



Модифицированная операция Росса (литературный обзор)

Энгиноев С. Т.^{1,2}, Магомедов Г. М.¹, Рашидова Т. К.¹, Кондратьев Д. А.¹, Абдрахманов Э. Н.², Чернов И. И.¹, Тарасов Д. Г.¹

Одним из методов хирургического лечения патологии аортального клапана является процедура Росса, которая была предложена британским кардиохирургом Д. Россом в 1967г. Многочисленные исследования показали отличные отдаленные результаты данной операции. Однако у некоторых пациентов в отдаленном периоде может произойти дилатация легочного аутографта. Чтобы избежать этого осложнения, были предложены технические модификации данной процедуры. Представлен обзор литературы модифицированных методик операции Росса в качестве профилактики дилатации легочного аутографта.

Ключевые слова: приобретенный порок сердца, аортальный стеноз, аортальная регургитация, операция Росса, модифицированная операция Росса.

Отношения и деятельность: нет.

¹ФГБУ Федеральный центр сердечно-сосудистой хирургии Минздрава России, Астрахань; ²ФГБОУ ВО Астраханский государственный медицинский университет Минздрава России, Астрахань, Россия.

Энгиноев С. Т.* — к.м.н., сердечно-сосудистый хирург, ассистент кафедры сердечно-сосудистой хирургии ФПО, ORCID: 0000-0002-8376-3104, Магомедов Г. М. — врач сердечно-сосудистый хирург, ORCID: 0000-0002-

1278-9278, Рашидова Т. К. — врач УЗИ, ORCID: 0000-0002-6857-0830, Кондратьев Д. А. — к.м.н., зав. кардиохирургического отделения № 1, врач сердечно-сосудистый хирург, ORCID: 0000-0002-9158-8799, Абдрахманов Э. Н. — студент 5 курса стоматологического факультета, ORCID: 0000-0002-6160-0638, Чернов И. И. — к.м.н., зам. главного врача по хирургической помощи, ORCID: 0000-0002-9924-5125, Тарасов Д. Г. — к.м.н., главный врач, врач сердечно-сосудистый хирург, ORCID: 0000-0002-0866-3939.

*Автор, ответственный за переписку (Corresponding author):
Soslan.Enginoev@gmail.com

АК — аортальный клапан, АР — аортальная регургитация, неоАК — неоаортальный клапан, СТС — синотубулярное соединение, ФК — фиброзное кольцо.

Рукопись получена 19.01.2022

Рецензия получена 15.02.2022

Принята к публикации 16.02.2022



Для цитирования: Энгиноев С. Т., Магомедов Г. М., Рашидова Т. К., Кондратьев Д. А., Абдрахманов Э. Н., Чернов И. И., Тарасов Д. Г. Модифицированная операция Росса (литературный обзор). *Российский кардиологический журнал*. 2022;27(1S):4854. doi:10.15829/1560-4071-2022-4854

Modified Ross operation (literature review)

Enginoev S. T.^{1,2}, Magomedov G. M.¹, Rashidova T. K.¹, Kondratiev D. A.¹, Abdrakhmanov E. N.², Chernov I. I.¹, Tarasov D. G.¹

One of the surgical methods for treating aortic valve pathology is the Ross operation, which was proposed by the British cardiac surgeon D. Ross in 1967. Numerous studies have shown excellent long-term outcomes of this operation. However, in some patients, pulmonary autograft dilatation may occur in the long term. To avoid this complication, technical modifications of this procedure have been proposed. A literature review on modified Ross operation as a prevention of pulmonary autograft dilatation is presented.

Keywords: acquired heart disease, aortic stenosis, aortic regurgitation, Ross operation, modified Ross operation.

Relationships and Activities: none.

¹Federal Center for Cardiovascular Surgery, Astrakhan; ²Astrakhan State Medical University, Astrakhan, Russia.

При дисфункции аортального клапана (АК) протезирование клапана является методом выбора лечения таких пациентов [1-3]. В последнее время увеличивается количество операций на АК в Российской Федерации, в 2017г было проведено 5992 вмешательства на АК, в 2018г — 6819, в 2019г — 7318 [4]. Одним из методов хирургического лечения является процедура Росса, которая была предложена британским кардиохирургом Д. Россом в 1967г [5]. Первую операцию Росса в России провел в центре Мешалкина израильский кардиохирург Бернардо Алекс Видне

Enginoev S. T.* ORCID: 0000-0002-8376-3104, Magomedov G. M. ORCID: 0000-0002-1278-9278, Rashidova T. K. ORCID: 0000-0002-6857-0830, Kondratiev D. A. ORCID: 0000-0002-9158-8799, Abdrakhmanov E. N. ORCID: 0000-0002-6160-0638, Chernov I. I. ORCID: 0000-0002-9924-5125, Tarasov D. G. ORCID: 0000-0002-0866-3939.

*Corresponding author:
Soslan.Enginoev@gmail.com

Received: 19.01.2022 **Revision Received:** 15.02.2022 **Accepted:** 14.02.2022

For citation: Enginoev S. T., Magomedov G. M., Rashidova T. K., Kondratiev D. A., Abdrakhmanov E. N., Chernov I. I., Tarasov D. G. Modified Ross operation (literature review). *Russian Journal of Cardiology*. 2022;27(1S):4854. doi:10.15829/1560-4071-2022-4854

в 1998г, спустя 2 мес. после показательных операций Видне, Юрий Горбатов самостоятельно выполнил данную операцию [6]. Истинное количество операций Росса в Российской Федерации остается неизвестным. По последним Американским рекомендациям по приобретенным порокам сердца от 2020г операцию Росса можно выполнять пациентам моложе 50 лет (IIb класс показаний) [1]. Многочисленные исследования показали отличные отдаленные результаты операции Росса [7-10]. Однако у некоторых пациентов в отдаленном периоде может произойти



Рис. 1. Компьютерная томография сердца и аорты с контрастированием. **Примечание:** дилатация легочного аутографта после классической операции Росса.

