

Федеральное государственное бюджетное учреждение
«Национальный медицинский исследовательский центр
имени В.А. Алмазова» Министерства здравоохранения
Российской Федерации

На правах рукописи

Пантелейева Юлия Константиновна

**СРАВНЕНИЕ ЭНДОВАСКУЛЯРНОГО И ГИБРИДНОГО МЕТОДОВ
ЛЕЧЕНИЯ АНЕВРИЗМ ДУГИ И НИСХОДЯЩЕГО ОТДЕЛА ГРУДНОЙ
АОРТЫ**

3.1.15 Сердечно-сосудистая хирургия

ДИССЕРТАЦИЯ
на соискание ученой степени кандидата медицинских наук

Научный руководитель:
Чернявский Михаил Александрович,
доктор медицинских наук

Санкт-Петербург
2025

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	3
ГЛАВА 1. ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ.....	11
1.1. Аневризмы грудного отдела аорты: определение, эпидемиология, этиология.....	11
1.2. Клиническая картина и показания к хирургическому лечению при патологии дуги и нисходящего отдела грудной аорты.....	12
1.3. Эволюция хирургического лечения патологии при патологии дуги и нисходящего отдела грудной аорты.....	13
1.4. Открытая хирургия при патологии дуги и нисходящего отдела грудной аорты.....	15
1.5. Гибридная хирургия при патологии дуги и нисходящего отдела грудной аорты.....	17
1.6. Эндоваскулярная хирургия при патологии дуги и нисходящего отдела грудной аорты.....	21
1.7. Послеоперационное ведение пациентов. Диагностика осложнений.....	32
ГЛАВА 2. МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ	34
2.1 Дизайн исследования.....	34
2.2 Планирование вмешательства и предоперационный расчет компонентов.....	37
2.3 Эндопротезирование аорты с « <i>in situ</i> » фенестрацией в стент-графте	39
2.4 Эндопротезирование аорты с « <i>on the table</i> » фенестрацией в стент-графте	47
2.5 Алгоритм выбора способа фенестрации в стент-графте	50
2.6 Техника гибридного хирургического лечения	52
2.7 Общая клиника-демографическая и анатомическая характеристика пациентов	55
2.8 Медикаментозная терапия после вмешательства	58
2.9 Анализ данных после хирургического лечения	59
2.10 Статистическая обработка полученных данных.....	60
ГЛАВА 3. РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ.....	62
3.1 Интраоперационные результаты	62
3.2 Результаты лечения в госпитальном периоде	65
3.3 Результаты лечения в отдаленном периоде.....	67
3.4 Клинические примеры пациентов	70
ГЛАВА 4. ОБСУЖДЕНИЕ ПОЛУЧЕННЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ.....	78
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	82
ВЫВОДЫ	83
ПРАКТИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ.....	84
ПЕРСПЕКТИВЫ ДАЛЬНЕЙШЕЙ РАЗРАБОТКИ ТЕМЫ	85
СПИСОК СОКРАЩЕНИЙ	86
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ	89

ВВЕДЕНИЕ

Актуальность темы исследования и степень ее разработанности

В последнее время отмечается неуклонный рост числа пациентов, у которых диагностированы аневризма и/или расслоение дуги и нисходящего отдела грудной аорты. Подобная эпидемиологическая динамика, наиболее выраженная в развитых странах, детерминирована комплексом взаимосвязанных факторов. Первостепенную роль играет повышение клинической настороженности специалистов различных специальностей в отношении данной нозологии. Кроме того, совершенствование диагностических технологий обеспечивает раннюю верификацию патологии, что закономерно приводит к росту ее выявляемости. Отдельного внимания заслуживает влияние демографического старения популяции, на фоне которого наблюдается увеличение частоты дегенеративных изменений аортальной стенки, ассоциированных с атеросклеротическим поражением и артериальной гипертензией [58].

Согласно современным исследованиям, распространённость аневризм грудного отдела аорты достигает 10 случаев на 100 000 населения ежегодно, причём локализация в дуге аорты составляет не более 10% от общего числа [35, 54]. Частота расслоений в данной анатомической зоне варьирует в пределах 3–8 случаев на 100 000 человек в год [21, 28]. Летальность при данной патологии остается стабильно высокой и составляет до 50–80% при разрыве или остром расслоении [47, 52].

Хирургическое лечение заболеваний грудного отдела аорты с вовлечением дуги представляет собой непростую задачу для сердечно-сосудистых хирургов в том числе из-за анатомической сложности данной зоны. Открытые хирургические вмешательства с применением гипотермической остановки кровообращения сохраняют статус «золотого стандарта», однако данный подход ассоциирован с высоким риском интра- и послеоперационных осложнений, включая неврологический дефицит, полиорганическую дисфункцию и летальные исходы.

Согласно клиническим исследованиям, частота осложнений при традиционной коррекции аневризм и расслоений нисходящей грудной аорты с поражением дуги (выполняемой через стернотомию или торакотомию в условиях циркуляторного ареста и глубокой гипотермии) варьирует в пределах 8–15% [46, 61]. Это обусловлено высокой травматичностью доступа, необходимостью длительного периода искусственного кровообращения и риском ишемического повреждения органов-мишеней.

В данном контексте гибридные хирургические методики демонстрируют значительные преимущества, объединяя радикальность открытых вмешательств и малоинвазивность эндоваскулярных технологий. Ключевыми аспектами их применения являются: создание достаточной зоны для проксимальной фиксации стент-графта (за счет предварительного дебранчинга ветвей дуги аорты), снижение инвазивности вмешательства за счет минимизации объема открытого этапа операции (исключение необходимости глубокой гипотермии и продленного искусственного кровообращения, что существенно уменьшает риски цереброваскулярных и кардиальных осложнений), уменьшение длительности послеоперационного восстановления. Таким образом, интеграция гибридных подходов в хирургическую практику представляет собой перспективное направление, позволяющее улучшить непосредственные и отдаленные результаты лечения пациентов с сложными поражениями аорты [15]. Вместе с тем, у пациентов с хроническим течением заболевания и поражением ветвей дуги аорты открытый и эндоваскулярный этапы гибридного хирургического вмешательства нередко выполняются в ходе нескольких госпитализаций, что увеличивает стоимость лечения [9]. Кроме того, несмотря на ряд преимуществ, гибридная хирургия ассоциируется с относительно высокой летальностью и имеет ряд противопоказаний у полиморбидных пациентов.

Эндоваскулярное лечение патологии грудного отдела аорты (thoracic endovascular aortic repair – TEVAR) претерпело значительные изменения в течение последних двух десятилетий. Внедрение современных стент-графтов нового поколения и усовершенствованных транскатетерных технологий способствовало расширению показаний к применению TEVAR, включая патологию дуги аорты. Для обеспечения перфузии брахиоцефальных артерий (БЦА) разработаны инновационные эндоваскулярные методики реваскуляризации, такие как имплантация параллельных стент-графтов (например, техника «дымоход» – chimney), а также использование браншированных и фенестрированных эндопротезов. Несмотря на доказанную клиническую эффективность техники параллельных стент-графтов в лечении поражений дуги аорты с сохранением кровотока по БЦА, высокая частота эндоликов типа IA (по данным различных исследований – от 7,4% до 40%, в среднем 20,1%) существенно ограничивает ее применение [32, 82].

Браншированные и фенестрированные стент-графты заводского производства представляют собой перспективное направление в хирургии сложных аортальных патологий. Однако их широкое внедрение в клиническую практику сдерживается длительными сроками изготовления и высокой стоимостью. В связи с этим значительный интерес вызывает альтернативный метод – интраоперационная модификация стент-графтов хирургом (physician-modified endograft – PMEG), сочетающий малоинвазивность и высокую адаптивность к

анатомическим особенностям пациента. Модификация стент-графта может осуществляться двумя основными способами: «on the table» – создание фенестрации «на столе» или «ex vivo» непосредственно перед имплантацией стент-графта; «in situ» – формирование фенестры тотчас после имплантации стент-графта в аорту.

