



УДК 616.132-007.64

DOI 10.17802/2306-1278-2022-11-4S-182-193

## РЕМОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОТИВ РЕИМПЛАНТАЦИИ В ХИРУРГИИ КОРНЯ АОРТЫ: СРАВНИТЕЛЬНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ И ФАКТОРЫ РИСКА АОРТАЛЬНОЙ НЕДОСТАТОЧНОСТИ

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

Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования Первый Московский государственный медицинский университет имени И.М. Сеченова Министерства здравоохранения Российской Федерации (Сеченовский Университет), ул. Трубецкая, 8, стр. 2, Москва, Российская Федерация, 119991

### Основные положения

- Основными методами клапаносохраняющей хирургии корня аорты являются реимплантация и ремоделирование.
- Анализ литературы демонстрирует либо относительную идентичность клинических исходов реимплантации и ремоделирования, либо преимущество реимплантации в отношении отдаленных результатов.

### Резюме

В последние десятилетия разработаны и внедрены в широкую практику клапаносохраняющие методики протезирования корня аорты, включая реимплантацию и ремоделирование, а также их модификации. Эффективность и долговечность этих двух подходов служит предметом бурных обсуждений в современном кардиохирургическом сообществе. Накопленный за три десятилетия глобальный опыт выполнения процедур ремоделирования и реимплантации позволяет провести всесторонний обзор результатов этих подходов. Представленный обзор литературы посвящен сравнению хирургических аспектов и клинических исходов методик реимплантации и ремоделирования, анализу целесообразности восстановления физиологической архитектоники корня аорты при клапаносберегающих операциях с использованием Вальсальва-графтов, а также оценке факторов риска резидуальной аортальной недостаточности после таких вмешательств. Стратегия поиска включила анализ международных баз данных (PubMed, Scopus, Embase) по следующим ключевым словам: reimplantation versus remodeling for aortic root valve-sparing procedures, David procedure versus Yacoub procedure, Valsalva graft for aortic root valve-sparing procedures, Valve-sparing aortic root repair with an anatomically shaped sinus prosthesis. Анализ литературы демонстрирует либо относительную идентичность ранних и отдаленных результатов реимплантации и ремоделирования, либо преимущество реимплантации в отношении свободы от поздней летальности и резидуальной аортальной недостаточности. Сохранение физиологичности корня аорты путем имплантации Вальсальва-графтов или ремоделирования обеспечивает лучшую гемодинамику и снижает напряжение на створки, однако эти постулаты идут вразрез с данными клинических исследований, посвященных анализу послеоперационных исходов и демонстрирующих отсутствие преимущества Вальсальва-графтов над линейными протезами в отношении свободы от реопераций на аортальном клапане. Остаточная послеоперационная регургитация легкой степени, эффективная высота ниже 9 мм и дополнительные вмешательства на створках являются достоверными факторами значимой аортальной недостаточности в отдаленном периоде после клапаносохраняющих операций на корне аорты.

### Ключевые слова

Корень аорты • Реимплантация • Ремоделирование • Резидуальная аортальная недостаточность • Факторы риска

Поступила в редакцию: 15.07.2022; поступила после доработки: 23.08.2022; принята к печати: 09.09.2022

Для корреспонденции: Алишер Маккамджанович Исмаилбаев, alisher77786@bk.ru; адрес: ул. Трубецкая, 8, стр. 2, Москва, Российская Федерация, 119991

Corresponding author: Alisher M. Ismailbaev, alisher77786@bk.ru; address: 8-2 Trubetskaya St., Moscow, Russian Federation, 119991

**REMODELING VERSUS REIMPLANTATION IN AORTIC ROOT SURGERY – COMPARATIVE RESULTS AND RISK FACTORS FOR AORTIC INSUFFICIENCY****R.N. Komarov, A.M. Ismailbaev, A.N. Dzyundzya, S.V. Chernyavskii, S.S. Badalyan, A.O. Danachev, O.O. Ognev***Federal State Autonomous Educational Institution of Higher Education I.M. Sechenov First Moscow State Medical University of the Ministry of Health of the Russian Federation (Sechenov University), 8-2 Trubetskaya St., Moscow, Russian Federation, 119991***Highlights**

- The main approaches to the aortic root valve-sparing surgery of are reimplantation and remodeling;
- The literature review demonstrates either the relative identity of the reimplantation and remodeling clinical outcomes, or the advantage of reimplantation in relation to long-term results.

**Abstract**

In recent decades, valve-sparing methods of aortic root replacement, including reimplantation and remodeling, as well as their modifications, have been developed and put into widespread practice. The effectiveness and durability of these two approaches is the subject of discussions in the modern cardiac surgery community. The global experience in performing remodeling and reimplantation procedures allows for a comprehensive literature review to compare the results of these approaches. The presented review is devoted to the comparison of surgical aspects and clinical outcomes of reimplantation and remodeling techniques, the analysis of the feasibility of restoring the physiological architectonics of the aortic root in valve-sparing operations using Valsalva grafts, as well as the assessment of risk factors for residual aortic insufficiency after such interventions. The search strategy included the analysis of international (PubMed, Scopus, Embase) databases for the following keywords: “reimplantation versus remodeling for aortic root valve-sparing procedures”, “David procedure versus Yacoub procedure”, “Valsalva graft for aortic root valve-sparing procedures”, “Valve-sparing aortic root repair with an anatomically shaped sinus prosthesis”. Literature analysis demonstrates either the relative identity of early and long-term results of reimplantation and remodeling procedures, or the advantage of reimplantation in terms of freedom from late mortality and residual aortic insufficiency. Preservation of the physiology of the aortic root by implantation of Valsalva grafts or remodeling provides better hemodynamics and reduces stress on the leaflets, however, these postulates run counter to the data of clinical studies analyzing postoperative outcomes and demonstrating the lack of advantages of Valsalva grafts over linear prostheses in terms of freedom from aortic valve surgery. Residual postoperative regurgitation of a mild degree, a decrease in the effective height below 9 mm and additional interventions on the leaflets are reliable factors of significant aortic insufficiency in the long-term period after valve-sparing operations on the aortic root.

