valve-sparing root replacement in patients with bicuspid versus tricuspid aortic valves. *J Thorac Cardiovasc Surg*. 2019;158(1):1-9. doi: 10.1016/j.jtcvs.2018.10.151.
203. Lau C, Wingo M, Rahouma M, Ivascu N, Iannacone E, Kamel M et al. Valve-sparing root replacement in patients with bicuspid aortopathy: An analysis of cusp repair strategy and valve durability. *J Thorac Cardiovasc Surg*. 2021;161(2):469-478. doi: 10.1016/j.jtcvs.2019.10.048.
204. Vallabhajosyula P, Szeto WY, Habertheuer A, Komlo C, Milewski RK, McCarthy F et al. Bicuspid Aortic Insufficiency With Aortic Root Aneurysm: Root Reimplantation Versus Bentall Root Replacement. *Ann Thorac Surg*. 2016;102(4):1221-8. doi: 10.1016/j.athoracsur.2016.03.087.
205. Kalra K, Chen EP. Commentary: To repair or not repair-that is the question. *J Thorac Cardiovasc Surg*. 2021;161(2):480-481. doi: 10.1016/j.jtcvs.2019.10.189.
206. Chauvette V, El-Hamamsy I. Invited Commentary. *Ann Thorac Surg*. 2020;109(3):735-736. doi: 10.1016/j.athoracsur.2019.08.073.
207. Karliova I, Schneider U, Ehrlich T, Schäfers HJ. Results of Pericardial Patches in Tricuspid and Bicuspid Aortic Cusp Repair. *Ann Thorac Surg*. 2020;109(3):728-735. doi: 10.1016/j.athoracsur.2019.07.025.
208. Hess PJ Jr, Klodell CT, Beaver TM, Martin TD. The Florida sleeve: a new technique for aortic root remodeling with preservation of the aortic valve and sinuses. *Ann Thorac Surg*. 2005;80(2):748-50. doi: 10.1016/j.athoracsur.2004.02.092.
209. Hess PJ Jr, Harman PK, Klodell CT, Beaver TM, Bologna MT, Mikhail P et al. Early outcomes using the Florida sleeve repair for correction of aortic insufficiency due to root aneurysms. *Ann Thorac Surg*. 2009;87(4):1161-8; discussion 1168-9. doi: 10.1016/j.athoracsur.2009.01.016.
210. Tasca G, Jaworek M, Lucherini F, Trinca F, Redaelli P, Antona C et al. Leaflet kinematics after the Yacoub and Florida-sleeve operations: results of an in vitro study. *Eur J Cardiothorac Surg*. 2021;59(3):674-679. doi: 10.1093/ejcts/ezaa370.
211. Gamba A, Tasca G, Giannico F, Lobiati E, Skouse D, Galanti A et al. Early and medium term results of the sleeve valve-sparing procedure for aortic root ectasia. *Ann Thorac Surg*. 2015; 99(4):1228-33. doi: 10.1016/j.athoracsur.2014.10.044
212. Khvan DS, Sirota DA, Zhul'kov MO, Liashenko MM, Cherniavskiï AM. Remote results of Florida Sleeve technique in patients with ascending aortic

- aneurysms and aortic insufficiency. *Angiol Sosud Khir.* 2020;26(4):108-118. English, Russian. doi: 10.33529/ANGIO2020411.
213. Aalaei-Andabili SH, Martin TD, Hess PJ, Karimi A, Bavry AA, Arnaoutakis GJ et al. The Florida Sleeve Procedure Is Durable and Improves Aortic Valve Function. *Aorta (Stamford).* 2019;7(2):49-55. doi: 10.1055/s-0039-1687854.
214. Aalaei-Andabili SH, Martin T, Hess P, Klodell C, Karimi A, Arnaoutakis G et al. Florida Sleeve Procedure Is Durable and Improves Aortic Valve Function in Marfan Syndrome Patients. *Ann Thorac Surg.* 2017;104(3):834-839. doi: 10.1016/j.athoracsur.2017.01.044.