Каждый из этих методов обладает специфическими преимуществами и техническими ограничениями, что диктует необходимость индивидуального подхода к выбору стратегии эндоваскулярного вмешательства при патологиях дуги аорты.

Неопределенность тактических подходов ведения данной категории пациентов, сохраняющийся высокий уровень осложнений и рисков неблагоприятных исходов, отсутствие общепринятых подходов к лечению данной патологии, основывающиеся в значительной мере на опыте конкретной клиники обуславливают актуальность проведения настоящего исследования. С учетом вышеизложенного были определены цель и задачи.

Цель исследования

Определить тактику малоинвазивного хирургического лечения пациентов с аневризмами дуги и нисходящего отдела грудной аорты на основании сравнительной оценки безопасности и эффективности результатов эндоваскулярного и гибридного методов лечения в раннем и отдаленном послеоперационных периодах.

Задачи исследования

- 1) Сравнить результаты эндоваскулярного и гибридного методов лечения пациентов с аневризмами дуги и нисходящего отдела грудной аорты в интраоперационном периоде.
- 2) Исследовать результаты эндоваскулярного и гибридного методов лечения пациентов с аневризмами дуги и нисходящего отдела грудной аорты на госпитальном этапе.
- 3) Изучить частоту неблагоприятных событий в отдаленном периоде (24 месяца) после эндоваскулярного и гибридного методов лечения пациентов с аневризмами дуги и нисходящего отдела грудной аорты (первичная комбинированная конечная точка по безопасности).
- 4) Предложить алгоритм выбора способа выполнения фенестрации стент-графта в зависимости от анатомии дуги аорты и брахиоцефальных артерий у пациентов, которым планируется эндоваскулярное лечение.

Научная новизна

- 1) Разработан уникальный способ эндопротезирования дуги аорты с направленной фенестрацией в устье левой подключичной артерии со сложной анатомией (патент № 2835724 Российской Федерации);
- 2) На основании сравнительного анализа непосредственных и отдаленных результатов эндоваскулярного и гибридного методов лечения пациентов с аневризмами дуги и нисходящего отдела грудной аорты сделан вывод о безопасности и эффективности данных методов лечения.

Теоретическая и практическая значимость

- 1) В работе детально изложена методика эндопротезирования аортальной дуги, включающая различные техники фенестрации стент-графта для обеспечения перфузии брахиоцефальных артерий.
- 2) На основе систематизации литературных источников и анализа собственных клинических наблюдений предложен алгоритм выбора оптимального метода фенестрации стент-графта при эндопротезировании дуги аорты.
- 3) Проведена оценка ближайших и отдаленных исходов эндоваскулярных и гибридных вмешательств у пациентов с аневризмами дуги аорты.

Методология и методы исследования

С целью достижения поставленных задач, проведено одноцентровое ретроспективное сравнительное исследование. Данные были получены в период с 2017 по 2024 год в Клинике сосудистой хирургии ФГБУ «НМИЦ им. В.А. Алмазова» Минздрава России. Исследование выполнено в соответствии с принципами доказательной медицины, для оценки результатов работы использовались современные методы статистического анализа. В ходе выполнения исследования применялись методы лечения, соответствующие актуальным отечественным и международным клиническим рекомендациям.

Основные положения, выносимые на защиту

1. Методы эндоваскулярного и гибридного хирургического лечения пациентов с аневризмами дуги и нисходящего отдела грудной аорты сопоставимы по комбинированному техническому успеху (полная изоляция аневризмы при сохранении проходимости всех брахиоцефальных ветвей, отсутствие эндоликов I и III типов, отсутствие конверсии в открытое хирургическое вмешательство) в интраоперационном периоде.
2. Метод гибридного хирургического лечения пациентов с аневризмами дуги и нисходящего отдела грудной аорты уступает эндоваскулярному методу по клиническому успеху вмешательства на госпитальном этапе в связи с осложнениями, связанными с открытым этапом операции (повреждение периферических нервов, острые нарушения мозгового кровообращения).
3. Метод эндоваскулярного хирургического лечения обладает лучшим комбинированным показателем клинического успеха, включающим острые нарушения мозгового кровообращения, инфаркт миокарда, смерть от аортальных причин и реинтervенции в отдаленном периоде наблюдения через 24 месяца.

Степень достоверности и апробация результатов

Настоящее диссертационное исследование было рассмотрено и одобрено Локальным этическим комитетом ФГБУ «НМИЦ им. В.А. Алмазова» Минздрава России (выписка №0309-23, протокол №09-23 от 04.09.2023). Работа выполнена в соответствии с этическими и научными стандартами, регламентирующими проведение медицинских исследований. Достоверность полученных результатов подтверждается репрезентативным объемом изучаемого клинического материала и достаточным количеством пациентов, включенных в исследование. При анализе данных использовались современные методы статистической обработки, а результаты и выводы работы полностью соответствуют поставленным целям и задачам.

Основные положения диссертации были представлены на следующих российских и зарубежных мероприятиях:

- The 6-th China Vascular Congress (CVC 2021), Китай, онлайн-конференция. Устный доклад. 04 сентября 2021.
- The 7-th China Vascular Congress (CVC 2022), Китай, онлайн-конференция. Устный доклад. 22 августа 2022.

- XI Научные чтения, посвященные памяти академика Е.Н. Мешалкина г. Новосибирск. Устный доклад. 16-18 июня 2022 года.
- Leipzig Interventional Course (LINC). Устный доклад. Лейпциг 6-9 июня 2023 года.
- VII Сибирский международный аортальный симпозиум, г. Новосибирск. Устный доклад. 14-15 апреля 2023.
- Всероссийская юбилейная научная конференция, посвященная 130-летию со дня рождения академика АМН СССР П.А. Куприянова и 80-летию 1 кафедры (Хирургии усовершенствования врачей) Военно-медицинской академии, г. Санкт-Петербург. Устный доклад. 26-27 мая 2023.
- XXVI Ежегодная сессия НМИЦ ССХ им. А.Н. Бакулева с Всероссийской конференцией молодых ученых, г. Москва. Устный доклад. 14-16 мая 2023 года.
- XXXVIII Международная конференция по сосудистой и рентгенэндоваскулярной хирургии. Тезис, устный доклад. 23-25 июня 2023 года.
- The 24th Congress of Asian Society for Vascular Surgery (ASVS), Турция, Анталья. Устный доклад. 30 ноября – 3 декабря 2023 года.
- XXVII Ежегодная сессия НМИЦ ССХ им. А.Н. Бакулева с Всероссийской конференцией молодых ученых, г. Москва. Устный доклад. 26-28 мая 2024 года.
- XV Международная конференция "Гибридные технологии в лечении сердечно-сосудистых заболеваний" г. Москва. Устный доклад. 04-6 февраля 2024 г.
- Leipzig Interventional Course (LINC). Устный доклад. Лейпциг 28-31 мая 2024 года.
- XXXIX Международная конференция «Горизонты современной ангиологии, сосудистой и рентгенэндоваскулярной хирургии». Тезис, устный доклад. 14-16 июня 2024 года.
- XXVI Московский Международный Конгресс по рентгенэндоваскулярной хирургии. Устный доклад. 14-17 ноября 2024 года.
- IV Евразийский конгресс по лечению сердечно-сосудистых заболеваний посвященный 450- летию г. Уфа. Устный доклад. 29-30 ноября.
- Pan Arab Interventional Radiology Society 2024 Annual Congress (PAIRS) 2024, ОАЭ, Дубай. Устный доклад. 10-13 февраля года.
- XII Научные чтения, посвященные памяти академика Е.Н. Мешалкина г. Новосибирск. Устный доклад. 06-07 июня 2024 года.
- 13-я Всероссийская конференция "Противоречия современной кардиологии спорные и нерешенные вопросы" г. Самара. Устный доклад. 08-9 ноября 2024 г.