**Keywords**

Aortic root • Reimplantation • Remodeling • Residual aortic insufficiency • Risk factors

*Received: 15.07.2022; received in revised form: 23.08.2022; accepted: 09.09.2022***Список сокращений**

АК	– аортальный клапан	КА	– корень аорты
АН	– аортальная недостаточность	МРТ	– магнитно-резонансная томография
ВОЛЖ	– выводной отдел левого желудочка	ОР	– относительный риск
ДИ	– доверительный интервал	СТС	– синотубулярное соединение
ИК	– искусственное кровообращение	ФК	– фиброзное кольцо

**Введение**

Вопрос выбора оптимального метода хирургического лечения пациентов с аневризмой корня аорты (КА) остается дискуссионным. На протяжении многих лет «золотым стандартом» лечения считалась процедура Бенгалла – Де Боно с имплантацией ком-

позитного графта, содержащего механический протез аортального клапана (АК) [1]. В последние десятилетия разработаны и внедрены в широкую практику клапаносохраняющие методики протезирования КА, включая реимплантацию и ремоделирование, а также их модификации [2–4]. Такие подходы позво-

ляют снизить риск геморрагических и тромбоэмболических осложнений, связанных с антикоагулянтами и механическими клапанами. Методы реимплантации впервые представлены Т. David в 1992 г. [5], а ремоделирования – М. Yacoub в 1983 г. [6]. Реимплантация АК позволяет успешно скорректировать аннулоаортальную эктазию, стабилизировать базальное кольцо и синотубулярное соединение (СТС), тем не менее недостатком данного подхода является невозможность восстановления синуса Вальсальвы, позволяющего фиброзному кольцу (ФК) аорты физиологически двигаться во время сердечного цикла [2]. Напротив, техника ремоделирования, направленная на реконструирование синуса Вальсальвы, подвержена послеоперационной дилатации вентрикулоаортального соединения [7, 8]. Таким образом, накопленный за три десятилетия глобальный опыт выполнения процедур ремоделирования и реимплантации позволяет провести всесторонний анализ результатов этих подходов.

Представленный обзор литературы посвящен сравнению хирургических аспектов и клинических исходов методик реимплантации и ремоделирования, анализу целесообразности восстановления физиологической архитектоники КА при клапаносберегающих операциях с использованием Вальсальва-графтов, а также оценке факторов риска резидуальной аортальной недостаточности (АН) после таких вмешательств. Стратегия поиска включила анализ международных баз данных (PubMed, Scopus, Embase) по следующим ключевым словам: *reimplantation versus remodeling for aortic root valve-sparing procedures, David procedure versus Yacoub procedure, Valsalva graft for aortic root valve-sparing procedures, Valve-sparing aortic root repair with an anatomically shaped sinus prosthesis.*

### **Оригинальная хирургическая техника классических процедур David и Yacoub: сравнение технических аспектов**

В одном из первых отчетов в 1992 г. David и коллеги представили хирургическую технику реимплантации АК у пациентов с аневризмой восходящей аорты [5]. После подключения искусственного кровообращения (ИК), снижения температуры до 32 °С и проведения кардиopleгии выполнена глубокая мобилизация КА. Синусы Вальсальвы вырезаны с оставлением лишь 5–7 мм аортальной стенки и артериальных «кнопок» вокруг устьев коронарных артерий. Непосредственно под АК, через выводной отдел левого желудочка (ВОЛЖ), выведено множество П-образных швов (нить полиэстер 4–0). Данные швы несли корректирующую функцию в отношении аортальной аннулоэктазии. Таким образом, в левой половине ВОЛЖ, где створки АК крепятся к миокарду левого желудочка, швы накладывают непосредственно под местом крепления левой и правой коронарных створок. В правой поло-

вине ВОЛЖ, где створки АК крепятся к фиброзной ткани, швы накладывают в горизонтальной плоскости по нижнему краю крепления створок, не следуя контуру комиссур. Следующим этапом оценена и выравнена 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 рассчитывали как 2/3 от 18 мм, что равно 12 мм. Внутренний диаметр составлял 24 мм, а внешний – от 28 до 30 мм. Для реимплантации АК использован линейный дакроновый протез, пропитанный коллагеном. Диаметр протеза соответствовал расчетному внешнему диаметру вентрикулоаортального соединения. На одном из концов протеза делали три равноудаленные отметки, а в одном из этих участков вырезали зубчатый сегмент для соответствия месту соединения правой и левой коронарных створок. Ранее наложенные П-образные швы пропускали через линейный сосудистый протез. АК помещали внутрь, протез срезали на 2–3 см выше комиссур, которые фиксировали полипропиленовой нитью 4–0. Далее начиная с самого низкого уровня каждой из створок остаток стенки аорты фиксировали к сосудистому протезу непрерывным обвивным полипропиленовым швом.

Хирургическая техника процедуры ремоделирования КА, предложенная Yacoub, подробно описана в публикации М.А. Sarsam и М. Yacoub [6]. После подключения ИК с системным охлаждением до 25° выполняют косую аортотомию, оценивают состояние створок, высоту комиссур, синотубулярный гребень и диаметр отверстия АК. При возможности реконструкции кардиоплегический раствор вводят непосредственно в устья коронарных артерий, а аорту отсекают чуть выше комиссур. Устья коронарных артерий выделяют в виде «пуговиц» с 3-миллиметровой манжетой от окружающей стенки аорты. На верхушки комиссуральных «столбиков» накладывают швы, которые в последующем восстанавливают высоту коаптации. Для ремоделирования используют линейный дакроновый протез, пропитанный коллагеном. Диаметр протеза должен быть равен ФК АК. Основание протеза делится на три точки – а, b и с. Расстояния между этими точками равны диаметру протеза, однако расстояние между а и с, соответствующее некоронарному синусу, немного больше (окружность = диаметр X 3,14). Следует отметить, что данные измерения носят рекомендательный характер. В ранее указанных точках (а, b и с) делают продольные надрезы, глубина которых определяется желаемой высотой комиссур. Устья коронарных артерий реимплантируют по аналогии с процедурой David.

При сравнении методик David и Yacoub стоит остановиться на некоторых важных аспектах. Пер-

вым стратегическим отличием является количество линий швов аорты: два – при операции Yacoub, три – при процедуре David [2]. Одно из предполагаемых преимуществ метода ремоделирования – сосудистый протез «вдувается», имитируя нативные синусы Вальсальвы. Существуют мнение относительно повышения долговечности реконструкции в таких условиях благодаря более естественному движению створок [7]. Тем не менее D.C. Miller в одном из классических обзоров отмечает, что у процедуры Yacoub два краеугольных недостатка: 1) отсутствие фиксации ФК АК (предрасполагает к послеоперационной аннулодилатации и рецидиву регургитации); 2) две линии шва аорты, что повышает риск кровотечений [2]. Следует отметить, что для устранения первого недостатка M. Woodhwan и коллеги предложили обязательное дополнение процедуры Yacoub экстравальвулярной аннулопластикой (по типу процедуры Lansac) [9].

Прежде чем перейти к анализу результатов процедур Yacoub и David, следует остановиться на представленной в литературе классификации операции David [10]. Основные разновидности изложены в табл. 1.

### Сравнение результатов процедур David и Yacoub

D. Tian и коллеги представили результаты крупного метаанализа методик ремоделирования и реимплантации АК, включившего данные 14 статей и 1 338 пациентов [11]. Сравнение проведено между 606 пациентами группы Yacoub и 732 – группы David. Исследуемые группы не отличались ранней послеоперационной летальностью и свободой от тяжелой АН. В когорте David отмечена большая продолжительность ИК и пережатия аорты. Авторы заключили, что, несмотря на сопоставимость ранних послеоперационных результатов, литературные данные свидетельствуют о преимуществе техники David в лечении патологии КА при синдроме Марфана, остром расслоении аорты типа А и выраженной аннулодилатации.