поздняя дилатация легочного аутографта (рис. 1), что, в свою очередь, является причиной повторных операций [11-16]. Чтобы избежать этого осложнения, были предложены технические модификации, в т.ч. имплантация легочного аутографта внутри собственного корня аорты или перикарда пациента, окутывание легочного аутографта Дакроновым протезом, экстраанатомическое укрепление фиброзного кольца (ФК) АК и синотубулярного соединения (СТС) сосудистым протезом [17-20]. У каждого из этих подходов есть свои преимущества и ограничения. Модификации показаны на рисунке 2 А, В, С [21]. Данная работа преследует цель оценить состояние и выявить нерешенные проблемы внешней поддержки легочного аутографта для профилактики его дилатации при операции Росса на современном этапе.

Стратегия поиска и отбора источников

Для поиска использовали базы данных PubMed, Web of Science, Google Scholar, Российский индекс научного цитирования. Анализировали статьи до 1 декабря 2021г, содержащие релевантные извлекаемые данные об операции, модифицированной Росса. Исключали: комментарии и тезисы конференций, исследования, в которых представлены неполные или неизвлекаемые данные.

Внутриаортальная имплантация легочного аутографта или окутывание перикардом

В попытке предотвратить расширение аутотрансплантата, избегая использования протезного мате-

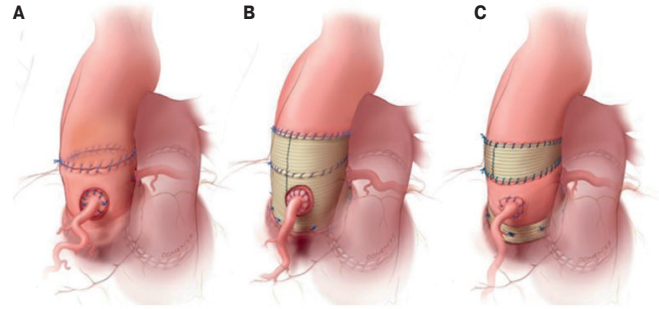


Рис. 2. Технические модификации процедуры Росса, направленные на уменьшение поздней дилатации и недостаточности аутотрансплантата (адаптировано из [21]).

Примечание: А) внутриаортальная имплантация, В) имплантация внутри протеза из дакрона, С) экстраанатомическая аннулопластика и укрепление СТС.

Сокращение: СТС — синотубулярное соединение.

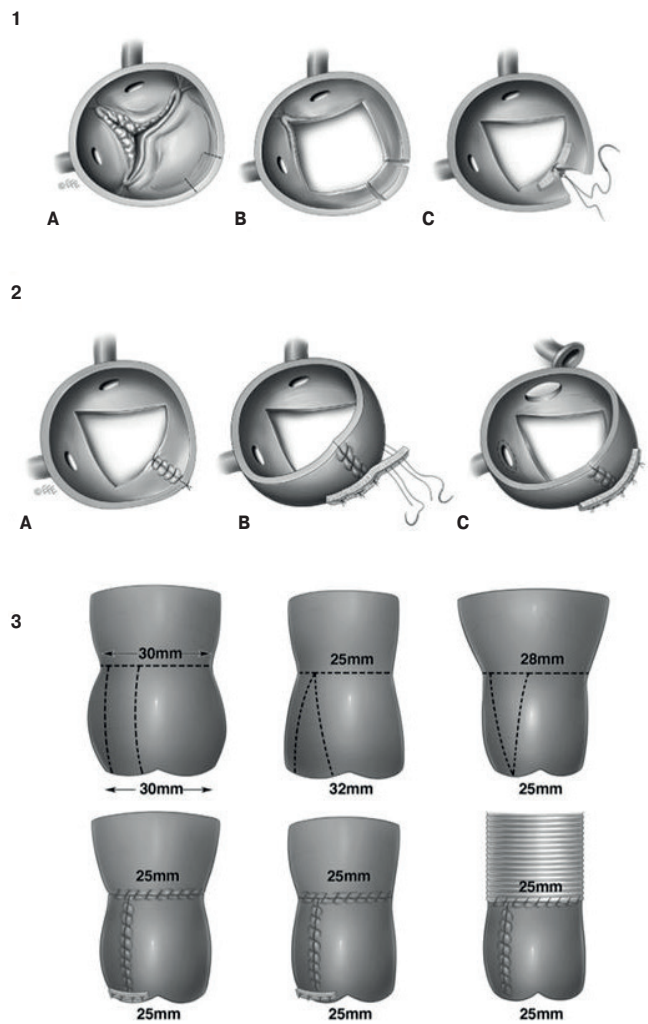


Рис. 3. Схематическое изображение операции (адаптировано из [17]).

риала, некоторые авторы предложили использовать аутологичную ткань для обеспечения внешней поддержки легочного аутографта. Для этой цели используются две ткани: перикард и аорта. Хотя они могут несколько ограничивать растяжимость кор-

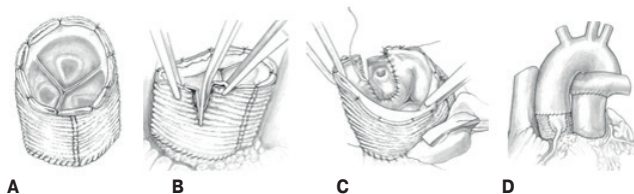


Рис. 4. Основные этапы модификационной операции Росса при помощи окутывания Дакроновым протезом (адаптировано из [18]).