The 9-th China Vascular Congress (CVC 2024), Китай, Чэнду. Устный доклад. 12-14 сентября.

Соответствие диссертации паспорту научной специальности

Научные положения диссертационного исследования соответствуют паспорту по научной специальности 3.1.15 сердечно-сосудистая хирургия (медицинские науки). Диссертация соответствует пункту 9 Положения о порядке присуждения ученых степеней № 842 от 24.09.2013 (с изменениями).

Внедрение результатов работы

Результаты диссертационной работы нашли свое применение в ежедневной практике Клиники сосудистой хирургии ФГБУ «НМИЦ им. В.А. Алмазова» Минздрава России, где используются при гибридных и эндоваскулярных вмешательствах у пациентов с аневризмами дуги и нисходящего отдела грудной аорты. Разработанные в ходе исследования алгоритм фенестрации стент-графта и практические рекомендации могут быть внедрены в других медицинских учреждениях, оказывающих хирургическую помощь пациентам данного профиля.

Опубликованные материалы

По теме диссертации опубликовано 6 научных работ, в том числе 3 рецензируемых ВАК российских периодических изданиях и 1 статья в международном издании. Также опубликованы 1 глава в Национальном руководстве по эндоваскулярной хирургии, посвященная гибридной хирургии аортальной патологии и 3 тезиса в материалах международной конференции. Получен 1 патент на изобретение.

Объем и структура диссертации

Диссертация оформлена в соответствии с требованиями ГОСТ Р 7.0.11–2011 и представлена в виде рукописи объемом 95 страниц (шрифт Times New Roman, кегль 12). Работа включает: введение, 4 главы (обзор литературы, материалы и методы исследования, результаты, обсуждение), заключение, выводы, практические рекомендации, перспективы дальнейшей разра-

ботки темы, список сокращений, библиографический список (94 источника, в том числе 8 отечественных и 86 зарубежных). Текст сопровождается 27 рисунками и 10 таблицами. Диссертационная работа выполнена на базе Клиники сосудистой хирургии ФГБУ «НМИЦ им. В.А. Алмазова» Минздрава России.

Личный вклад автора

Автором определены цель и задачи исследования, разработан дизайн работы, проведены сбор и анализ клинических данных, сформулированы выводы и практические рекомендации. Личное участие автора включало: предоперационное обследование и подготовку пациентов, курацию в период госпитализации, ассистирование во время хирургических вмешательств, послеоперационное наблюдение больных. Кроме того, автором проведен систематический анализ отечественных и зарубежных публикаций по теме исследования, подготовлены научные публикации и доклады на основе полученных результатов.

ГЛАВА 1. ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ

1.1 Аневризмы грудного отдела аорты: определение, эпидемиология, этиология

Истинная аневризма аорты определяется как ее патологическое расширение, затрагивающее все три слоя сосудистой стенки (интима, медиа и адвентиция), которое как минимум на 50% превышает нормальный диаметр в этой анатомической зоне. К аневризмам дуги аорты относятся любые аневризмы грудной аорты (АГА), с вовлечением брахиоцефальных сосудов [80].

Изолированная аневризма дуги аорты является редким заболеванием и часто остается клинически бессимптомной. Аневризмы дуги аорты чаще встречаются в сочетании с аневризмами восходящего или нисходящего отделов грудной аорты. Аневризма грудной аорты, хотя и является жизнеугрожающим заболеванием, характеризуется медленно-прогрессирующим течением с годовой скоростью роста 0,12 см, при этом нисходящий отдел растет быстрее (0,3 см/год) по сравнению с восходящей аортой (0,1 см/год). Для дуги аорты этот показатель по ряду исследований составляет 0,07–0,2 см/год [40]. Кроме того, ряд факторов риска таких как семейный анамнез аневризм, пожилой возраст, мужской пол, артериальная гипертензия (АГ), хроническая обструктивная болезнь легких (ХОБЛ) и расслоение аорты приводят к более быстрому росту аорты [71].

Истинную частоту и распространенность аневризм аорты определить трудно, поскольку большинство из них часто протекают бессимптомно, а большое количество случаев диагностируется случайно. По оценкам различных авторов, частота АГА составляет около 10 случаев на 100000 человеко-лет [27]. Аневризмы дуги аорты составляют незначительную долю АГА, представляя около 10% от общего числа случаев аневризм грудной аорты [18]. Мужчины болеют в 2-4 раза чаще, чем женщины, причем в большинстве случаев заболевание диагностируется у пациентов на шестом и седьмом десятилетиях жизни [71].

При этом следует отметить, что выявляемость заболеваний аорты ежегодно растет, что обусловлено демографическими изменениями в популяции в целом, а также повышением осведомленности населения (особенно в странах с низким уровнем дохода) и улучшением методов визуализации, при этом значительная доля аневризм аорты диагностируется случайно [24]. Недавние исследования глобальной распространенности аневризм и расслоений аорты выявили четкие закономерности в эпидемиологии заболеваний, одна из которых указывает на ежегодный рост аорто-ассоциированной смертности с прогнозируемым приростом в 42% к 2030 году [73]. В соответствии со сложившейся эпидемиологической ситуацией, общества сердечно-сосудистой хирургии сообщают об увеличении ежегодного числа операций при патологии аорты с текущим темпом приблизительно 5% в год. Вместе с тем, в связи с глобальной тенденцией к старению

населения, пациенты, которым требуется хирургическое лечение представляют более возрастную категорию больных и имеют больше сопутствующих заболеваний [48].

Атеросклероз является преобладающей причиной в развитии изолированных аневризм дуги аорты, а также аневризм, распространяющихся на нисходящий отдел. В то же время аневризмы восходящего отдела аорты преимущественно ассоциированы с наследственными заболеваниями (например, синдром Марфана, Лойса-Дитца, Элерса-Данло, Тернера и др.), а также с врожденными пороками сердечно-сосудистой системы (двусторчатый аортальный клапан, кокарктация аорты) и дегенеративным поражением меди. Что касается травматического повреждения аорты, в 90% случаев аневризмы локализуются в области перешейка дистальнее устья левой подключичной артерии, что объясняется особенностями эмбрионального развития. Кроме того, АГА могут формироваться вследствие воспалительных процессов – как инфекционного, так и неинфекционного характера (аортит) [78].

Аневризмы дуги по своей форме могут быть веретенообразными или мешотчатыми, при этом ни одна из морфологических форм не влияет на риск расширения или разрыва. Аневризмы дуги аорты почти всегда начинаются с пенетрирующей язвы аорты по ее малой кривизне и перерастают в мешотчатую аневризму [94].

1.2 Клиническая картина и показания к хирургическому лечению при аневризмах

грудного отдела аорты

Заболевание, как правило протекает бессимптомно и диагностируется случайно в ходе дообследования по поводу сопутствующей патологии или во время проведения скрининговых исследований (например, флюорографии). Среди возможных симптомов, которые, однако являются неспецифическими, можно выделить: осиплость голоса (возникает вследствие растяжения левого возвратного нерва), дисфагия, одышка и боль в груди или в спине. Как правило, их возникновение обусловлено компрессией на фоне роста аневризмы.