В недавнем метаанализе Z. Zhou и соавт., посвященном сравнению исходов методик реимплантации ( $n = 1\,011$ ) и ремоделирования ( $n = 661$ ), проведен анализ ранней послеоперационной летальности, поздней смертности, свободы от реопераций, связанных с АК, и умеренной/значительной послеоперационной аортальной регургитации [12]. Техника реимплантации оказалась связана со значительно более низким риском поздней смертности (отношение рисков (ОР) 0,34; 95% (доверительный интервал (ДИ) 0,17–0,71;  $p = 0,004$ ; I2 = 37%) и реопераций (ОР 0,31; 95% ДИ 0,12–0,76;  $p = 0,01$ ; I2 = 55%). Статистически достоверной разницы в отношении ранней послеоперационной летальности (ОР 0,69; 95% ДИ 0,31–1,53;  $p = 0,36$ ; I2 = 0%), умеренной и значительной аортальной регургитации (ОР 0,64; 95% ДИ 0,31–1,32;  $p = 0,22$ ; I2 = 36%) или послеоперационного инсульта (ОР 1,26; 95% ДИ 0,58–2,75;  $p = 0,56$ ; I2 = 0%) между двумя группами не выявлено.

Крупный метаанализ исследовательской группы во главе с S. Toh, представленный в 2021 г., продемонстрировал сравнение клинических исходов 1 283 пациентов после реимплантации и 1 150 – после ремоделирования [13]. Аналогично предыдущим исследованиям время ИК и пережатия аорты оказалось выше в группе реимплантации. Анализ раннего послеоперационного периода не показал разницы в частоте инсульта (3% в обеих группах;  $p = 0,54$ ), повторных операциях 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  $\geq 2$  выявлена значительно реже в когорте реимплантации (5 против 8% соответственно;  $p = 0,01$ ). Следует отметить, что ограничением данного метаанализа является более молодая популяция группы реимплантации ( $48 \pm 16$  против  $56 \pm 15$  года соответственно;  $p < 0,00001$ ).

Данные крупных исследований и метаанализов, включающих сравнение методик реимплантации и

**Таблица 1.** Разновидности процедуры David  
**Table 1.** Varieties of the David procedure

Модификация David / David procedure modification	Особенности процедуры / Features of the procedure
David I	Оригинальная процедура реимплантации с использованием линейного сосудистого протеза / Original reimplantation procedure using a linear vascular graft
David II	Классическое ремоделирование по Yacoub / Yacoub's classic remodeling
David III	Ремоделирование с аннулопластикой / Remodeling with annuloplasty
David IV	Реимплантация с использованием протеза диаметром на 4 мм больше ФК АК и складыванием протеза по окружности в области СТС над верхушками комиссур / Reimplantation using a prosthesis with a diameter 4 mm larger than annulus and folding the prosthesis around the circumference in the area of the STJ above the apex of the commissures
David V	Реимплантация с использованием протеза большего диаметра с проведением швов непосредственно под надиром ФК и в промежутках между комиссурами в области СТС / Reimplantation using a larger diameter prosthesis with sutures directly under the nadirs of the annulus and in the intercommissurals areas

**Примечание:** АК – аортальный клапан; СТС – синотубулярное соединение; ФК – фиброзное кольцо.  
**Note:** STJ – sinotubular junction.

ремоделирования, представлены в табл. 2. Следует отметить, что в результате литературного поиска не выявлено ни одного рандомизированного клинического исследования по данной тематике.

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

К. Sasaki и коллеги провели сравнение методик ремоделирования и реимплантации при помощи экспериментальной модели с постоянным статическим давлением [20]. Для эксперимента использованы свиные сердца; в группе ремоделирования выполнено протезирование восходящей аорты с уменьшением диаметра СТС, в группе реимплантации – только протезирование восходящей аорты. Результаты продемонстрировали, что ремоделирование без аннулопластики связано с повышенным риском нестабильности ФК.

#### Послеоперационная гемодинамика корня аорты

Изучение физиологичности гемодинамики в области КА может иметь большое прогностическое значение для клинических исходов различных процедур, в особенности для клапаносберегающих. В этом контексте рассматривают сравнение гемодинамики линейных протезов и протезов с псевдосинусами Вальсальвы, физиологию кровотока после клапаносохраняющих процедур и протезирования, а также гемодинамику после реимплантации и ремоделирования.

В последние годы активно постулируется использование для реимплантации АК кондуитов с воссозданными синусами Вальсальвы [21]. Как отмечено выше, концептуальные преимущества такого подхода включают восстановление нормальной физиологии кровотока в аорте путем воссоздания анатомии нативного синуса. Тем не менее широкое использование линейных протезов при клапаносохраняющих процедурах с хорошими отдаленными результатами может указывать на неоправданность применения графтов с синусами Вальсальвы. В табл. 3 представлены результаты современных клинических и экспериментальных исследований, посвященных сравнению линейных сосудистых протезов с протезами, имеющими синусы Вальсальвы.

Результаты представленных исследований не позволяют сделать однозначный вывод о преимуществе протезов с синусами Вальсальвы над линейными протезами при вмешательствах на КА. Если исследования, посвященные оценке физиологичности кровотока при помощи 4D flow MPT и указывают на лучшую гемодинамику в трансплантатах с синусами, то в единичных клинических и эксперименталь-

ных отчетах какой-либо разницы не выявлено.

J.D. Collins и соавт. сравнили гемодинамику КА при помощи 4D flow MPT у пациентов, перенесших процедуры BioBentall и David [30]. По результатам исследования сделан вывод о лучших гемодинамических исходах клапаносохраняющих процедур, на что указывает снижение пиковых скоростей в КА и меньшая турбулентность кровотока.

Как отмечено выше, ремоделирование КА физиологически превосходит реимплантацию АК [7], что, однако, не решает проблему аннулодилатации кольца, часто возникающую у молодых лиц с соединительнотканной дисплазией. Ремоделирование КА практически не оказывает отрицательного воздействия на систолические характеристики АК, поскольку не меняет диаметр ФК и не влияет на его движение во время сердечного цикла [31]. Кроме того, лишь незначительно увеличивается скорость открытия и закрытия створок [7]. Реимплантация АК в дакроновый трансплантат диаметрально меняет анатомофизиологическую картину в КА: затрагиваются ФК, створки, СТС и синусы Вальсальвы [31]. ФК становится жестким, а степень его сужения варьирует 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 [3, 32]. Фиксация ФК АК и уменьшение его диаметра неизменно увеличивают сопротивление кровотока до некоторой степени, чего не наблюдается после ремоделирования КА. G. D'Ancona и коллеги опубликовали исследование, в котором изучили гемодинамику АК после реимплантации в сравнении с таковой у здоровых лиц [33]. Функцию АК оценивали с помощью эхокардиографии в покое и при максимальной нагрузке, исследовали площадь ВОЛЖ и скорости кровотока. Индекс площади АК 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 достигал  $1,4 \pm 0,2 \text{ см}^2/\text{м}^2$  при реимплантации и  $1,7 \pm 0,2 \text{ см}^2/\text{м}^2$  в контрольной группе. Исследуемые группы не отличались пиковыми и средними трансклапанными градиентами 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 АК увеличивалось в ответ на физическую нагрузку.