ния неоаорты, считается, что эти ткани обладают лучшими механическими свойствами, чем дакрон. Самый большой опыт аутологической поддержки корня легочного аутотрансплантата с использованием собственной аорты пациента — метод включения (рис. 3) получен хирургами из Мельбурна, которые сообщили об отдаленных результатах этой техники у 322 оперированных пациентов с 1992 по 2013гг. Средний возраст включенных больных составил 39,5 лет, минимальный и максимальный возраст больных 15 и 63 года. Изолированная аортальная регургитация (АР) имела у 103 (32%) пациентов. Перед имплантацией легочного аутотрансплантата нативная аорта и остатки корня аорты были адаптированы для достижения определенных измерений СТС и ФК АК для пациентов мужского и женского пола (24–26 и 22–24 мм, соответственно). Хирургические этапы представлены на рисунке 3. Уменьшение ФК и СТС было выполнено — 201 (62,4%) и 159 (49,4%) пациентам. 30-ти дневная летальность составила 0,3%, один пациент умер после выписки из стационара от инфаркта миокарда. Отдаленные результаты этой стратегии впечатляют: неоаортальные размеры стабильны до 15 лет после операции. На данный момент только у 1,5% всех пациентов максимальный размер корня аорты превышает 40 мм в диаметре, и ни у одного из них не превышает 43 мм. В соответствии с предыдущими исследованиями, пациенты с предоперационной АР и пациенты с большим ФК АК имели более высокий риск развития дилатации корня неоаорты при последующем наблюдении. Эти пациенты также чаще подвергались повторной операции. Поэтому авторы рекомендуют укреплять ФК АК при его диаметре ≥ 25 мм. Тем не менее общая свобода от повторной операции аутотрансплантата через 18 лет составила 96%, и ни одна из повторных операций не была вызвана дилатацией аутотрансплантата [17].

В субанализе этой когорты, посвященном 129 пациентам, у которых имелись двухстворчатый АК и изолированная выраженная АР, Poh CL, et al. сообщили в общей сложности о 11 повторных операциях на аорте (9 по поводу рецидивирующей АР и 2 по поводу эндокардита), в результате чего общая свобода от повторных операций составила 89% через 10 лет и 85% через 20 лет. Следует отметить, что дисфункция аутотрансплантата в этой когорте, как правило,

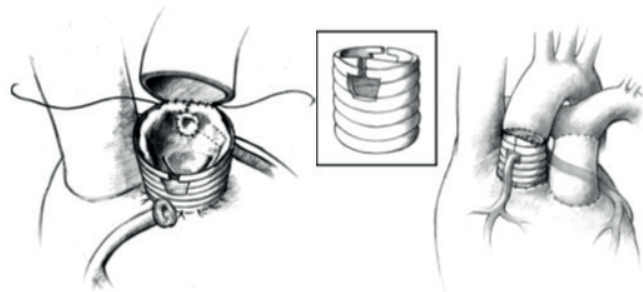


Рис. 5. Схематическое изображение операции (адаптировано из [27]).

происходил рано (т.е. в течение первых 5 лет наблюдения). Также наблюдался большой эффект эпохи: 45% повторных операций приходилось на первые 25% пациентов, до того, как были разработаны хирургические стратегии авторов. В дополнение к превосходной прочности аутотрансплантата в этой когорте пациентов с высоким риском дилатации аутотрансплантата, поздняя выживаемость также была замечательной, с 96% отсутствием общей смертности через 20 лет [22].

В настоящее время эти выдающиеся результаты представляют собой наилучшие доступные отдаленные результаты процедуры Росса у пациентов с АР, предполагая, что, когда это возможно, подход Мельбурна представляет собой отличное решение проблемы дилатации легочного аутотрансплантата. Тем не менее при использовании этой хирургической стратегии следует учитывать несколько важных деталей. Примечательно, что этот метод не очень хорошо подходит для пациентов с одностворчатым клапаном или двухстворчатым клапаном Сиверса типа 0 (комиссуры 180°), особенно при большом несоответствии между размером корня аорты и легочного аутотрансплантата. Кроме того, тот факт, что нативная аорта всегда реконструируется до одних и тех же размеров в зависимости от пола пациента, вызывает опасения по поводу потенциального искажения легочных аутотрансплантатов разного диаметра [23].

Опыт окутывания перикардом ограничен. Pacifico AD, et al. сообщили о своем опыте с 25 пациентами, у которых аутотрансплантат был обернут в перикард (аутоперикард у 12 пациентов, бычий перикард у 13). Но отдаленные результаты данной методики не были опубликованы [24].

Окутывание Дакроновым протезом легочного аутографта

Чтобы предотвратить дилатацию легочного аутотрансплантата, несколько групп авторов предложили заключить легочный аутотрансплантат в Дакронову трубку перед имплантацией (рис. 4). Для этого использовались как прямые протезы, так и протезы с синусами Вальсальвы (Terumo Vascutek, Renfrewshire, Scotland, UK). Эта методика показала хорошие первые результаты со стабильным диамет-

ром ФК аутотрансплантата и неосинуса до 5 лет [18, 25-28]. Slater M, et al. в 2005г описали модифицированную методику Росса при помощи окутывания аутографта Дакроновым протезом [19].

Koul V, et al. предложили модифицированную методику Росса с окутыванием из Дакронового протеза (рис. 5) [27]. Весь легочный аутографт снаружи поддерживается Дакроновым протезом. Дакроновый протез берется из расчета на 4 мм больше внутреннего диаметра кольца легочного аутографта, измеренного во время операции. Схематическое изображение операции представлено на рисунке 5. Данная методика была применена 13 пациентам. Средний возраст пациентов составлял 35 лет (от 22 до 50). Период наблюдения составил 16 мес. Авторы пришли к заключению, что данная методика не влияла на функцию АК и размер ФК АК, а также препятствовала дилатации неоаортального клапана (неоАК).

Al Rashidi F, et al. опубликовали среднесрочные результаты данной методики [29]. Проспективно были проанализированы 26 пациентов, которым была выполнена операция Росса, из них 13 по классической методике и 13 — модифицированная методика. Период наблюдения составил 4,5 года. Особый акцент уделялся геометрии неоАК и корня неоаорты. И было показано, что в среднесрочном периоде в динамике отсутствует дилатация ФК неоАК, синусов Вальсальвы, СТС и проксимальной части восходящей аорты по сравнению с классической методикой.