Действующие Европейские и Американские клинические рекомендации устанавливают порог максимального диаметра аневризмы дуги или нисходящего отдела аорты в ≥ 55 мм и более для хирургического лечения в случае бессимптомного течения заболевания, а также при любом диаметре у пациентов с симптомами или признаками локальной компрессии близлежащих органов. Пациентов с аневризмами, характеризующимися быстрым ростом: ≥ 10 мм в год или ≥ 5 мм

в течение 6 месяцев следует также рассмотреть в качестве кандидатов на хирургическое лечение [11].

Для пациентов с двустворчатым аортальным клапаном и/или генетическими синдромами, которые были указаны ранее, пороговые значения размеров для хирургического вмешательства установлены меньше в связи с более высоким риском разрыва.

Как рекомендации американского кардиологического общества, так и европейского признают тот факт, что показания к хирургическому вмешательству при аневризме дуги сильно зависят от общей анатомической ситуации, особенно от диаметра соседних восходящего и нисходящего сегментов аорты. У большинства пациентов это будет определять порог и тип хирургического лечения [25].

1.3 Эволюция хирургического лечения патологии при патологии дуги и нисходящего отдела грудной аорты

Затрагивая эволюцию хирургических подходов в лечении аневризм аорты нельзя не упомянуть первые успешные операции, которые послужили толчком к развитию аортальной хирургии. Первая успешная операция по восстановлению аневризмы аорты была проведена и описана доктором J. Cervantes в 1951 году – он заменил аневризму инфрааренальной брюшной аорты, используя трупный гомотрансплантат [26]. Вскоре после этой успешной хирургической операции по поводу аневризмы брюшной аорты доктор S.N. Etheredge резецировал аневризму торакоабдоминальной аорты, также заменив ее гомотрансплантатом [82]. В 1957 году доктора M. DeBakey, S. Crawford и D.A. Cooley сообщили об успешной резекции веретенообразной аневризмы дуги аорты, замененной гомотрансплантатом, с выполнением сердечно-легочного шунтирования и использованием двусторонней антеградной перфузии головного мозга [92].

По мере развития методов хирургического лечения аорты было проведено несколько новаторских операций. В 1975 году доктор R.B. Gripp описал метод протезирования дуги аорты с использованием глубокой гипотермической остановки кровообращения, что на долгие 40 лет привело к изменению парадигмы открытой хирургии дуги аорты [74]. Недавнее возрождение метода двусторонней антеградной перфузии для защиты головного мозга во время протезирования дуги аорты улучшило результаты для пациентов и позволило проводить операции при более высоких температурах, избегая осложнений глубокой гипотермии, которые в том числе включают проблемы коагулопатии.

Поскольку открытое протезирование дуги аорты ассоциировано со значительным риском неблагоприятного исхода, связанным с заболеваемостью и смертностью, мы можем заметить за

последние годы, что произошел сдвиг парадигмы в попытках уменьшить уровень осложнений за счет внедрения менее инвазивных методов, таких как эндоваскулярное лечение, либо в качестве самостоятельной операции, либо в сочетании с открытым протезированием в качестве гибридной техники.

Пионером в разработке и клиническом применении метода эндопротезирования аорты с использованием стент-графта по праву считается советский профессор Николай Леонтьевич Володось. Работа над созданием стент-графта под руководством профессора Володося началась в 1984 году, а уже в 1985 году была успешно проведена первая операция — трансфеморальное протезирование подвздошной артерии в сочетании с бедренно-берцовым аутовенозным шунтированием. В дальнейшем последовала серия малоинвазивных вмешательств, среди которых особое значение имело первое в мире эндоваскулярное протезирование аневризмы нисходящего отдела грудной аорты через бедренный доступ (1987 г.). Значимым достижением команды профессора Володося стало также впервые выполненное гибридное лечение дуги аорты (1991 г.), включавшее дебранчинг её ветвей и имплантацию стент-графта через два доступа (восходящую аорту и бедренную артерию) для исключения из кровотока ложных аневризм [6].

Ключевым аспектом в таком активном развитии эндоваскулярной хирургии является низкая periоперационная смертность, что побуждает использовать эндоваскулярную технику как при плановых операциях, так и в неотложных условиях, и, в частности, для использования у пожилых ослабленных пациентов, у которых открытая хирургия сопряжена с высокими рисками periоперационных осложнений. Выбор тактики лечения, в особенности эндоваскулярной техники не так прост, как может изначально показаться. Для получения положительного результата лечения требуется прецизионный анализ анатомических особенностей всех участков аорты, будь то изолированное поражение дуги или сочетание с поражением восходящего или нисходящего отделов аорты, а также наличие или отсутствие расслоения. Тщательный анализ анатомии имеет решающее значение для планирования хирургического вмешательства, а также получения благоприятного исхода хирургического лечения, в особенности это касается эндопротезирования аорты, так как от грамотного выбора имплантируемого устройства зависят как непосредственные, так и отдаленные результаты лечения. Другими немаловажными факторами, влияющими на выбор метода хирургического лечения, являются оснащение центра, где выполняется операция и наличие соответствующего хирургического опыта у оперирующей бригады. Хорошо известно и сообщается в литературе, что хирургическое лечение в крупном многопрофильном центре, а также наличие соответствующего опыта в лечении патологии у операционной бригады, особенно в области эндоваскулярной хирургии, оказывают прямое влияние на periоперационные результаты, особенно на уровень смертности [44].

В отдельную категорию больных следует выделить пациентов с заболеваниями соединительной ткани, такими как синдром Марфана, Лойса-Дитца или синдром Элара-Данлоса. Эти пациенты не являются подходящим кандидатами для эндоваскулярного лечения, и, следовательно, открытое протезирование остается предпочтительным методом хирургии для них.

1.4 Открытая хирургия при патологии дуги и нисходящего отдела грудной аорты

Так как изолированные заболевания дуги аорты встречаются редко, то и открытые локальные реконструкции в этой зоне в настоящее время не являются распространенными вмешательствами, поэтому тактика лечения во многом зависит от вовлечения восходящего или нисходящего отделов грудной аорты в патологический процесс. В связи с ростом числа пациентов, которым выполняются открытые и эндоваскулярные вмешательства, с целью обозначения зон для вмешательств принято ссылаться на классификацию Ishimaru «зоны 0–4» при описании хирургии дуги аорты (рисунок 1).

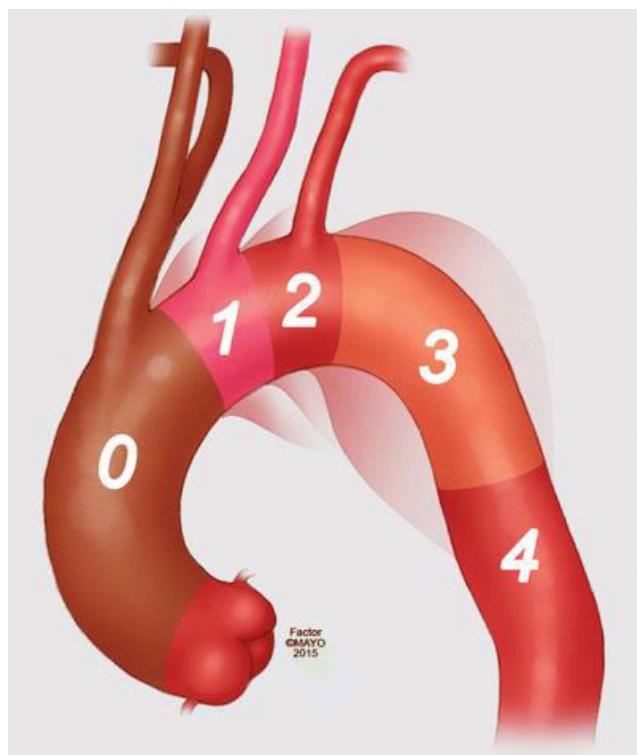


Рисунок 1 - Зоны дуги для описания уровня имплантации стент-графта, выделенные согласно классификации Ishimaru [66]

Хирургическое лечение дуги аорты непрерывно совершенствуется с момента ее появления и описания ее первооткрывателями [35, 76]. Достижения в области хирургических методов и церебральной перфузии значительно снизили смертность и частоту инсультов до менее 10% и

5% соответственно, согласно последним публикациям [63]. Освоение возможности безопасно прерывать или изменять мозговое кровообращение стало одним из ключевых факторов в развитии этой операции и улучшении результатов.