#### Факторы риска аортальной недостаточности после клапаносохраняющих вмешательств на корне аорты

Легкая АН (не выше второй степени) является важной проблемой, вызванной клапаносохраняющими

**Таблица 2.** Исследования, посвященные сравнению методик реимплантации и ремоделирования  
**Table 2.** Studies comparing reimplantation and remodeling techniques

Автор, год, дизайн / Author, year, design	Количество пациентов / Number of patients, n		ИК/ИМ, мин / CBP/ ACCT, min	Госпитальная/30-дневная летальность / In-hospital/30-day mortality, %	Реоперации (кровотечения) / Re-operations (bleeding)	Поздняя летальность (10 лет) / Late mortality (10 years)	АН ≥2 ст. / AR ≥2
	Реимплантация / Reimplantation	Ремоделирование / Remodeling					
Svensson, 2011, ретроспективное / retrospective [14]	72	72	Нет отличий между группами / No differences between the groups				
Tian, 2013, метаанализ / meta-analysis [11]	732	606	<b>Выше в группе реимплантации / Higher in reimplantation group</b>	Нет отличий между группами / No differences between the groups	Нет данных / No data	<b>Выше в группе ремоделирования / Higher in remodeling group</b>	Нет отличий между группами / No differences between the groups
Subramanian, 2012 ретроспективное / retrospective [15]	27	51	Нет отличий между группами / No differences between the groups				
David, 2014, ретроспективное / retrospective [16]	296	75	<b>Выше в группе реимплантации / Higher in reimplantation group</b>	Нет отличий между группами / No differences between the groups	Нет отличий между группами / No differences between the groups	<b>Выше в группе ремоделирования / Higher in remodeling group</b>	<b>Выше в группе ремоделирования / Higher in ReM group</b>
Arabkhani, 2015, метаанализ / meta-analysis [17]	3 439	1 290	Нет данных / No data	Нет данных / No data	Нет данных / No data	Нет отличий между группами / No differences between the groups	Нет отличий между группами / No differences between the groups
Klotz, 2018, ретроспективное / retrospective [18]	214	101	<b>Выше в группе реимплантации / Higher in reimplantation group</b>	Нет отличий между группами / No differences between the groups	Нет отличий между группами / No differences between the groups	<b>Выше в группе ремоделирования / Higher in remodeling group</b>	<b>Выше в группе ремоделирования / Higher in remodeling group</b>
Lenoir, 2018, ретроспективное / retrospective [19]	59	83	Нет отличий между группами / No differences between the groups				
Zhou, 2020, метаанализ / meta-analysis [12]	1 011	661	<b>Выше в группе реимплантации / Higher in reimplantation group</b>	Нет отличий между группами / No differences between the groups	<b>Выше в группе ремоделирования / Higher in remodeling group</b>	<b>Выше в группе ремоделирования / Higher in remodeling group</b>	Нет отличий между группами / No differences between the groups
Toh, 2021, метаанализ / meta-analysis [13]	1 283	1 150	<b>Выше в группе реимплантации / Higher in reimplantation group</b>	Нет отличий между группами / No differences between the groups	Нет отличий между группами / No differences between the groups	<b>Выше в группе ремоделирования / Higher in remodeling group</b>	<b>Выше в группе ремоделирования / Higher in remodeling group</b>

**Примечание:** АН – аортальная недостаточность; ИК – искусственное кровообращение; ИМ – ишемия миокарда.  
**Note:** ACCT – aortic cross-clamp time; AR – aortic regurgitation; CBP – cardiopulmonary bypass.

вмешательствами на КА: их частота составляет ~30%, а скорость прогрессирования – ~0,3 степени/пациенто-лет в течение первых 5 лет [34]. При прогрессировании АН в течение первых 5 лет после процедуры вероятность появления показаний к протезированию АК составляет 26%. По результатам крупного много-

центрового исследования F.A. Карі и коллег, включившего 764 пациента, выявлено два пика потребности в протезировании АК в среднесрочной перспективе после клапансохраняющей процедуры: через 3 года и 7–10 послеоперационных лет [34]. Многофакторный регрессионный анализ показал, что достоверными пе-

**Таблица 3.** Линейные протезы против протезов с синусами Вальсальвы – данные мировой литературы  
**Table 3.** Linear prostheses versus prostheses with Valsalva sinuses – world literature data

Автор, год / Author, year	Дизайн / Study design	Лучше ли Вальсальва-графт? (да/нет/хуже/сомнительно) / Is Valsalva graft better? (yes/no/worse/doubtful)	Основные результаты / Main results
Beckmann, 2020 [21]	Ретроспективное сравнение двух групп пациентов / Retrospective comparison	Нет / No	Нет отличий между группами в отношении выживаемости и свободы от значимой аортальной недостаточности / There are no differences between the groups in terms of survival and freedom from significant aortic insufficiency
Gaudino, 2019 [22]	Сравнение результатов 4D flow МРТ между двумя группами / Comparison of 4d flow MRI results	Да / Yes	Более физиологичный кровоток и снижение аномального напряжения стенки аорты при использовании протезов с синусами Вальсальвы / More physiological blood flow and reduction of abnormal aortic wall tension when using prostheses with Valsalva sinuses
Paulsen, 2019 [23]	Сравнение двух видов протеза –эксперимент, 3D-принтер / Comparison of 2 prosthesis types – experiment, 3d printer	Хуже / Worse	Оба протеза одинаково хороши с точки зрения гемодинамики и коронарного кровотока. Линейные протезы обеспечивают повышенную комиссуральную стабильность и коаптацию створок / Both prostheses are equally good in terms of hemodynamics and coronary blood flow. Linear prostheses provide increased commissural stability and co-optation of the flaps
Galea, 2018 [24]	Сравнение результатов 4D flow МРТ между двумя группами / Comparison of 4d flow MRI results	Да / Yes	Протезы с синусами связаны со значительно более низким напряжением сдвига стенки и организованными вихревыми потоками на уровне синусов / Prostheses with sinuses are associated with significantly lower shear stress of the wall and organized vortex flows at the level of the sinuses
Oechtering, 2016 [25]	Сравнение результатов 4D flow МРТ: протезы с синусами против здоровой аорты / Comparison of 4d flow MRI results	Да / Yes	Обеспечивают физиологическую функцию клапана / Provide the physiological function of the valve
Sieren, 2020 [26]	Сравнение результатов 4D flow МРТ между различными видами протезов, а также здоровой аортой / Comparison of 4d flow MRI results	Сомнительно / Doubtful	Незначительное снижение сдвига стенки в группе протезов с синусами / Slight decrease in wall shear in the group of prostheses with sinuses
Salica, 2016 [27]	Сравнение двух видов протеза –эксперимент / Comparison of 2 prosthesis types – experiment	Да / Yes	Синусы Вальсальвы играют ключевую роль в оптимизации гемодинамики во время систолы, минимизируя потери энергии / Valsalva sinuses play a key role in optimizing hemodynamics during systole, minimizing energy loss
Gaudino, 2017 [28]	Ретроспективное сравнение двух групп пациентов (ранние послеоперационные результаты) / Retrospective comparison	Нет / No	Нет отличий между группами / No differences between the groups
Ando, 2016 [29] Ando, 2016 [29]	Ретроспективное сравнение двух групп пациентов (синдром Марфана) / Retrospective comparison (Marfan syndrome)	Нет / No	Сопоставимые результаты протеза с синусами с другими протезами / Comparable results of Valsalva grafts with other prostheses