Gebauer R, et al. предоставили 10 случаев применения модифицированной методики путем окутывания сосудистым протезом (рис. 6). Средний возраст больных составил 34,2 года. В основном это были пациенты с широким ФК, т.е. пациенты с фактором риска поздней дилатации легочного аутографта. Средний диаметр ФК составил 28,5 мм (21-35 мм). Средний диаметр сосудистого протеза, применяемого для окутывания, составил $27,5 \pm 2,3$ мм. Средний период наблюдения составил 14,6 мес. За этот период ни у одного пациента не было изменения геометрии неоаортального корня. Juthier F, et al. проанализировали шестилетние результаты данной методики у 12 пациентов. В период наблюдения не было значимой регургитации на неоАК. А также отсутствовала статистически значимая дилатация диаметра ФК и синусов Вальсальвы. Средние диаметры ФК, нео-синусов Вальсальвы и СТС составили $23,3 \pm 2,6$ мм, $32,6 \pm 3,3$ мм, $28,9 \pm 4,5$ мм при выписке $24,0 \pm 1,9$ мм, $33,6 \pm 3,3$ мм и $29,5 \pm 3,6$ мм, соответственно, на последнем контроле ($p=0,32$; $p=0,08$ и $p=0,25$, соответственно) [26].

Также ряд авторов описали методики окутывания легочного аутографта сосудистым протезом [28, 30].

С точки зрения Mazine A и El-Namamsy I, основным ограничением этого подхода является то, что он изменяет форму корня аутотрансплантата, особенно

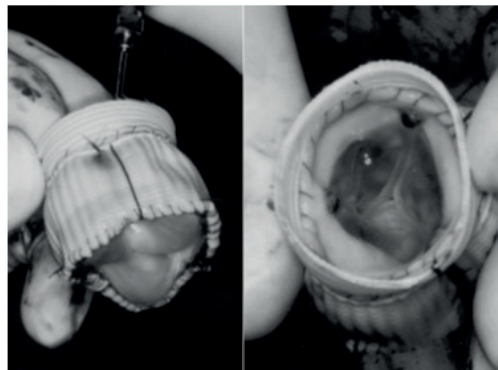


Рис. 6. Интраоперационный вид данной методики (адаптировано из [26]).

при использовании прямых Дакроновых протезов, и ухудшает его естественный динамизм. Это могло иметь негативные последствия для мгновенных движений створок аутотрансплантата, коронарного резерва кровотока и импеданса левого желудочка, тем самым потенциально сводя на нет некоторые из основных преимуществ операции Росса [23].

Кроме того, отсутствие механотрансдукции приводит к беспорядку внеклеточного матрикса и гладкомышечных клеток, что приводит к потере аутотрансплантатом своих эластичных свойств [31]. Эти соображения пока носят в основном теоретический характер, поскольку ни одно исследование не рассматривало этот вопрос в контексте обернутого аутотрансплантата. Однако гемодинамические исследования после использования методов ремоделирования и реимплантации клапанов подтверждают эти опасения [32, 33]. Использование протезов с синусами Вальсальвы, которые позволяют расширить стенку синусов, потенциально может смягчить некоторые из этих явлений.

Помимо этих проблем, данный подход также имеет ряд технических опасностей. Окутывание легочного аутотрансплантата в Дакроновый протез может вызвать искажение его естественной геометрии, что потенциально может привести к ранней АР. Еще одна ловушка — это вероятность деформации или перегиба коронарных артерий Дакроновым трансплантатом. Очень важно убедиться, что коронарные анастомозы включают стенку аутотрансплантата и Дакроновый трансплантат во время коронарной реимплантации, чтобы избежать перегиба коронарной артерии. Еще одна проблема — это возможность скопления крови в свободном пространстве между стенкой аутотрансплантата и Дакроновым трансплантатом, с образованием гематомы, которая может сдавливать корень неоаорты или создавать очаг инфекции. Например, Чернов И. И. и др. наоборот рекомендуют не захватывать сосудистый протез, а только легочный аутографт при имплантации устьев коронарных артерий во избежание перегиба и накопления гематомы между протезом и неоаортой [34]. Сам дакрон, как син-

тетический материал, вызывает некоторые опасения, поскольку он связан с усилением воспалительной реакции вокруг легочного аутотрансплантата, что может привести к ранней дисфункции и ограничить долгосрочные преимущества операции Росса [35]. Черновым И. И. и др. были опубликованы отличные пятилетние результаты данной методики [36].

Другими авторами было предложено использовать альтернативные синтетические материалы, такие как GoreTex (W. L. Gore & Associates Inc., Flagstaff, AZ, USA), но отдаленные результаты на сегодняшний день отсутствуют [37].

Экстраанатомическая аннулопластика и укрепление СТС

Пациенты с АР и расширенным ФК АК имеют повышенный риск дилатации аутотрансплантата и оттока. Как описано ранее, несколько стратегий с использованием внешней поддержки доказали свою эффективность в снижении риска поздней дилатации аутотрансплантата. Однако эти стратегии могут ограничивать подвижность легочного аутотрансплантата и тем самым ограничивать некоторые ожидаемые преимущества процедуры Росса. Стремясь минимизировать риск дилатации аутотрансплантата, обеспечивая при этом отличную гемодинамику и неограниченную подвижность аутотрансплантата, некоторые авторы выступают за подход, при котором хирургическое и послеоперационное лечение индивидуально для каждого пациента. Этот подход фокусируется на известных факторах риска дилатации аутотрансплантата и нацелен на них в соответствии с индивидуальной анатомией и характеристиками пациента. Цель состоит в том, чтобы стабилизировать или поддержать различные компоненты корня неоаорты, чтобы предотвратить дилатацию на всех уровнях: ФК, синусы Вальсальвы и СТС. Другой целью этого подхода является минимизация неконтролируемой артериальной гипертензии, хорошо известного фактора риска ранней дилатации аутотрансплантата и дисфункции неоАК, что особенно выражено у пациентов с предоперационной АР. Этот адаптированный хирургический подход (рис. 2 С) подробно описан в других источниках [38, 39].