В настоящее время доступны различные методы открытого протезирования дуги аорты. Выбор того или иного метода зависит от локализации и типа поражения дуги, опыта оперирующей бригады и возможностей клиники.

«Классическое протезирование» - традиционная методика, которая предполагает формирование прямого анастомоза между дакроновым протезом и целевым участком дуги аорты, при этом объем протезирования (частичное или тотальное) определяется степенью резекции участка аорты. В настоящее время тотальное открытое протезирование дуги аорты с реимплантацией всех брахиоцефальных артерий, выполняемое без применения методик «хобота слона» или «замороженного хобота слона» (frozen elephant trunk – FET), применяется в исключительных случаях [1].

С момента разработки H.G. Borst и соавторами техники «хобот слона» [23] она приобрела широкое распространение благодаря устраниению ряда недостатков классического подхода. Ключевые преимущества данного метода включают следующие аспекты: формирование дистального анастомоза может быть выполнено более проксимально для облегчения его выполнения, в связи с этим хирургами отмечается улучшенный гемостатический контроль в этой зоне [65]. Кроме того, методика служит основой для последующих этапных открытых или эндоваскулярных вмешательств на торакоабдоминальном отделе аорты. Показанием к применению техники «хобот слона» являются клинические ситуации, где использование FET остается дискутабельным: обширные аневризмы с мультисегментарным поражением грудной аорты, критическое сужение истинного просвета (в виду высокого риска псевдокоарктации) [10].

Что касается супрааортальных ветвей на сегодняшний день отсутствуют убедительные доказательства превосходства какого-либо метода их реконструкции. Принципиально выделяют способ раздельной реимплантации, основное преимущество которой – это снижение риска рецидива аневризматической трансформации (вследствие большей резекции измененной ткани аорты), а также технику «островковой» реимплантации, благодаря применению которой быстрее выполняется восстановление церебрального кровотока и сокращается время циркуляторного ареста [3].

Таким образом в настоящее время доступно множество вариантов хирургического лечения дуги аорты, поэтому хирурги должны индивидуально подходить к выбору техники в каждом конкретном случае с учетом клинико-анатомических особенностей пациента. Наконец, важно выполнить технически соответствующую операцию и обеспечить надежные анастомозы до отключения от аппарата искусственного кровообращения, так как это имеет решающее значение для

достижения хорошего гемостаза. Кровотечение остается проблемой в хирургии дуги и должно надлежащим образом контролироваться на всех этапах процедуры. Каждый анастомоз следует тщательно оценить сразу после завершения и при необходимости усилить вместе с активной поддержкой гомеостаза как в операционной, так и в отделении реанимации и интенсивной терапии [4, 70].

1.5 Гибридная хирургия при патологии дуги и нисходящего отдела грудной аорты

С момента внедрения в клиническую практику в начале 2000-х годов гибридные вмешательства при патологии аорты (hybrid aortic repair, HAR) эволюционировали от инновационного подхода до стандартизированного метода лечения, демонстрирующего высокую эффективность у тщательно отобранный категории пациентов. Гибридные операции были предложены как способ избежать периоперационных осложнений и снизить периоперационную смертность, которые связаны с открытым вмешательством. Гибридная методика лечения заболеваний восходящей аорты и дуги аорты объединяет классические открытые хирургические техники, обеспечивающие формирование оптимальной зоны для фиксации эндопротеза, с последующим эндоваскулярным протезированием дуги аорты.

Текущая система классификации гибридных операций была предложена J. Bavaria и его коллегами в 2013 г. и включает три типа вмешательств, обозначаемых римскими цифрами I, II и III (рисунок 2) [50].

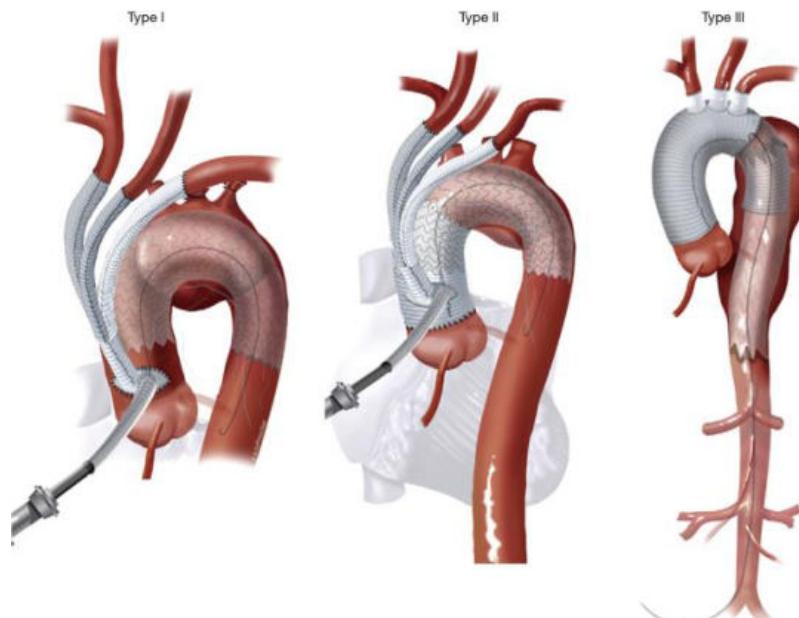


Рисунок 2 – Система классификации гибридных операций при патологии аорты, предложенная в 2013 году J. Bavaria и его коллегами [50]

Тип I гибридных операций

Применение этого метода наиболее оправдано при изолированном поражении дуги аорты, при условии достаточной длины (не менее 2 см) проксимальной зоны фиксации в восходящем отделе и наличия дистальной зоны в нисходящей аорте. Имплантация стент-графта в восходящий отдел аорты требует проведения полной реваскуляризации брахиоцефальных артерий. При I типе HAR выполняется частичная или полная стернотомия с последующим тотальным дебранчингом ветвей дуги аорты с использованием многобраншевого дакронового протеза, который пришивается к нативной восходящей аорте. В некоторых случаях левая подключичная артерия (лПклА) может быть недоступна через стернотомный доступ из-за дистального отхождения от дуги, и в этом случае реваскуляризация лПклА может быть выполнена с помощью сонно-подключичного шунтирования или транспозиции.

После реваскуляризации БЦА вторым этапом выполняется эндопротезирование дуги аорты через ретроградный подвздошно-бедренный доступ или, реже, через антеградный доступ из восходящей аорты. Последний подход обычно включает использование доступного в продаже многобраншевого дакронового протеза с интегрированной ножкой, предназначенный для антеградной имплантации стент-графта, и выполняется одномоментно с дебранчингом [50].

Тип II гибридных операций

Гибридная операция II типа рекомендуется пациентам с аневризмой дуги аорты, распространяющейся на восходящий отдел. Данная методика предполагает открытую реконструкцию восходящей аорты и восстановление кровотока в брахиоцефальных артериях с последующей установкой эндопротеза в дуге аорты.