215. Alhussaini M, Jeng EI, Martin TD, Fillion A, Beaver TM, Arnaoutakis GJ. Florida sleeve is a safe and effective technique for valve salvage in acute stanford type A aortic dissection. *J Card Surg.* 2022;37(1):39-46. doi: 10.1111/jocs.16078.
216. Lansac E, Di Centa I, Sleilaty G, Lejeune S, Berrebi A, Zacek P et al. Remodeling root repair with an external aortic ring annuloplasty. *J Thorac Cardiovasc Surg.* 2017;153(5):1033-1042. doi: 10.1016/j.jtcvs.2016.12.031.
217. Zakkar M, Bruno VD, Zacek P, Di Centa I, Acar C, Khelil N et al. Isolated aortic insufficiency valve repair with external ring annuloplasty: a standardized approach. *Eur J Cardiothorac Surg.* 2020 Feb 1;57(2):308-316. doi: 10.1093/ejcts/ezz193.
218. Kato Y, Sasaki K, Yamauchi H, Kanno Y, Jinno T, Yamada M et al. Aortic root remodelling with external ring annuloplasty in acute type A aortic dissection. *Interact Cardiovasc Thorac Surg.* 2020;30(1):85-90. doi: 10.1093/icvts/ivz227.
219. Carlotta B, Zakkar M, Zacek P, Palladino M, Lansac E. Bicuspid aortic valve repair with hemi-remodeling technique and external ring annuloplasty. *J Card Surg.* 2020;35(1):146-150. doi: 10.1111/jocs.14334.
220. Federspiel JM, Ehrlich T, Abeln K, Schäfers HJ. Aortic annuloplasty: Subcommissural, intra-annular suture techniques, external and internal rings. *JTCVS Tech.* 2021;7:98-102. doi: 10.1016/j.xjtc.2020.12.044.
221. Jahanyar J, de Kerchove L, Munoz D, El Khoury G. Twenty-year follow-up after valve-sparing aortic root replacement with the Yacoub or David procedure in Marfan patients. *JTCVS.* 2021;7: 47-49. Doi:10.1016/j.xjon.2021.07.013
222. Lenoir M, Maesen B, Stevens LM, Cartier R, Demers P, Poirier N, Tusch M, El-Hamamsy I. Reimplantation versus remodelling with ring annuloplasty: comparison of mid-term outcomes after valve-sparing aortic root replacement. *Eur J Cardiothorac Surg.* 2018;54(1):48-54. doi: 10.1093/ejcts/ezy016.
223. Kouchoukos NT, Masetti P, Nickerson NJ, Castner CF, Shannon WD, Dávila-Román VG. The Ross procedure: long-term clinical and echocardiographic follow-up. *Ann Thorac Surg.* 2004;78(3):773-81; discussion 773-81. doi: 10.1016/j.athoracsur.2004.02.033.21
224. Luciani GB, Casali G, Favaro A, Prioli MA, Barozzi L, Santini F et al. Fate of the aortic root late after Ross operation. *Circulation.* 2003;108 Suppl 1:II61-7. doi: 10.1161/01.cir.0000089183.92233.75.

225. 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;181-4. doi: 10.1053/j.pcsu.2005.01.022.
226. 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. doi:10.21037/jtd.2019.09.53
227. Karaskov AM, Bogachev-Prokofiev AV, Sharifulin RM, Demin II, Zheleznev SI, Open AB et al. Outcomes of the Ross procedure in patients with an accompanying ascending aortic aneurysm. *Angiol Sosud Khir.* 2016;22(1):142-58.
228. Brown JW, Ruzmetov M, Shahriari AP, Rodefild MD, Mahomed Y, Turrentine MW. Modification of the Ross aortic valve replacement to prevent late autograft dilatation. *Eur J Cardiothorac Surg.* 2010;37(5):1002-7. doi: 10.1016/j.ejcts.2009.12.012.
229. Leyh RG, 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):116-9. doi: 10.1016/S1569-9293(02)00116-0.
230. Juthier F, Banfi C, Vincentelli A, Ennezat PV, 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):1420-3. doi: 10.1016/j.jtcvs.2010.01.032.