Таким образом, корень аутотрансплантата ориентирован так, чтобы более тонкий, обращенный влево синус находился в левом коронарном синусе. Перед имплантацией обрезают аутотрансплантат так, чтобы осталось как можно меньше инфундибулярной мышцы. Аутотрансплантат помещается в выводной тракт левого желудочка (субаннулярная имплантация) так, что нативное кольцо аорты может обеспечивать кольцевую поддержку. У пациентов с АР выполняют внеаортальную аннулопластику с использованием полного кругового кольца из дакрона для дальнейшей стабилизации кольца аорты [40].

Mazine A и El-Namamsy I считают, что этот подход более эффективен для предотвращения позднего увеличения диаметра кольца по сравнению с аннулопластичным швом или полукольцами. Чтобы обеспечить дополнительную поддержку, авторы используют собственный некоронарный синус и левую комиссуру в качестве свободной внешней оболочки. Кроме того, легочная артерия обрезается непосредственно над спайкой, чтобы минимизировать объем стенки легочной артерии, которая будет подвергаться системному давлению. У пациентов с диаметром восходящей аорты >36 мм или несоответствием размера $>3-4$ мм между восходящей аортой и СТС аутотрансплантата во время операции рекомендуют хирургическое лечение восходящей аорты, поскольку расширение СТС является известным механизмом несостоятельности аутотрансплантата. Чтобы снизить этот риск, устанавливается короткий Дакроновый трансплантат между аутотрансплантатом и восходящей аортой, который стабилизирует СТС [39]. При использовании этой стратегии жизненно важно, чтобы Дакроновый промежуточный трансплантат был настолько коротким, насколько это необходимо, поскольку авторы наблюдали, что замена восходящей аорты Дакроновым трансплантатом, стабилизируя СТС, приводит к значительному увеличению жесткости корня аутотрансплантата [41], что может ограничить некоторые преимущества операции и привести к снижению прочности аутотрансплантата [9]. В дополнение к вышеупомянутым техническим деталям, Mazine A и El-Namamsy I внедрили строгий ориентированный на пациента протокол удаленного мониторинга артериального давления, нацеленный на систолическое артериальное давление ≤ 110 мм рт.ст. в течение первых 12 мес. после операции. С 2011г данные авторы выполнили >500 процедур Росса с использованием этого подхода с отличными среднесрочными результатами и без признаков дилатации аутотрансплантата. В недавнем анализе не наблюдалось различий в размерах корня аутотрансплантата между пациентами с предоперационной АР и аортальным стенозом в течение 7 лет после операции [38]. Для подтверждения долгосрочной стабильности размеров аутотрансплантата и определения жизнеспособности этого подхода необходимо постоянное наблюдение. В частности, будет интересно определить влияние этого индивидуального хирургического подхода на частоту первичной недостаточности аутотрансплантата, как это наблюдалось в других исследованиях [42].

Brown JW, et al. проанализировали 31 пациента с двухстворчатый АК и дилатацией восходящего отдела аорты, которым в рамках операции Росса была выполнена аннулопластика в сочетании с протезированием восходящего отдела аорты (рис. 7) [20]. Средний возраст включенных больных составил

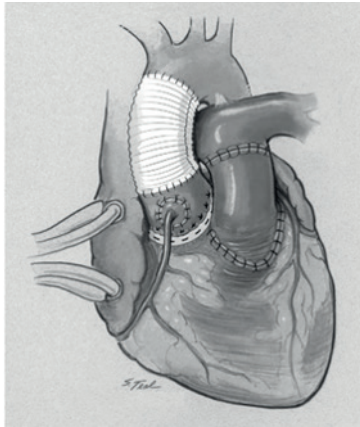


Рис. 7. Аннулопластика АК и протезирование восходящего отдела аорты (адаптировано из [20]).

28,8±14,4 лет. Все пациенты имели от умеренной до выраженной АР. Средний размер сосудистого протеза, который использовали для протезирования восходящей аорты, составил 25±2,6 мм. Среднее время ишемии миокарда составило 94±24 мин, время искусственного кровообращения — 133±28 мин. У троих больных в послеоперационном периоде возникли осложнения: рестернотомия по поводу кровотечения была выполнена в данном случае 3,2%, проблемы с правой коронарной артерией — однократно (3,2%), компартмент-синдром правой нижней конечности также у 1 больного (3,2%). В госпитальном периоде не было летальных исходов. Средний период наблюдения составил 2,5±2,2 года. Диаметр корня аорты увеличился у 3 (10%) больных.

Чернов И. И. и др. проанализировали непосредственные результаты модифицированной операции Росса (рис. 8) у 21 взрослого пациента [34]. Средний возраст включенных больных составил 41±10,1 лет. В 42,9% случаев выполнялись комбинированные вмешательства на сердце. Дилатированный АК имелся у 8 (38,1%) больных. Интрааортальная методика (рис. 6 А) была применена у 12 и окутывание сосудистым протезом (рис. 6 В) у 9 больных. В госпитальном периоде не было летальности. Имелся ряд нефатальных осложнений, таких как: периоперационный инфаркт миокарда — 1 (4,8%), инсульт — 1 (4,8%), рестернотомия по поводу кровотечения — 1 (4,8%), острое почечное повреждение — 3 (14,3%). При контрольной эхокардиографии были отмечены отличные гемодинамические показатели: максимальный градиент на легочном аутографте составил 9,1±5,3 мм рт.ст.