**Примечание:** МРТ – магнитно-резонансная томография.  
**Note:** MRI – magnetic resonance imaging.

ременными, связанными со значимой АН, являются максимальный размер аневризмы ( $p = 0,07$ ) и предоперационная функция АК ( $p = 0,08$ ). Интересным оказался факт благоприятного прогностического значения синдрома Марфана в развитии АН после клапаносохраняющих операций. Достоверным фактором развития легкой АН выступило дополнительное вмешательство на створках.

Т. Esaki и соавт. изучили факторы риска развития поздней АН/стеноза после процедуры David [35]. В исследование вошли 282 больного, средний возраст которых составил 46,4 года, бicuspidальный АК выявлен в 22,7%, а синдром Марфана – в 14,5% случаев. Многопараметрический анализ показал, что диаметр КА  $\geq 55$  мм (ОР 3,44; 95% ДИ 1,27–9,29;  $p = 0,01$ ), бicuspidальный АК (ОР 16,07; ДИ 95% 3,12;  $p = 0,001$ ) и пластика створок (ОР 5,91; 95% ДИ 1,17–29,86;  $p = 0,03$ ) оказались факторами риска значимой регургитации АК в отдаленном периоде клапаносохраняющих вмешательств.

А. Habertheuer и коллеги рассмотрели факторы риска резидуальной АН после восстановления бicuspidального АК [36]. Детерминанты АН оценены для группы реимплантации, экстравальвулярной и субкомиссуральной аннулопластики. Регрессионный анализ продемонстрировал, что размер ФК АК  $>30$  мм является достоверным предиктором АН у пациентов, перенесших экстравальвулярную аннулопластику.

М. Van Dyck и соавт. сообщили, что рецидив аортальной регургитации может быть следствием остаточного пролапса, прогрессирующего спустя годы после операции [37]. Слишком короткая или низкая коаптация в линейном протезе приводит к рецидиву АН, требующему реоперации.

Исследовательская группа во главе с D. Karciauskas рассмотрела данные пациентов ( $n = 81$ ), перенесших клапаносохраняющие операции на КА в одном центре [38]. По результатам многофакторного анализа, независимыми предикторами резидуальной АН ( $\geq 2$ ) оказались эффективная высота ниже 9 мм ( $p = 0,02$ ) и остаточная послеоперационная регургитация легкой степени ( $p = 0,0001$ ).

С. Miyahara и коллеги изучили эхокардиографические особенности, связанные с рецидивирующей регургитацией АК после клапаносохраняющих вмешательств на КА [39]. Снижение эффективной высоты (7,47  $\pm$  3,3 мм в группе умеренной или значимой АН по сравнению с 8,8  $\pm$  2,1 мм в группе легкой АН;  $p = 0,049$ ), послеоперационная эксцентриче-

ская струя (57,1% в группе умеренной или значимой АН по сравнению с 12,5% в группе легкой АН;  $p = 0,0005$ ) и вздутие створок (78,6% в группе умеренной или значимой АН по сравнению с 20,8% в группе легкой АН;  $p < 0,0001$ ) значимо коррелировали с выраженной АН в отдаленном периоде операции.

Т. Kuniyama и соавт. исследовали факторы, детерминирующие долгосрочную стабильность АК после клапаносохраняющих операций на КА [40]. Предикторами повторных вмешательств на АК служили 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

Анализ литературы демонстрирует либо относительную идентичность ранних и отдаленных результатов процедур реимплантации и ремоделирования, либо преимущество реимплантации в отношении свободы от поздней летальности и резидуальной АН. Сохранение физиологичности КА путем имплантации Вальсальва-графтов или ремоделирования обеспечивает лучшую гемодинамику и снижает напряжение на створки, однако эти постулаты идут вразрез с данными клинических исследований, посвященных анализу послеоперационных исходов и демонстрирующих отсутствие преимущества Вальсальва-графтов над линейными протезами в свободе от реопераций на АК. Остаточная послеоперационная регургитация легкой степени, показатель эффективной высоты ниже 9 мм и дополнительные вмешательства на створках являются достоверными факторами значимой АН в отдаленном периоде после клапаносохраняющих операций на корне аорты.

## Конфликт интересов

Р.Н. Комаров заявляет об отсутствии конфликта интересов. А.М. Исмаилбаев заявляет об отсутствии конфликта интересов. А.Н. Дзюндзя заявляет об отсутствии конфликта интересов. С.В. Чернявский заявляет об отсутствии конфликта интересов. С.С. Бадалян заявляет об отсутствии конфликта интересов. А.О. Даначев заявляет об отсутствии конфликта интересов. О.О. Огнев заявляет об отсутствии конфликта интересов.

## Финансирование

Авторы заявляют об отсутствии финансирования исследования.

## Информация об авторах

Комаров Роман Николаевич, доктор медицинских наук заведующий кафедрой факультетской хирургии № 1 федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования Первый Московский государственный медицинский университет имени И.М. Сеченова Министерства здравоохранения Российской Федерации (Сеченовский Университет), Москва, Российская Федерация; ORCID 0000-0002-3904-6415

## Author Information Form

Komarov Roman N., PhD, Head of the Faculty Surgery Department No. 1, Federal State Autonomous Educational Institution of Higher Education I.M. Sechenov First Moscow State Medical University of the Ministry of Health of the Russian Federation (Sechenov University), Moscow, Russian Federation; ORCID 0000-0002-3904-6415

*Исмаилбаев Алишер Маккамджанович*, кандидат медицинских наук доцент кафедры факультетской хирургии № 1 федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования Первый Московский государственный медицинский университет имени И.М. Сеченова Министерства здравоохранения Российской Федерации (Сеченовский Университет), Москва, Российская Федерация; **ORCID** 0000-0001-8545-3276