231. Andreas M, Seebacher G, Reida E, Wiedemann D, Pees C, Rosenhek R et al. A single-center experience with the ross procedure over 20 years. *Ann Thorac Surg.* 2014; 97(1):182-8. doi: 10.1016/j.athoracsur.2013.08.020.
232. Leeds H, Ashfaq A, McGrath L, Dewey EN, Ungerleider RM, Shen I et al. Short- and Mid-Term Autograft Outcomes Following the Reinforced Ross Operation. *World J Pediatr Congenit Heart Surg.* 2022;13(1):38-45. doi: 10.1177/21501351211061086.
233. David TE, David C, Woo A, Manlhiot C. The Ross procedure: outcomes at 20 years. *J Thorac Cardiovasc Surg.* 2014;147(1):85-93. doi: 10.1016/j.jtcvs.2013.08.007.
234. Kouchoukos NT. Aortic allografts and pulmonary autografts for replacement of the aortic valve and aortic root. *Ann Thorac Surg.* 1999;67(6):1846-8; doi: 10.1016/s0003-4975(99)00443-9.
235. Ootaki Y, Walsh MJ, Shen I, Ungerleider RM. Ross procedure for patient with Marfan syndrome. *Ann Thorac Surg.* 2014; 97(6):2186-8. doi: 10.1016/j.athoracsur.2013.09.021.
236. Ross DN. Surgical reconstruction of the aortic valve. *Lancet.* 1963;1(7281):571-4. doi: 10.1016/s0140-6736(63)92687-4.
237. Комаров Р. Н., Симонян А. О., Борисов И. А., Далинин В. В., Исмаилбаев А. М., Курасов Н. О. и др. История применения аутологичных материалов в хирургии аортального клапана. *Патология*

- кровообращения и кардиохирургия. 2021;25(3):106-115.
<http://dx.doi.org/10.21688/1681-3472-2021-3-106-115>
238. Duran CM, Gometza B, Kumar N, Gallo R, Martin-Duran R. Aortic valve replacement with freehand autologous pericardium. *J Thorac Cardiovasc Surg.* 1995;110(2):511-6. doi: 10.1016/S0022-5223(95)70248-2.
239. Ozaki S, Kawase I, Yamashita H, Uchida S, Nozawa Y, Matsuyama T et al. Aortic valve reconstruction using self-developed aortic valve plasty system in aortic valve disease. *Interact Cardiovasc Thorac Surg.* 2011;12(4):550-3. doi: 10.1510/icvts.2010.253682.
240. 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. doi:10.5606/tgkdc.dergisi.2019.01904
241. Reuthebuch O, Koechlin L, Schurr U, Grapow M, Fassl J, Eckstein FS. Aortic valve replacement using autologous pericardium: single centre experience with the Ozaki technique. *Swiss Med Wkly.* 2018;148:w14591. doi: 10.4414/smw.2018.
242. Ngo HT, Nguyen HC, Nguyen TT, Le TN, Camilleri L, Doan HQ. Reconstruction of aortic valve by autologous pericardium (Ozaki's procedure): Single center experience in Vietnam. *Asian Cardiovasc Thorac Ann.* 2021;29(5):394-399. doi: 10.1177/0218492320981468.
243. Pirola S, Mastroiacovo G, Arlati FG, 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. doi: 10.1016/j.athoracsur.2020.08.039.
244. Чернов И.И., Энгиноев С.Т., Комаров Р.Н., Тарасов Д.Г., Синельников Ю.С., Марченко А.В. и др. Трехлетние результаты операции Озаки у пациентов 65 лет и старше: многоцентровое исследование. *Патология кровообращения и кардиохирургия.* 2021;25(4):53-63.
<http://dx.doi.org/10.21688/1681-3472-2021-4-53-63>
245. Polito A, Albanese S, Cetrano E, Forcina S, Cicienia M, Rinelli G et al. Aortic Valve Neocuspidalization May Be a Viable Alternative to Ross Operation in Pediatric Patients. *Pediatr Cardiol.* 2021:1-8. doi: 10.1007/s00246-020-02528-3.