Операция выполняется через частичную или полную стернотомию с искусственным кро-вообращением и кардиоплегической остановкой сердечной деятельности. После протезирования восходящей аорты выполняют дебранчинг БЦА, как при I типе гибридных операций. HAR II типа выполняется этапно, при этом первый этап – открытый, и второй этап – TEVAR обычно выполняются во время одной госпитализации [50].

Тип III гибридных операций

Гибридные операции III типа схожи с операциями II типа, однако отличаются применением техники «хобот слона» для увеличения длины проксимальной посадочной зоны стент-графта. В этом случае свободный конец протеза низводится в нисходящий отдел грудной аорты. Некоторые исследователи относят к HAR III типа и методику «замороженный хобот слона», хотя изначально она не входила в классическую баварскую классификацию. В отличие от стандартной операции «хобот слона», при гибридном вмешательстве протезирование восходящей аорты и

дуги с имплантацией свободного конца протеза в нисходящую аорту дополняется эндопротезированием нисходящего отдела через антеградный доступ. Кроме того, в таких операциях могут применяться специальные гибридные протезы, у которых проксимальная часть представляет собой многобраншевый сосудистый протез, а дистальная — стент-графт (например, Thoraflex Hybrid, Vascutek, Шотландия; E-vita Open Plus, JOTEC GmbH, Германия) [20].

Новая классификация гибридных операций

В эру развития эндоваскулярных технологий текущая система классификации значительно устарела и не охватывает широкий спектр вариантов лечения, доступных практикующим врачам, занимающимся лечением заболеваний дуги аорты. В связи с чем группой специалистов из Медицинского Центра Университета Дюка (США) была предложена новая система классификации, которая включает гибридные операции на дуге аорты без стернотомного доступа, обозначаемые как HAR «зона X», где X — проксимальная посадочная зона по классификации Ishimaru, и гибридные операции со стернотомным доступом аналогичные первоначальной классификации, обозначаемые как HAR «типа I-III» (рисунок 3). Кроме того, в данной классификации используются индексы для дальнейшей дифференцировки подтипов HAR. При гибридных операциях с имплантацией стент-графта в зону Z0 выполняется дебранчинг левой общей сонной (ЛОСА) и подключичной артерий, а реваскуляризация брахиоцефального ствола (БЦС) при помощи техники параллельных стент-графтов — «snorkel/chimney» (Zone 0S) или при помощи браншированного стент-графта (Zone 0B). Гибридные операции с имплантацией стент-графта в зону Z1 также предложено выделить в отдельный вид в расширенной системе классификации. Так I тип гибридных операций были разделены на подтипы:

- HAR типа IN, при котором проксимальная посадочная зона (Z0) представлена нативной аортой;
- HAR типа ID, характеризующийся использованием дакронового протеза в качестве проксимальной зоны фиксации.

Гибридные операции типа II остаются неизменными по сравнению с текущей системой, тогда как III тип дополнительно дифференцирован на:

- HAR типа IIS — классическая методика «хобот слона» (conventional elephant trunk — cET);
- HAR типа IIIF — модифицированная техника «замороженного хобота слона» [50].

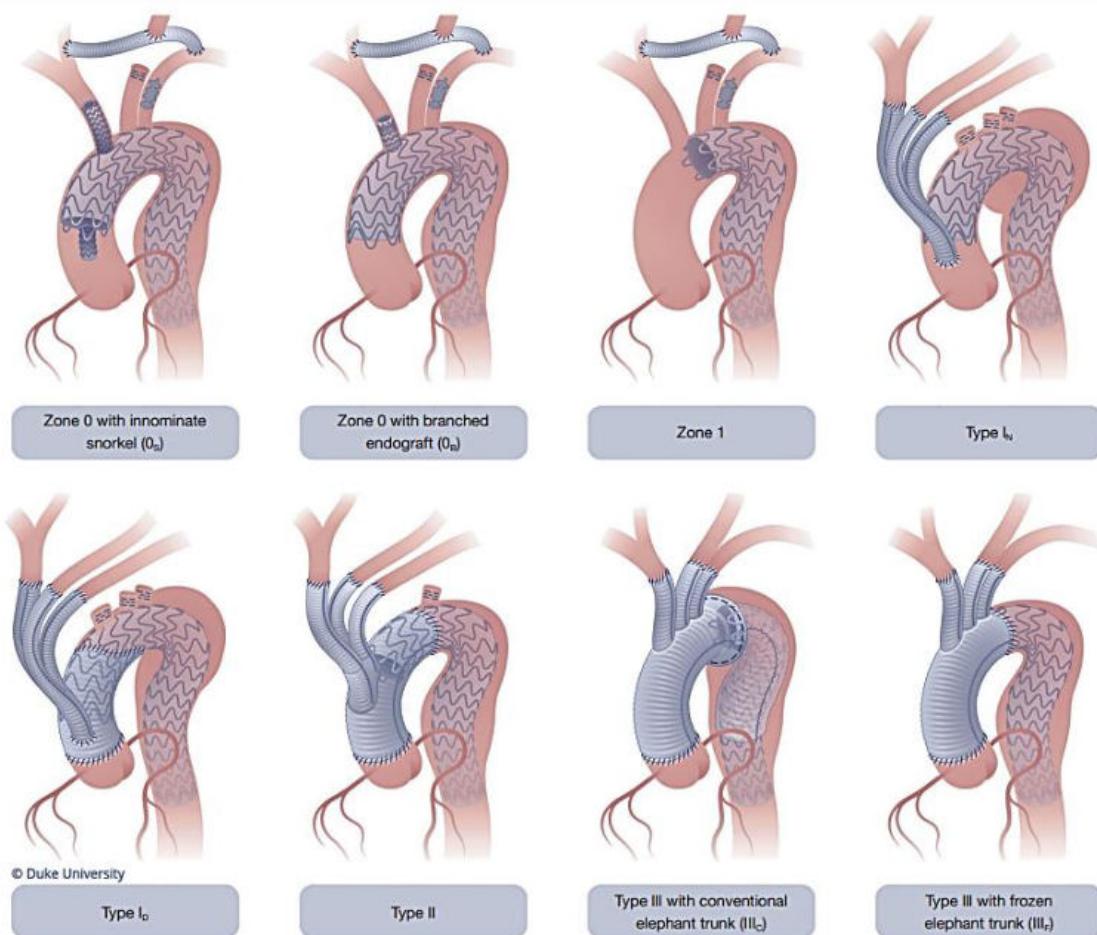


Рисунок 3 – Новая классификации гибридных операций, предложенная Медицинским Центром Университета Дюка (США) [50]

Несмотря на то, что гибридные операции выполняются с начала 2000-х годов, судить о результатах лечения на сегодняшний день в основном можно по результатам одноцентровых исследований без рандомизированных контролируемых испытаний. В 2013 году Мулакакис и его коллеги опубликовали метаанализ гибридных операций, который на сегодняшний день остается крупнейшим исследованием по данной тематике. Специалистами были систематизированы данные 26 исследований, охватывающих результаты лечения 956 пациентов, перенёсших гибридные артериальные реконструкции (HAR) I–III типов с тотальным дебранчингом БЦА. Согласно полученным результатам, совокупные показатели осложнений распределились следующим образом: общая летальность — 11,9%, частота инсультов — 7,6%, развитие параплегий — 3,6%. При этом была выявлена значительная гетерогенность данных между отдельными исследованиями. Авторы сделали вывод, что HAR представляет собой безопасную альтернативу открытым операциям с приемлемыми краткосрочными и среднесрочными результатами, но необходимы крупные проспективные рандомизированные исследования, сравнивающие традиционные открытые и гибридные методы лечения [51].