*Дзюндзя Андрей Николаевич*, врач – сердечно-сосудистый хирург федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования Первый Московский государственный медицинский университет имени И.М. Сеченова Министерства здравоохранения Российской Федерации (Сеченовский Университет), Москва, Российская Федерация; **ORCID** 0000-0003-1133-8106

*Чернявский Станислав Вячеславович*, кандидат медицинских наук заведующий кардиохирургическим отделением федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования Первый Московский государственный медицинский университет имени И.М. Сеченова Министерства здравоохранения Российской Федерации (Сеченовский Университет), Москва, Российская Федерация; **ORCID** 0000-0001-7381-7925

*Бадалян Самсон Сергеевич*, аспирант федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования Первый Московский государственный медицинский университет имени И.М. Сеченова Министерства здравоохранения Российской Федерации (Сеченовский Университет), Москва, Российская Федерация; **ORCID** 0000-0002-8246-3708

*Даначев Александр Одиссеевич*, кандидат медицинских наук врач – сердечно-сосудистый хирург федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования Первый Московский государственный медицинский университет имени И.М. Сеченова Министерства здравоохранения Российской Федерации (Сеченовский Университет), Москва, Российская Федерация; **ORCID** 0000-0001-9296-3119

*Огнев Олег Олегович*, аспирант федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования Первый Московский государственный медицинский университет имени И.М. Сеченова Министерства здравоохранения Российской Федерации (Сеченовский Университет), Москва, Российская Федерация; **ORCID** 0000-0002-9305-2250

*Ismailbaev Alisher M.*, PhD, Associate Professor at the Faculty Surgery Department No. 1, Federal State Autonomous Educational Institution of Higher Education I.M. Sechenov First Moscow State Medical University of the Ministry of Health of the Russian Federation (Sechenov University), Moscow, Russian Federation; **ORCID** 0000-0001-8545-3276

*Dzyundzya Andrey N.*, Cardiovascular Surgeon at the Federal State Autonomous Educational Institution of Higher Education I.M. Sechenov First Moscow State Medical University of the Ministry of Health of the Russian Federation (Sechenov University), Moscow, Russian Federation; **ORCID** 0000-0003-1133-8106

*Chernyavskiy Stanislav V.*, PhD, Head of the Cardiac Surgery Department, Federal State Autonomous Educational Institution of Higher Education I.M. Sechenov First Moscow State Medical University of the Ministry of Health of the Russian Federation (Sechenov University), Moscow, Russian Federation; **ORCID** 0000-0001-7381-7925

*Badalyan Samson S.*, Postgraduate student, Federal State Autonomous Educational Institution of Higher Education I.M. Sechenov First Moscow State Medical University of the Ministry of Health of the Russian Federation (Sechenov University), Moscow, Russian Federation; **ORCID** 0000-0002-8246-3708

*Danachev Aleksandr O.*, PhD, Cardiovascular Surgeon, Federal State Autonomous Educational Institution of Higher Education I.M. Sechenov First Moscow State Medical University of the Ministry of Health of the Russian Federation (Sechenov University), Moscow, Russian Federation; **ORCID** 0000-0001-9296-3119

*Ognev Oleg O.*, Postgraduate student, Federal State Autonomous Educational Institution of Higher Education I.M. Sechenov First Moscow State Medical University of the Ministry of Health of the Russian Federation (Sechenov University), Moscow, Russian Federation; **ORCID** 0000-0002-9305-2250

#### Вклад авторов в статью

*KPH* – вклад в концепцию и дизайн исследования, корректура статьи, утверждение окончательной версии для публикации, полная ответственность за содержание

*ИАМ* – вклад в концепцию и дизайн исследования, корректура статьи, утверждение окончательной версии для публикации, полная ответственность за содержание

*ДАН* – интерпретация данных исследования, написание и корректура статьи, утверждение окончательной версии для публикации, полная ответственность за содержание

*ЧСВ* – вклад в концепцию и дизайн исследования, корректура статьи, утверждение окончательной версии для публикации, полная ответственность за содержание

*БСС* – интерпретация данных исследования, написание и корректура статьи, утверждение окончательной версии для публикации, полная ответственность за содержание

#### Author Contribution Statement

*KRN* – contribution to the concept and design of the study, editing, approval of the final version, fully responsible for the content

*IAM* – contribution to the concept and design of the study, editing, approval of the final version, fully responsible for the content

*DAN* – data interpretation, manuscript writing, editing, approval of the final version, fully responsible for the content

*ChSV* – contribution to the concept and design of the study, editing, approval of the final version, fully responsible for the content

*BSS* – data interpretation, manuscript writing, editing, approval of the final version, fully responsible for the content

ДАО – интерпретация данных исследования, написание и коррективировка статьи, утверждение окончательной версии для публикации, полная ответственность за содержание

ООО – интерпретация данных исследования, написание и коррективировка статьи, утверждение окончательной версии для публикации, полная ответственность за содержание

DAO – data interpretation, manuscript writing, editing, approval of the final version, fully responsible for the content

OOO – data interpretation, manuscript writing, editing, approval of the final version, fully responsible for the content