246. Seese L, Yoon P, Morell VO, Chu D. Aortic Root Replacement with Autologous Pericardium Valved Conduit. *Ann Thorac Surg.* 2021:S0003-4975(21)00844-4. doi: 10.1016/j.athoracsur.2021.04.076.
247. Beckmann E, Leone A, Martens A, Mariani C, Krueger H, Cebotari S et al. Comparison of Two Strategies for Aortic Valve-Sparing Root Replacement. *Ann Thorac Surg.* 2020;109(2):505-511. doi: 10.1016/j.athoracsur.2019.07.006.
248. Gaudino M, Piatti F, Lau C, Sturla F, Weinsaft JW, Weltert L et al. Aortic flow after valve sparing root replacement with or without neosinuses reconstruction. *J Thorac Cardiovasc Surg.* 2019;157(2):455-465. doi: 10.1016/j.jtcvs.2018.06.094.

249. Paulsen MJ, Kasinpila P, Imbrie-Moore AM, Wang H, Hironaka CE, Koyano TK et al. Modeling conduit choice for valve-sparing aortic root replacement on biomechanics with a 3-dimensional-printed heart simulator. *J Thorac Cardiovasc Surg.* 2019;158(2):392-403. doi: 10.1016/j.jtcvs.2018.10.145.
250. Galea N, Piatti F, Sturla F, Weinsaft JW, Lau C, Chirichilli I et al; Cornell International Consortium for Aortic Surgery (CICAS). Novel insights by 4D Flow imaging on aortic flow physiology after valve-sparing root replacement with or without neosinuses. *Interact Cardiovasc Thorac Surg.* 2018;26(6):957-964. doi: 10.1093/icvts/ivx431.
251. Oechtering TH, Hons CF, Sieren M, Hunold P, Hennemuth A, Huellebrand M et al. 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. doi: 10.1016/j.jtcvs.2016.04.029.
252. Sieren MM, Schultz V, Fujita B, Wegner F, Huellebrand M, Scharfschwerdt M et al. 4D flow CMR analysis comparing patients with anatomically shaped aortic sinus prostheses, tube prostheses and healthy subjects introducing the wall shear stress gradient: a case control study. *J Cardiovasc Magn Reson.* 2020; 22(1):59. doi: 10.1186/s12968-020-00653-9.
253. Gaudino M, Weltert L, Munjal M, Lau C, Elsayed M, Salica A et al; Cornell International Consortium for Aortic Surgery (CICAS). Early clinical outcome after aortic root replacement using a biological composite valved graft with and without neo-sinuses. *Eur J Cardiothorac Surg.* 2017;51(2):316-321. doi: 10.1093/ejcts/ezw253.
254. Ando M, Yamauchi H, Morota T, Taketani T, Shimada S, Nawata K et al. Long-term outcome after the original and simple modified technique of valve-sparing aortic root reimplantation in Marfan-based population, David V University of Tokyo modification. *J Cardiol.* 2016;67(1):86-91. doi: 10.1016/j.jjcc.2015.03.014.
255. Collins JD, Semaan E, Barker A, McCarthy PM, Carr JC, Markl M et al. Comparison of Hemodynamics After Aortic Root Replacement Using Valve-Sparing or Bioprosthetic Valved Conduit. *Ann Thorac Surg.* 2015;100(5):1556-62. doi: 10.1016/j.athoracsur.2015.04.109.
256. David TE. Aortic valve haemodynamics after aortic valve-sparing operations. *Eur J Cardiothorac Surg.* 2012;41(4):788-9. doi: 10.1093/ejcts/ezr119.
257. Aybek T, Sotiriou M, Wöhleke T, Miskovic A, Simon A, Doss M et al. Valve opening and closing dynamics after different aortic valve-sparing operations. *J Heart Valve Dis.* 2005;14(1):114-20. PMID: 15700445.