Что касается менее инвазивных процедур HAR в зонах 0 и 1, Nicholas G.R. Bayfield и его коллеги опубликовали метаанализ HAR в зоне 1, который включал 20 исследований с включением 348 пациентов. По результатам исследования 30-дневная смертность составила 10,1%, частота инсультов и параплегий 9,5% и 3,8% соответственно. Поздняя четырёхлетняя выживаемость после операции составила 65,9%. Подобно ранее представленному метаанализу HAR типов I–III, авторы пришли к выводу, что HAR зоны 1 имеет доказательства удовлетворительных краткосрочных и долгосрочных результатов лечения и может рассматриваться как альтернативный открытой хирургии метод лечения при заболеваниях дуги аорты [51].

Что касается HAR зоны 0 в настоящее время в литературе нет данных крупных исследований, при этом во всех встречающихся публикациях с представленными сериями клинических случаев описано сочетание различных типов дебранчинга с использованием техники параллельных стент-гратов. Известно, что данная методика сопряжена с высокой частотой эндоликов IA типа, в связи с чем методику рекомендовано применять у ограниченной когорты пациентов высокого риска открытого хирургического лечения, в условиях недоступности альтернативных методов лечения.

1.6 Эндоваскулярная хирургия при патологии дуги и нисходящего отдела грудной аорты

Анатомические и физиологические особенности дуги и нисходящего отдела грудной аорты для эндоваскулярного лечения

Малоинвазивность и преимущества в периоперационной выживаемости сделали эндоваскулярное лечение заболеваний аорты методом первой линии для анатомически подходящих пациентов. В то же время расширение показаний к эндоваскулярному лечению за счет внедрения технологий, позволяющих выполнять эндопротезирование у пациентов, со сложной анатомией, в том числе с вовлечением в патологический процесс брахиоцефальных или висцеральных ветвей аорты сделало доступным малоинвазивное лечение у пациентов с аневризмами дуги и торакоабдоминального отдела аорты.

Анатомические и гемодинамические особенности дуги аорты делают эту зону технически трудной для выполнения эндопротезирования. В связи с чем понимание данных особенностей и тщательное планирование хирургического лечения является одним из ключевых аспектов в достижении успешного непосредственного и отдаленного результата.

Среди анатомических особенностей дуги аорты следует отметить наличие естественной кривизны и угловой формы, а также близость к устью коронарных артерий и аортальному клапану. Естественный угол кривизны дуги может затруднить маневрирование системы доставки,

тем самым, например, затрудняя сопоставления фенестраций с устьями БЦА. Кроме того, малая кривизна дуги аорты – это зона где чаще всего происходит тромбообразование и развитие атеросклеротического процесса, что потенциально связано с риском дистальной эмболии при маневрировании в этой области [62].

Движения аорты, связанные с дыханием, также могут влиять, как на непосредственный интраоперационный результат в связи с затруднением сопоставления фенестр с устьями БЦА, так и на долговечность процедуры в связи потенциальным влиянием на стабильность системы в этой зоне. На сегодняшний день проведено несколько исследований, изучающих движение сосудов, связанное с дыханием.

Anna M Sailer с соавторами [75] было проведено проспективное исследование с участием 60 пациентов, средний возраст которых составил 70 ± 7 , направленных в отделение лучевых методов исследования для выполнения диагностики аневризмы торакоабдоминального отдела аорты при помощи МСКТ-ангиографии. Исследователями проводилась количественная оценка величины и направления респираторного движения аорты и устьев ее брахиоцефальных и висцеральных ветвей в трехмерном измерении. Это исследование показало, что величина дыхательных движений является наибольшей в восходящем отделе и дуге аорты, постепенно уменьшаясь вдоль нисходящей аорты к брюшным боковым ветвям (таблица 1).

Таблица 1 – Респираторные движения аорты и ее ветвей на разных уровнях [75]

Анатомическая структура	Смещение, мм			
	Передне-заднее	Право-левое	Кранио-каудальное	Суммарный вектор
Восходящая аорта	7.0 ± 3.3 (0–15)	5.2 ± 2.5 (0–11)	—	8.9 ± 3.3 (0–15)
Брахиоцефальный ствол	8.6 ± 3.2 (1–15)	4.1 ± 1.8 (0–8)	7.4 ± 3.2 (0–14)	12.0 ± 4.1 (1–19)
Левая общая сонная артерия	7.4 ± 2.7 (1–13)	3.8 ± 1.8 (0–9)	6.1 ± 2.7 (1–13)	11.1 ± 3.9 (1–19)
Левая подключичная артерия	7.4 ± 2.7 (1–14)	3.8 ± 1.8 (0–10)	6.2 ± 2.6 (0–12)	11.1 ± 3.9 (2–18)
Нисходящий отдел грудной аорты	3.3 ± 1.9 (0–8)	3.4 ± 2.0 (1–8)	—	4.9 ± 2.5 (0–8)

При интерпретации результатов этого исследования авторы указывают на ограничения связанные с корреляцией величины экскурсии грудной клетки со смещением аорты и ее ветвей

при дыхании, в связи с чем результаты сильно зависят от индивидуальной способности пациента делать глубокий вдох. Несмотря на то, что максимальное смещение может не достигаться при спокойном дыхании, учет дыхательных движений аорты остается критически важным для хирургов при точной имплантации стент-графта, особенно в области дуги аорты. В случаях значительной экскурсии грудной клетки и большой амплитуде смещения устьев брахиоцефальных артерий может возникнуть необходимость во временной остановке дыхания на этапе имплантации стент-графта.

Что касается влияния дыхательных движений и связанного с этим влияния физических сил на долговечность стент-графтов, это также было освещено авторами исследования в своей работе. Однако, было отмечено, что с учетом малой выборки данные предположения необходимо будет оценить в дальнейших исследованиях. Согласно полученным результатам, брюшной отдел аорты был относительно стабильным во время дыхания, и только минимальное крацио-каудальное движение было зарегистрировано в местах отхождения почечных и висцеральных ветвей. Это согласуется с известной хорошей отдаленной проходимостью и низким риском перелома периферических стент-графтов и их миграции в почечных и висцеральных артериях после эндо-протезирования торакоабдоминального отдела аорты браншированными или фенестрированными стент-графтами [39]. Дуга аорты и ее восходящий отдел являются последним рубежом для эндоваскулярного лечения, но данные о прочности этих стент-графтов в отдаленном периоде пока очень ограничены. Что касается продемонстрированных респираторных сил в этой области, основные движения в местах отхождения БЦА были в передне-заднем, а также крацио-каудальном направлениях. Полученные количественные результаты исследования могут предоставить вводные данные для проектирования новых стент-графтов, поскольку выбранные материалы и структуры должны будут выдерживать механическое напряжение, вызванное дыхательным движением. С теоретической точки зрения, вероятнее всего может потребоваться более высокая гибкость компонентов эндопротеза, с целью предотвращения таких осложнений, как перелом, миграция или расхождения компонентов стент-графта и увеличения долговечности вмешательства в проксимальной части аорты [75].

Также как дыхательные движения грудной клетки, физиологические особенности дуги аорты, включающие высокое артериальное давление в этой зоне, пульсовое движения кровотока, создают большое динамическое напряжение при заведении и имплантации стент-графта и могут влиять на технический и клинический результат лечения.

В исследовании Ga-Young Suh и соавторов [19] у 15 пациентов с аневризмами и расслоениями грудной аорты была выполнена МСКТ-ангиография аорты во время задержки дыхания на вдохе и выдохе. Авторами были вычислены трехмерные перемещения устьев сосудов, изменения углов отхождения БЦА в том числе вторичные по отношению к сердечной пульсации и дыханию.