Чуть позже Чернов И. И. и др. представили пятилетние результаты модифицированной операции Росса [36]. Ретроспективно были проанализированы 43 пациента, которым была выполнена модифицированная методика Росса, из них интрааортальную методику применяли в 22 (51,2%) случаях, окуты-

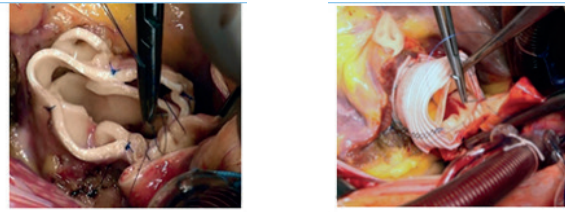


Рис. 8. Интраоперационная фотография модифицированных методик Росса (адаптировано из [34]).

Примечание: А) интрааортальное окутывание, В) окутывание Дакроновым сосудистым протезом.

вание Дакроновым протезом — 21 (48,8%) случае. Средний возраст больных составил 40,0±11,7 года. Двухстворчатый АК диагностировали у 29 (67,4%) больных. Пятилетняя общая выживаемость, свобода от реоперации и дилатации восходящей аорты или легочного аутографта не менее 5 см составили 97,4%, 100,0% и 100,0%, соответственно.

Несколько исследований последовательно идентифицировали предоперационную АР и дилатацию кольца аорты как предикторы дисфункции ауто-трансплантата. Таким образом, пациенты с этими особенностями представляют собой неоптимальную анатомическую основу для операции Росса. Тем не менее при рассмотрении этих доказательств и выяснении роли процедуры Росса в этой группе пациентов следует иметь в виду несколько важных особенностей. А именно, что процедура Росса представляет собой “эволюционную сказку”, означающую, что, хотя операция была введена более полувека назад, она продолжала развиваться благодаря постепенному пониманию сложных анатомических и физиологических особенностей, связанных с ее выполнением [43]. Как подробно описано в предыдущем разделе, были предложены многочисленные технические модификации и дополнительные меры для снижения риска поздней дисфункции, особенно у пациентов с АР (рис. 2). С внедрением этих методов вполне вероятно, что результаты операции со временем будут улучшаться.

Будущее модифицированной операции Росса

В последние годы был достигнут значительный прогресс в понимании механизмов, которые приводят к дилатации ауто-трансплантата и отказу от него у пациентов с предоперационной АР. Это позволило разработать хирургические стратегии, направленные на предотвращение этого позднего осложнения. Как резюмируется в этой статье, внешняя поддержка легочного ауто-трансплантата является эффективной стратегией предотвращения дилатации. Однако этот подход вызывает теоретические опасения, связанные с ограничением подвижности ауто-трансплантата, потенциально нарушающим гемодинамику корня аорты и сводящим на нет некоторые долгосрочные преиму-

щества операции. Требуется дальнейшие исследования, чтобы определить, приводят ли эти теоретические опасения к клинически значимым результатам. Как упоминалось ранее, у пациентов, у которых развивается дилатация легочного аутографта после процедуры Росса, большая часть увеличения диаметра наблюдается вскоре после операции [44]. Таким образом, если бы можно было обеспечить временную внешнюю поддержку аутографту на ранней стадии ремоделирования, это позволило бы ему безопасно адаптироваться к системному давлению, а также обеспечило бы неограниченную гемодинамику в долгосрочной перспективе и снизило бы риски, связанные с использованием протезов. Разработка полностью рассасываемых биоинженерных каркасов открывает большие перспективы для реализации этого видения. Данная концепция не нова. Еще в 1993г Mortiz A, et al. предложили окутывание легочного аутографта рассасывающимся полилактином 910 [45]. К сожалению, о долгосрочных результатах этого подхода не сообщалось. Совсем недавние достижения в области биоматериалов привели к возрождению этой концепции. Nappi F, et al. разработали биоинженерный полурезорбируемый каркас из композита полидиоксана и вспененного политетрафторэтилена и имплантировали его в гетеротопную экспериментальную модель Росса [46]. Каркас был обернут вокруг легочного аутографта

десяти ягнят и имплантирован в их нисходящую аорту. Через 6 мес. каркас эффективно предотвращал расширение по сравнению с контрольными ягнятами. Эксплантированные аутографты не показали воспалительных изменений, а композит хорошо интегрировался в стенку сосуда. Эти результаты являются многообещающими, и продолжение исследований в этой области потенциально может обеспечить оптимальное решение для пациентов с риском дилатации аутографта.

Заключение

Модифицированные методики для внешней поддержки легочного аутографта являются эффективными мерами для предотвращения дилатации, однако этот подход вызывает теоретические опасения, связанные с ограничением подвижности аутографта, потенциально нарушающим гемодинамику корня аорты. Требуется дальнейшие исследования отдаленных результатов, чтобы определить, приводят ли эти теоретические опасения к клинически значимым результатам, также определить наиболее эффективный и безопасный метод модифицированной операции Росса.

Отношения и деятельность: все авторы заявляют об отсутствии потенциального конфликта интересов, требующего раскрытия в данной статье.