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Комаров Р.Н., Катков А.И., Пузенко Д.В., Одинокова С.Н., Николенко В.Н. Хирургия корня аорты и аортального клапана: история и современность. Патология кровообращения и кардиохирургия. 2019;23(4):9-25. <http://dx.doi.org/10.21688/1681-3472-2019-4-9-25>
2. Miller D.C. 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.
3. De Paulis R., De Matteis G.M., Nardi P., Scaffa R., Buratta M.M., 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.
4. Urbanski P.P., Zhan X., Hijazi H., Zacher M., Diegeler A. Valve-sparing aortic root repair without down-sizing of the annulus. *J Thorac Cardiovasc Surg.* 2012;143(2):294-302. doi: 10.1016/j.jtcvs.2011.10.056.
5. David T.E., Feindel C.M. An aortic valve-sparing operation for patients with aortic incompetence and aneurysm of the ascending aorta. *J Thorac Cardiovasc Surg.* 1992;103(4):617-21; discussion 622 doi:10.1016/s0022-5223(19)34942-6
6. Sarsam M.A., Yacoub M. Remodeling of the aortic valve annulus. *J Thorac Cardiovasc Surg.* 1993;105(3):435-8. doi:10.1016/s0022-5223(19)34225-4
7. Leyh R.G., Schmidtke C., Sievers H.H., Yacoub M.H. 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.
8. Grande-Allen K.J., Cochran R.P., Reinhall P.G., Kunzelman K.S. Re-creation of sinuses is important for sparing the aortic valve: a finite element study. *J Thorac Cardiovasc Surg.* 2000;119(4 Pt 1):753-63. doi: 10.1016/S0022-5223(00)70011-0.
9. Boodhwani M., de Kerchove L., Glineur D., Poncelet A., Rubay J., Astarci P., Verhelst R., Noirhomme P., El Khoury G. Repair-oriented classification of aortic insufficiency: impact on surgical techniques and clinical outcomes. *J Thorac Cardiovasc Surg.* 2009;137(2):286-94. doi: 10.1016/j.jtcvs.2008.08.054
10. 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.
11. Tian D., Rahnavardi M., Yan T.D. 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
12. 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.
13. 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.
14. Svensson L.G., Batizy L.H., Blackstone E.H., Gillinov A.M., Moon M.C., D'Agostino R.S., Nadolny E.M., Stewart W.J., Griffin B.P., Hammer D.F., Grimm R., Lytle B.W. 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
15. Subramanian S., Leontyev S., Borger M.A., Trommer C., Misfeld M., Mohr F.W. 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.
16. David T.E., Feindel C.M., David C.M., 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
17. Arabkhani B., Mookhoek A., Di Centa I., Lansac E., Bekkers J.A., De Lind Van Wijngaarden R., Bogers A.J., Takkenberg J.J. 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.
18. Klotz S., Stock S., Sievers H.H., Diwoky M., Petersen M., Stierle U., Richardt D. 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.
19. Lenoir M., Maesen B., Stevens L.M., 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
20. Sasaki K., Kunihara T., Kasegawa H., Seki M., Seki H., Takada J., Sasuga S., Kumazawa R., Umezumi M., Iwasaki K. 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.
21. Beckmann E., Leone A., Martens A., Mariani C., Krueger H., Cebotari S., Di Bartolomeo R., Haverich A., Shrestha M.L., Pacini D. 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.
22. Gaudino M., Piatti F., Lau C., Sturla F., Weinsaft J.W., Weltert L., Votta E., Galea N., Chirichilli I., Di Franco A., Francone M., Catalano C., Redaelli A., Girardi L.N., De Paulis R. 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.
23. Paulsen M.J., Kasinpila P., Imbrie-Moore A.M., Wang H., Hironaka C.E., Koyano T.K., Fong R., Chiu P., Goldstone A.B., Steele A.N., Stapleton L.M., Ma M., Woo Y.J. 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.
24. Galea N., Piatti F., Sturla F., Weinsaft J.W., Lau C., Chirichilli I., Carbone I., Votta E., Catalano C., De Paulis R., Girardi L.N., Redaelli A., Gaudino M.; 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.
25. Oechtering T.H., Hons C.F., Sieren M., Hunold P., Hennemuth A., Huellebrand M., Drexel J., Scharfschwerdt M., Richardt D., Sievers H.H., Barkhausen J., Frydrychowicz A. Time-resolved 3-dimensional magnetic resonance phase contrast imaging (4D Flow MRI) analysis of hemodynamics in valve-sparing aortic root repair with an anatomically shaped sinus prosthesis. *J Thorac Cardiovasc Surg.* 2016;152(2):418-427.e1. doi: 10.1016/j.jtcvs.2016.04.029.
26. Sieren M.M., Schultz V., Fujita B., Wegner F., Huellebrand M., Scharfschwerdt M., Sievers H.H., Barkhausen J., Frydrychowicz A., Oechtering T.H. 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.
27. Salica A., Pisani G., Morbiducci U., Scaffa R., Massai

D., Audenino A., Weltert L., Guerrieri Wolf L., De Paulis R. 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.

28. Gaudino M., Weltert L., Munjal M., Lau C., Elsayed M., Salica A., Gambardella I., Mills E., De Paulis R., Girardi L.N.; 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.

29. Ando M., Yamauchi H., Morota T., Taketani T., Shimada S., Nawata K., Umeki A., Ono M. 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.jcc.2015.03.014.

30. Collins J.D., Semaan E., Barker A., McCarthy P.M., Carr J.C., Markl M., Malaisrie S.C. 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.

31. David T.E. Aortic valve haemodynamics after aortic valve-sparing operations. *Eur J Cardiothorac Surg.* 2012;41(4):788-9. doi: 10.1093/ejcts/ezr119.

32. Aybek T., Sotiriou M., Wöhleke T., Miskovic A., Simon A., Doss M., Dogan S., Wimmer-Greinecker G., Moritz A. Valve opening and closing dynamics after different aortic valve-sparing operations. *J Heart Valve Dis.* 2005;14(1):114-20. PMID: 15700445.

33. 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.

34. Kari F.A., Doll K.N., Hemmer W., Liebrich M., Sievers

H.H., Richardt D., Reichenspurner H., Detter C., Siepe M., Czerny M., Beyersdorf F. 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.

35. Esaki J., Leshnowar B.G., Binongo J.N., Lasanajak Y., McPherson L., Guyton R.A., Chen E.P. 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.

36. Haberttheuer A., Milewski R.K., Bavaria J.E., Siki M., Freas M., Desai N., Szeto W., Ram C., Hu R., Vallabhajosyula P. Predictors of Recurrent Aortic Insufficiency in Type I Bicuspid Aortic Valve Repair. *Ann Thorac Surg.* 2018;106(5):1316-1324. doi: 10.1016/j.athoracsur.2018.06.026.

37. 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.

38. Karciauskas D., Mizariene V., Jakuska P., Ereminiene E., Vaskelyte J.J., Nedzelskiene I., Kinduris S., Benetis R. 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.

39. Miyahara S., Omura A., Sakamoto T., Nomura Y., Inoue T., Minami H., Okada K., Okita Y. Impact of postoperative cusp configuration on midterm durability after aortic root reimplantation. *J Heart Valve Dis.* 2013;22(4):509-16.

40. Kunihara T., Aicher D., Rodionychewa S., Groesdonk H.V., Langer F., Sata F., Schäfers H J. 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

## REFERENCES

1. Komarov R.N., Katkov A.I., Puzenko D.V., Odinokova C., & Nikolenko Bet al. Surgery of the aortic root and aortic valve: history and modernity. *Patologiya krovoobrashcheniya i kardiokhirurgiya.* 2019;23(4):9-25. <http://dx.doi.org/10.21688/1681-3472-2019-4-9-25>

2. Miller D.C. 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.

3. De Paulis R., De Matteis G.M., Nardi P., Scaffa R., Buratta M.M., 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.

4. Urbanski P.P., Zhan X., Hijazi H., Zacher M., Diegeler A. Valve-sparing aortic root repair without down-sizing of the annulus. *J Thorac Cardiovasc Surg.* 2012;143(2):294-302. doi: 10.1016/j.jtcvs.2011.10.056.

5. David T.E., Feindel C.M. An aortic valve-sparing operation for patients with aortic incompetence and aneurysm of the ascending aorta. *J Thorac Cardiovasc Surg.* 1992;103(4):617-21; discussion 622 doi:10.1016/s0022-5223(19)34942-6

6. Sarsam M.A., 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

7. Leyh R.G., Schmidtke C., Sievers H.H., Yacoub M.H. 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.

8. Grande-Allen K.J., Cochran R.P., Reinhall P.G., Kunzelman K.S. Re-creation of sinuses is important for sparing the aortic valve: a finite element study. *J Thorac Cardiovasc Surg.* 2000;119(4 Pt 1):753-63. doi: 10.1016/S0022-5223(00)70011-0.