258. De Paulis R, De Matteis GM, Nardi P, Scaffa R, Buratta MM, Chiariello L. Opening and closing characteristics of the aortic valve after valve-sparing procedures using a new aortic root conduit. *Ann Thorac Surg.* 2001;72(2):487-94. doi: 10.1016/s0003-4975(01)02747-3.

259. D'Ancona G, Ciofalo R, Biondo D, Follis M, Follis F. Midterm follow-up dynamic echocardiography evaluation after ascending aorta replacement and reimplantation of the aortic valve (David operation) in a matched control study. *Eur J Cardiothorac Surg.* 2012;41(4):785-8. doi: 10.1093/ejcts/ezr114.
260. Kari FA, Doll KN, Hemmer W, Liebrich M, Sievers HH, Richardt D et al. Residual and Progressive Aortic Regurgitation After Valve-Sparing Root Replacement: A Propensity-Matched Multi-Institutional Analysis in 764 Patients. *Ann Thorac Surg.* 2016;101(4):1500-6. doi: 10.1016/j.athoracsur.2015.10.002.
261. Esaki J, Leshnower BG, Binongo JN, Lasanajak Y, McPherson L, Guyton RA et al. Risk Factors for Late Aortic Valve Dysfunction After the David V Valve-Sparing Root Replacement. *Ann Thorac Surg.* 2017;104(5):1479-1487. doi: 10.1016/j.athoracsur.2017.04.005.
262. Habertheur A, Milewski RK, Bavaria JE, Siki M, Freas M, Desai N et al. Predictors of Recurrent Aortic Insufficiency in Type I Bicuspid Aortic Valve Repair. *Ann Thorac Surg.* 2018 Nov;106(5):1316-1324. doi: 10.1016/j.athoracsur.2018.06.026.
263. Van Dyck M, Glineur D, de Kerchove L, El Khoury G. Complications after aortic valve repair and valve-sparing procedures. *Ann Cardiothorac Surg.* 2013;2(1):130-9. doi: 10.3978/j.issn.2225-319X.2012.12.03.
264. Karciauskas D, Mizariene V, Jakuska P, Ereminiene E, Vaskelyte JJ, Nedzelskiene I et al. Long-term outcomes and predictors of recurrent aortic regurgitation after aortic valve-sparing and reconstructive cusp surgery: a single centre experience. *J Cardiothorac Surg.* 2019;14(1):194. doi: 10.1186/s13019-019-1019-3.
265. Miyahara S, Omura A, Sakamoto T, Nomura Y, Inoue T, Minami H et al. Impact of postoperative cusp configuration on midterm durability after aortic root reimplantation. *J Heart Valve Dis.* 2013;22(4):509-16. PMID: 24224413.
266. Комаров Р.Н., Катков А.И., Чернов И.И., Каравайкин П.А., Курасов Н.О. СПОСОБ ПРОТЕЗИРОВАНИЯ ВСЕХ СТРУКТУР КОРНЯ АОРТЫ. Патент на изобретение 2734748 С2, 22.10.2020. Заявка № 2018131706 от 04.09.2018.
267. The Criteria Committee of the New York Heart Association . Nomenclature and Criteria for Diagnosis of Diseases of the Heart and Great Vessels. 9th ed Little, Brown & Co; Boston, Mass: 1994: 253–256.
268. Crawford MH, Bernstein SJ, Deedwania PC et al. ACC/AHA guidelines for ambulatory electrocardiography: a report of the American College of Cardiology/ American Heart Association Task Force on Practice Guidelines (Committee to Revise the Guidelines for Ambulatory Electrocardiography). *J Am Coll Cardiol* 1999; 34: 912–48
269. Lancellotti P, Tribouilloy C, Hagendorff A, Moura L, Popescu BA, Agricola E et al; European Association of Echocardiography. European Association of Echocardiography recommendations for the assessment of valvular regurgitation. Part 1: aortic and pulmonary regurgitation (native valve disease). *Eur J Echocardiogr.* 2010;11(3):223-44. doi: 10.1093/ejechocard/jeq030.