Литература/References

- Otto CM, Nishimura RA, Bonow RO, et al. 2020 ACC/AHA Guideline for the Management of Patients with Valvular Heart Disease: A Report of the American College of Cardiology/American Heart Association Joint Committee on Clinical Practice Guidelines. *Circulation*. 2021;143(5):e35-e71. doi:10.1161/CIR.0000000000000932. Erratum in: *Circulation*. 2021;143(5):e228. Erratum in: *Circulation*. 2021;143(10):e784.
- Vahanian A, Beyersdorf F, Praz F, et al. 2021 ESC/EACTS Guidelines for the management of valvular heart disease. *Eur Heart J*. 2022;43(7):561-632. doi:10.1093/eurheartj/ehab395. Erratum in: *Eur Heart J*. 2022 Feb 18.
- Çelik M, Milojevic M, Durko AP, et al. Asymptomatic patients with severe aortic stenosis and the impact of intervention. *J Cardiovasc Dev Dis*. 2021;8(4):35. doi:10.3390/jcdd8040035.
- Cardiovascular Surgery-2019. Bockeria LA (ed.). M.: A.N. Bakulev National Medical Research Center of Cardiovascular Surgery. 2020. p. 294. (In Russ.) Сердечно-сосудистая хирургия — 2019. Бокерия Л.А. (ред.). М.: НМИЦССХ им. А.Н. Бакулева Минздрава России. 2020. 294 с.
- Ross DN. Replacement of aortic and mitral valves with a pulmonary autograft. *Lancet*. 1967;2:956-8. doi:10.1016/S0140-6736(67)90794-5.
- TO THE 20th ANNIVERSARY OF OPERATION ROSS IN RUSSIA (1998-2018). *Circulation Pathology and Cardiac Surgery*. 2018;22(2):9-10. (In Russ.) К 20-ЛЕТИЮ ОПЕРАЦИИ РОССА В РОССИИ (1998-2018). Патология кровообращения и кардиохирургия. 2018;22(2):9-10.
- El-Hamamsy I, Eryigit Z, Stevens L-M, et al. Long-term outcomes after autograft versus homograft aortic root replacement in adults with aortic valve disease: a randomised controlled trial. *Lancet*. 2010;376:524-31. doi:10.1016/S0140-6736(10)60828-8.
- David TE, David C, Woo A, Manlihot C. The Ross procedure: outcomes at 20 years. *J Thorac Cardiovasc Surg*. 2014;147:85-93. doi:10.1016/j.jtcvs.2013.08.007.
- Martin E, Mohammadi S, Jacques F, et al. Clinical Outcomes Following the Ross Procedure in Adults: A 25-Year Longitudinal Study. *J Am Coll Cardiol*. 2017;70:1890-9. doi:10.1016/j.jacc.2017.08.030.
- Mastrobuoni S, de Kerchove L, Solari S, et al. The Ross procedure in young adults: over 20 years of experience in our Institution. *Eur J Cardio-Thoracic Surg*. 2016;49:507-13. doi:10.1093/ejcts/ezv053.
- Brown JW, Ruzmetov M, Rodefeld MD, et al. Incidence of and Risk Factors for Pulmonary Autograft Dilatation After Ross Aortic Valve Replacement. *Ann Thorac Surg*. 2007;83:1781-9. doi:10.1016/j.athoracsur.2006.12.066.
- Kouchoukos NT, Masetti P, Nickerson NJ, et al. The Ross procedure: long-term clinical and echocardiographic follow-up. *Ann Thorac Surg*. 2004;78:773-81. doi:10.1016/j.athoracsur.2004.02.033.
- Elkins RC, Lane MM, McCue C, Chandrasekaran K. Ross operation and aneurysm or dilation of the ascending aorta. *Semin Thorac Cardiovasc Surg*. 1999;11:50-4.
- Simon-Kupilik N, Bialy J, Moidl R, et al. Dilatation of the autograft root after the Ross operation. *Eur J Cardio-Thoracic Surg*. 2002;21:470-3. doi:10.1016/S1010-7940(02)00016-7.
- Luciani GB, Mazzucco A. Aortic root disease after the Ross procedure. *Curr Opin Cardiol*. 2006;21:555-60. doi:10.1097/01.hco.0000245742.93453.1d.
- David TE, Omran A, Ivanov J, et al. Dilatation of the pulmonary autograft after the Ross procedure. *J Thorac Cardiovasc Surg*. 2000;119:210-20. doi:10.1016/S0022-5223(00)70175-9.
- Skillington PD, Mokhles MM, Takkenberg JMM, et al. The Ross procedure using autologous support of the pulmonary autograft: techniques and late results. *J Thorac Cardiovasc Surg*. 2015;149:S46-52. doi:10.1016/j.jtcvs.2014.08.068.
- Carrel T, Kadner A. Long-Term Clinical and Imaging Follow-Up After Reinforced Pulmonary Autograft Ross Procedure. *Semin Thorac Cardiovasc Surg Pediatr Card Surg Annu*. 2016;19:59-62. doi:10.1053/j.pcsu.2015.11.005.
- Slater M, Shen I, Welke K, et al. 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.
- Brown JW, Ruzmetov M, Shahriari AP, et al. Modification of the Ross aortic valve replacement to prevent late autograft dilatation. *Eur J Cardio-Thoracic Surg*. 2010;37:1002-7. doi:10.1016/j.ejcts.2009.12.012.
- Mazine A, El-Hamamsy I, Verma S, et al. Ross Procedure in Adults for Cardiologists and Cardiac Surgeons: JACC State-of-the-Art Review. *J Am Coll Cardiol*. 2018;72(22):2761-77. doi:10.1016/j.jacc.2018.08.2200.
- Poh CL, Buratto E, Larobina M, et al. The Ross procedure in adults presenting with bicuspid aortic valve and pure aortic regurgitation: 85% freedom from reoperation at 20 years. *Eur J Cardio-Thoracic Surg*. 2018;54:420-6. doi:10.1093/ejcts/ezy073.
- Mazine A, El-Hamamsy I. The Ross procedure is an excellent operation in non-repairable aortic regurgitation: insights and techniques. *Ann Cardiothorac Surg* 2021;10:463-75. doi:10.21037/acs-2021-rp-25.
- Pacifico AD, Kirkin JK, McGiffin DC, et al. The Ross operation—early echocardiographic comparison of different operative techniques. *J Heart Valve Dis*. 1994;3:365-70.