9. Boodhwani M., de Kerchove L., Glineur D., Poncelet A., Rubay J., Astarci P., Verhelst R., Noirhomme P., El Khoury G. Repair-oriented classification of aortic insufficiency: impact on surgical techniques and clinical outcomes. *J Thorac Cardiovasc*

*Surg.* 2009;137(2):286-94. doi: 10.1016/j.jtcvs.2008.08.054

10. 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.

11. Tian D., Rahnvardi M., Yan T.D. 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

12. 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.

13. 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.

14. Svensson L.G., Batizy L.H., Blackstone E.H., Gillinov A.M., Moon M.C., D'Agostino R.S., Nadolny E.M., Stewart W.J., Griffin B.P., Hammer D.F., Grimm R., Lytle B.W. 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

15. Subramanian S., Leontyev S., Borger M.A., Trommer C., Misfeld M., Mohr F.W. 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.

16. David T.E., Feindel C.M., David C.M., 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

17. Arabkhani B., Mookhoek A., Di Centa I., Lansac E., Bekkers J.A., De Lind Van Wijngaarden R., Bogers A.J., Takkenberg J.J. 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.

18. Klotz S., Stock S., Sievers H.H., Diwoky M., Petersen M., Stierle U., Richardt D. 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.
19. Lenoir M., Maesen B., Stevens L.M., Cartier R., Demers P., Poirier N., Tusch M., El-Hamamsy I. Reimplantation versus remodeling 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
20. Sasaki K., Kunihara T., Kasegawa H., Seki M., Seki H., Takada J., Sasuga S., Kumazawa R., Umezumi M., Iwasaki K. 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.
21. Beckmann E., Leone A., Martens A., Mariani C., Krueger H., Cebotari S., Di Bartolomeo R., Haverich A., Shrestha M.L., Pacini D. 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.
22. Gaudino M., Piatti F., Lau C., Sturla F., Weinsaft J.W., Weltert L., Votta E., Galea N., Chirichilli I., Di Franco A., Francone M., Catalano C., Redaelli A., Girardi L.N., De Paulis R. 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.
23. Paulsen M.J., Kasinipala P., Imbric-Moore A.M., Wang H., Hironaka C.E., Koyano T.K., Fong R., Chiu P., Goldstone A.B., Steele A.N., Stapleton L.M., Ma M., Woo Y.J. 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.
24. Galea N., Piatti F., Sturla F., Weinsaft J.W., Lau C., Chirichilli I., Carbone I., Votta E., Catalano C., De Paulis R., Girardi L.N., Redaelli A., Gaudino M.; 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.
25. Oechtering T.H., Hons C.F., Sieren M., Hunold P., Hennemuth A., Huellebrand M., Drexler J., Scharfschwerdt M., Richardt D., Sievers H.H., Barkhausen J., Frydrychowicz A. Time-resolved 3-dimensional magnetic resonance phase contrast imaging (4D Flow MRI) analysis of hemodynamics in valve-sparing aortic root repair with an anatomically shaped sinus prosthesis. *J Thorac Cardiovasc Surg.* 2016;152(2):418-427.e1. doi: 10.1016/j.jtcvs.2016.04.029.
26. Sieren M.M., Schultz V., Fujita B., Wegner F., Huellebrand M., Scharfschwerdt M., Sievers H.H., Barkhausen J., Frydrychowicz A., Oechtering T.H. 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.
27. Salica A., Pisani G., Morbiducci U., Scaffa R., Massai D., Audenino A., Weltert L., Guerrieri Wolf L., De Paulis R. 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.
28. Gaudino M., Weltert L., Munjal M., Lau C., Elsayed M., Salica A., Gambardella I., Mills E., De Paulis R., Girardi L.N.; 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.
29. Ando M., Yamauchi H., Morota T., Taketani T., Shimada S., Nawata K., Umeki A., Ono M. 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.
30. Collins J.D., Semaan E., Barker A., McCarthy P.M., Carr J.C., Markl M., Malaisrie S.C. 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.
31. David T.E. Aortic valve haemodynamics after aortic valve-sparing operations. *Eur J Cardiothorac Surg.* 2012;41(4):788-9. doi: 10.1093/ejcts/ezr119.
32. Aybek T., Sotiriou M., Wöhleke T., Miskovic A., Simon A., Doss M., Dogan S., Wimmer-Greinecker G., Moritz A. Valve opening and closing dynamics after different aortic valve-sparing operations. *J Heart Valve Dis.* 2005;14(1):114-20. PMID: 15700445.
33. 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.
34. Kari F.A., Doll K.N., Hemmer W., Liebrich M., Sievers H.H., Richardt D., Reichenspurner H., Detter C., Siepe M., Czerny M., Beyersdorf F. 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.
35. Esaki J., Leshnower B.G., Binongo J.N., Lasanajak Y., McPherson L., Guyton R.A., Chen E.P. 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.
36. Habrheuer A., Milewski R.K., Bavaria J.E., Siki M., Freas M., Desai N., Szeto W., Ram C., Hu R., Vallabhajosyula P. Predictors of Recurrent Aortic Insufficiency in Type I Bicuspid Aortic Valve Repair. *Ann Thorac Surg.* 2018;106(5):1316-1324. doi: 10.1016/j.athoracsur.2018.06.026.
37. 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.
38. Karciauskas D., Mizariene V., Jakuska P., Ereminiene E., Vaskelyte J.J., Nedzelskiene I., Kinduris S., Benetis R. 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.
39. Miyahara S., Omura A., Sakamoto T., Nomura Y., Inoue T., Minami H., Okada K., Okita Y. Impact of postoperative cusp configuration on midterm durability after aortic root reimplantation. *J Heart Valve Dis.* 2013;22(4):509-16.
40. Kunihara T., Aicher D., Rodionychewa S., Groesdonk H.V., Langer F., Sata F., Schäfers H J. 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

**Для цитирования:** Комаров Р.Н., Исмаилбаев А.М., Дзюндзя А.Н., Чернявский С.В., Бадалян С.С., Даначев А.О., Огнев О.О. Ремоделирование против реимплантации в хирургии корня аорты: сравнительные результаты и факторы риска аортальной недостаточности. *Комплексные проблемы сердечно-сосудистых заболеваний.* 2022;11(4S): 182-193. DOI: 10.17802/2306-1278-2022-11-4S-182-193

**To cite:** Komarov R.N., Ismailbaev A.M., Dzyundzya A.N., Chernyavskii S.V., Badalyan S.S., Danachev A.O., Ognev O.O. Remodeling versus reimplantation in aortic root surgery – comparative results and risk factors for aortic insufficiency. *Complex Issues of Cardiovascular Diseases.* 2022;11(4S): 182-193. DOI: 10.17802/2306-1278-2022-11-4S-182-193