270. Cheitlin MD, Armstrong WF, Aurigemma GP, Beller GA, Bierman FZ, Davis JL et al. ACC/AHA/ASE 2003 guideline update for the clinical application of echocardiography--summary article: a report of the American College of Cardiology/American Heart Association Task Force on Practice Guidelines (ACC/AHA/ASE Committee to Update the 1997 Guidelines for the Clinical Application of Echocardiography). *J Am Coll Cardiol.* 2003;42(5):954-70. doi: 10.1016/s0735-1097(03)01065-9.
271. Бокерия Л.А., Белал Г. Методы эхокардиографической оценки гемодинамики аортального клапана после протезирования: методы и предостережения. *Креативная кардиология.* 2012; 6(1): 73-79. https://cardiologyjournal.com/catalog/detail.php?SECTION_ID=966&ID=17711
272. Nishimura RA, Otto CM, Bonow RO, Carabello BA, Erwin JP 3rd, Guyton RA et al; ACC/AHA Task Force Members. 2014 AHA/ACC Guideline for the Management of Patients With Valvular Heart Disease: a report of the American College of Cardiology/American Heart Association Task Force on Practice Guidelines. *Circulation.* 2014;129(23):e521-643. doi: 10.1161/CIR.0000000000000031
273. Joint Task Force on the Management of Valvular Heart Disease of the European Society of Cardiology (ESC); European Association for Cardio-Thoracic Surgery (EACTS), Vahanian A, Alfieri O, Andreotti F, Antunes MJ, Barón-Esquivias G, Baumgartner H et al. Guidelines on the management of valvular heart disease (version 2012). *Eur Heart J.* 2012;33(19):2451-96. doi: 10.1093/eurheartj/ehs109.
274. Schill MR, Kachroo P. Surgical options for aortic root aneurysm disease: which procedure, which patient. *Curr Opin Cardiol.* 2021;36(6):683-688. doi: 10.1097/HCO.0000000000000902.
275. Della Corte A, Romano G, Tizzano F, Amarelli C, De Santo LS, De Feo M et al. Echocardiographic anatomy of ascending aorta dilatation: correlations with aortic valve morphology and function. *Int J Cardiol.* 2006; 113(3):320-6. doi: 10.1016/j.ijcard.2005.11.043.
276. McMurray JJ, Adamopoulos S, Anker SD, Auricchio A, Böhm M, Dickstein K et al; Task Force for the Diagnosis and Treatment of Acute and Chronic Heart Failure 2012 of the European Society of Cardiology, Bax JJ, Baumgartner H, Ceconi C, Dean V, Deaton C, Fagard R et al; ESC Committee for Practice Guidelines. ESC guidelines for the diagnosis and treatment of acute and chronic heart failure 2012: The Task Force for the Diagnosis and Treatment of Acute and Chronic Heart Failure 2012 of the European Society of Cardiology. Developed in collaboration with the Heart Failure Association (HFA) of the ESC. *Eur J Heart Fail.* 2012;14(8):803-69. doi: 10.1093/eurjhf/hfs105. Erratum in: *Eur J Heart Fail.* 2013 Mar;15(3):361-2.
277. Boudoulas KD, Wolfe B, Ravi Y, Lilly S, Nagaraja HN, Sai-Sudhakar CB. The aortic stenosis complex: aortic valve, atherosclerosis, aortopathy. *J Cardiol.* 2015;65(5):377-82. doi: 10.1016/j.jjcc.2014.12.021.

278. Merin O, Ilan M, Oren A, Fink D, Deeb M, Bitran D et al. Permanent pacemaker implantation following cardiac surgery: indications and long-term follow-up. *Pacing Clin Electrophysiol*. 2009;32(1):7-12. doi: 10.1111/j.1540-8159.2009.02170.x.
279. Al Halees Z, Al Shahid M, Al Sanei A, Sallehuddin A, Duran C. Up to 16 years follow-up of aortic valve reconstruction with pericardium: a stentless readily available cheap valve? *Eur J Cardiothorac Surg*. 2005;28(2):200-5; discussion 205. doi: 10.1016/j.ejcts.2005.04.041.