25. Carrel T, Schwerzmann M, Eckstein F, et al. Preliminary results following reinforcement of the pulmonary autograft to prevent dilatation after the Ross procedure. *J Thorac Cardiovasc Surg.* 2008;136:472-5. doi:10.1016/j.jtcvs.2008.02.004.
26. Juthier F, Banfi C, Vincentelli A, et al. Modified Ross operation with reinforcement of the pulmonary autograft: Six-year results. *J Thorac Cardiovasc Surg.* 2010;139:1420-3. doi:10.1016/j.jtcvs.2010.01.032.
27. Koul B, Al-Rashidi F, Bhat M, Meurling C. A modified Ross operation to prevent pulmonary autograft dilatation. *Eur J Cardio-Thoracic Surg.* 2007;31:127-8. doi:10.1016/j.ejcts.2006.10.005.
28. Ungerleider RM, Ootaki Y, Shen I, Welke KF. Modified Ross procedure to prevent autograft dilatation. *Ann Thorac Surg.* 2010;90:1035-7; discussion 1037. doi:10.1016/j.athoracsur.2009.09.078.
29. Al Rashidi F, Bhat M, Höglund P, et al. The modified Ross operation using a Dacron prosthetic vascular jacket does prevent pulmonary autograft dilatation at 4.5-year follow-up. *Eur J Cardio-Thoracic Surg.* 2010;37:928-33. doi:10.1016/j.ejcts.2009.11.008.
30. Roux PM, Saad N. Modified Ross Procedure for Dysplastic Ascending Aorta. *Ann Thorac Surg.* 2003;76:1754-6. doi:10.1016/S0003-4975(03)00525-3.
31. Vanderveken E, Vastmans J, Verbelen T, et al. Reinforcing the pulmonary artery autograft in the aortic position with a textile mesh: a histological evaluation. *Interact Cardiovasc Thorac Surg.* 2018;27:566-73. doi:10.1093/icvts/ivy134.
32. Fries R, Graeter T, Aicher D, et al. In vitro comparison of aortic valve movement after valve-preserving aortic replacement. *J Thorac Cardiovasc Surg.* 2006;132:32-7. doi:10.1016/j.jtcvs.2006.02.034.
33. Furukawa K, Ohteki H, Cao Z-L, et al. Evaluation of native valve-sparing aortic root reconstruction with direct imaging—reimplantation or remodeling? *Ann Thorac Surg.* 2004;77:1636-41. doi:10.1016/j.athoracsur.2003.09.045.
34. Chernov II, Kozmin DY, Makeev SA, et al. Immediate results of modified Ross procedure. *Circulation Pathology and Cardiac Surgery.* 2016;20(1):12-8. (In Russ.) Чернов И.И., Козьмин Д.Ю., Makeev С.А. и др. Непосредственные результаты модифицированной операции Росса. *Патология кровообращения и кардиохирургия.* 2016;20(1):12-8.
35. Nappi F, Carotenuto AR, Cutolo A, et al. Compliance mismatch and compressive wall stresses drive anomalous remodelling of pulmonary trunks reinforced with Dacron grafts. *J Mech Behav Biomed Mater.* 2016;63:287-302. doi:10.1016/j.jmbbm.2016.06.023.
36. Chernov II, Enginiev ST, Kondratyev DA, et al. Five-year outcomes of the modified Ross surgery in adults: experience from one center. *Circulation Pathology and Cardiac Surgery.* 2021;25(3):43-50. (In Russ.) Чернов И.И., Энгиниев С.Т., Кондратьев Д.А. и др. Пятилетние результаты модифицированной операции Росса у взрослых: опыт одного центра. *Патология кровообращения и кардиохирургия.* 2021;25(3):43-50. doi:10.21688/1681-3472-2021-3-43-50.
37. Kollar AC, Lick SD, Palacio DM, Johnson RFJ. Ross procedure with a composite autograft using stretch Gore-Tex material. *Ann Thorac Surg.* 2009;88:e34-6. doi:10.1016/j.athoracsur.2009.06.117.
38. Bouhout I, Ghoneim A, Tousch M, et al. Impact of a tailored surgical approach on autograft root dimensions in patients undergoing the Ross procedure for aortic regurgitation. *Eur J Cardio-Thoracic Surg.* 2019;56:959-67. doi:10.1093/ejcts/ezz105.
39. Mazine A, Ghoneim A, El-Hamamsy I. The Ross Procedure: How I Teach It. *Ann Thorac Surg.* 2018;105:1294-8. doi:10.1016/j.athoracsur.2018.01.048.
40. Basmadjian L, Basmadjian AJ, Stevens L-M, et al. Early results of extra-aortic annuloplasty ring implantation on aortic annular dimensions. *J Thorac Cardiovasc Surg.* 2016;151:1280-5.e1. doi:10.1016/j.jtcvs.2015.12.014.
41. Lenoir M, Emmott A, Bouhout I, et al. Autograft remodeling after the Ross procedure by cardiovascular magnetic resonance imaging: Aortic stenosis versus insufficiency. *J Thorac Cardiovasc Surg.* 2022;163(2):578-87.e1. doi:10.1016/j.jtcvs.2020.03.185.
42. David TE, Woo A, Armstrong S, Maganti M. When is the Ross operation a good option to treat aortic valve disease? *J Thorac Cardiovasc Surg.* 2010;139:65-8. doi:10.1016/j.jtcvs.2009.09.053.
43. Yacoub MH. The Ross operation — an evolutionary tale. *Asian Cardiovasc Thorac Ann.* 2006;14:1-2. doi:10.1177/021849230601400101.
44. Hokken RB, Takkenberg JJM, van Herwerden LA, et al. Excessive pulmonary autograft dilatation causes important aortic regurgitation. *Heart.* 2003;89:933-4. doi:10.1136/heart.89.8.933.
45. Mortiz A, Domanig E, Marx M, et al. Pulmonary autograft valve replacement in the dilated and asymmetric aortic root. *Eur J Cardio-Thoracic Surg.* 1993;7:405-8. doi:10.1016/1010-7940(93)90003-t.
46. Nappi F, Spadaccio C, Fraldi M, et al. A composite semiresorbable armoured scaffold stabilizes pulmonary autograft after the Ross operation: Mr Ross's dream fulfilled. *J Thorac Cardiovasc Surg.* 2016;151:155-64.e1. doi:10.1016/j.jtcvs.2015.09.084.