Было показано, что сердечная пульсация и дыхание привели к значительному смещению дуги аорты и сосудов ветвей, но с отличительно разным направлением и величиной. От систолы до диастолы дуга аорты смещалась вправо во время выдоха, что, вероятно, обусловлено освобождением корня аорты от верхушки сердца во время диастолического расслабления [79]. От вдоха к выдоху наблюдались значительные смещения устьев всех БЦА кзади и вверх, вероятно, из-за сокращения мышц живота и смещения диафрагмы, при этом было показано, что дыхание вызывало большее смещение в отличии от сердечной пульсации. Несмотря на значительное перемещение самой дуги при дыхании на 1,5–17,9 мм и вследствие сердечной пульсации на 0,3–7,8 мм, изменения в углах отхождения БЦА не были значительными, что показывает преимущественное их движение в унисон с самой дугой. Это открытие предполагает, что при выполнении эндопротезирования дуги аорты с имплантацией периферических стент-графтов в устья БЦА они не подвергаются агрессивному циклическому изгибу в ветвях дуги, в связи с чем не должны быть подвержены высокому риску перелома или миграции в отдаленном периоде [19]. Однако следует отметить что пульсовая волна, а также высокое артериальное давление создают большое динамическое напряжение при движении системы доставки и имплантации стент-графта, в связи с чем требуются дополнительные методы, которые могут обеспечить временное снижения воздействия этих факторов [77].

Фенестрированные и браншированные стент-графты

Первый клинический опыт имплантации браншированных стент-графтов в дуге аорты согласно данным литературы датирован 1999 годом. Группой авторов из Японии во главе с K. Inoue было сообщено о первых имплантациях браншированных стент-графтов у 15 пациентов с аневризмами и расслоениями грудной аорты. Однобраншевые эндопротезы использовались у 14 пациентов, а трехбраншевый стент-графт был имплантирован в одном случае и это была первая реконструкция дуги аорты полностью эндоваскулярным методом [89].

С момента первоначального использования браншированных и фенестрированных стент-графтов в дуге аорты, эта техника значительно изменилась и в настоящее время достигла стадии клинического внедрения в больших масштабах. Об этом свидетельствует большое количество компаний, которые разрабатывают и внедряют новые модели эндопротезов для дуги аорты. Отличительными особенностями разрабатываемых устройств являются более длинные системы доставки по сравнению со стандартными грудными стент-графтами с учетом необходимости более проксимальной их имплантации, а также большинство из них имеют предварительную изогнутость, чтобы облегчить самовыравнивание стент-графта согласно кривизне дуги аорты во время его заведения и раскрытия. Принцип самовыравнивания важен, поскольку возможность ротационных манипуляций в дуге минимальна [89].

Фенестрированные стент-графты для дуги аорты обычно изготавливаются с одной или двумя фенестрациями, либо, чаще, комбинируются фенестрация с одной браншней в зависимости от предполагаемой зоны имплантации. Аналогично торакоабдоминальным аневризмам, обширные поражения, вовлекающие всю дугу аорты, не поддаются эффективному хирургическому лечению исключительно с применением фенестрированных стент-графтов. Расстояние между фенестрацией и устьем целевого сосуда в сочетании с сильной пульсацией дуги может подвергнуть «мостовые» стенты (bridge-stent) экстремальному механическому напряжению, нарушить герметичность фенестрации и привести к формированию эндолика III типа. Поэтому для этих случаев больше подходят браншированные устройства. После имплантации основного стент-графта в дугу аорты, чаще всего дополнительно имплантируются «мостовые» стент-графты в устья брахиоцефальных артерий.

Согласно данным, опубликованным Haulon и соавторами, в рамках первого международного опыта была проанализирована эффективность эндоваскулярного протезирования дуги аорты с использованием браншированного стент-графта у 38 пациентов, признанных неоперабельными в отношении традиционного открытого хирургического лечения. Полученные результаты подтвердили целесообразность лечения пациентов с патологией дуги аорты с помощью данного устройства, а ранние результаты с низкой 30-дневной летальностью (30% у первых 10 пациентов против 7% у последних 28 пациентов, $p = 0,066$) показали важнейшие преимущества данного малоинвазивного метода лечения [49].

Следует отметить, что на момент написания данной работы в Российской Федерации не зарегистрировано ни одного коммерческого браншированного или фенестрированного стент-графта для дуги аорты, в связи с чем данная технология не доступна для наших пациентов. Кроме того, в тех странах, где данные устройства зарегистрированы и доступны для имплантации, они изготавливаются на заказ и требуют нескольких месяцев для изготовления. Закономерно, что для пациентов, которым требуется эндопротезирование в срочном или экстренном порядке данная технология не может быть методом выбора.

Методика параллельных стент-графтов

Техника параллельных стент-графтов — это термин, охватывающий несколько методов, при которых периферические стент-графты, имплантируемые в брахиоцефальные ветви проходят параллельно основному аортальному стент-графту. Другие термины, такие как «дымоход», «перископ», «сэндвич-техника», используются для характеристики конкретной техники параллельных стент-графтов в зависимости от ориентации периферических стент-графтов относительно основного аортального модуля.

R.K. Greenberg был первым, кто использовал периферический стент-графт для реваскуляризации почечной артерии в 2001 году в рамках процедуры эндопротезирования брюшной аорты с неоптимальной проксимальной шейкой аневризмы [81].

В начале 2003 года F.J. Criado установил голометаллический стент в ЛОСА для восстановления антеградного кровотока после непреднамеренного покрытия ее устья стент-графтом в ходе процедуры TEVAR при лечении пациента с дистальной аневризмой дуги аорты [36]. Т. Larzon и соавторы описали выполнение почти идентичной процедуры в 2004 году для удлинения проксимальной зоны фиксации во время TEVAR, при этом авторами выполнялось преднамеренное перекрытие устья сонной артерии [45].

Уникальность метода заключается в удлинении проксимальной посадочной зоны, которая возможна даже в экстренных случаях с учетом того, что нет необходимости в ожидании индивидуально изготовленных устройств. В то же время пространство между периферическими и аортальным стент-графтом в дуге аорты является «ахиллесовой пятой» этой техники и создает предпосылки к риску развития эндолика IA типа, увеличивая риск разрыва аневризмы в отдаленном периоде. Рядом автором сообщается, что риск эндолика IA типа при использовании данного метода может достигать 23% в среднесрочном наблюдении [28].

Несколько исследовательских групп сообщили о благоприятных результатах лечения заболеваний дуги аорты с помощью техники «дымоход». Т. Wang и соавторы [87] сообщили об опыте лечения 122 пациентов, которым было выполнено эндопротезирование дуги аорты с использованием техники реваскуляризации брахиоцефальных артерий «дымоход». В данном исследовании периоперационная смертность составила 0,8%, эндолик IA типа — 10,7%, эндолик II типа — 4,9%, частота повторных вмешательств — 1,7%. Другая исследовательская группа во главе с W. Huang сообщила об одноцентровом опыте лечения 226 пациентов с использованием аналогичной техники [68]. В этом исследовании частота эндолика IA типа составила 16%, 30-дневная смертность — 2%, реинтervенции — 4%, а окклюзия периферического стент-графта диагностирована у 3% пациентов. W. Ahmad и соавторы провели систематический анализ, включаящий 11 публикаций с включением 373 пациентов, которым выполнялось эндопротезирование дуги аорты с использованием техники параллельных стент-графтов. Согласно данным исследовательской группы частота эндолика I типа составила 9,4%, госпитальная смертность — 7,9%, повторные вмешательства выполнялись в 10,6% случаев, при этом частота большого инвалидизирующего острого нарушения мозгового кровообращения (ОНМК) была 2,6%, при отдаленной проходимости БЦА в 92,9%[12]. Таким образом, большинство авторов приходит к выводу, что данная техника может быть эффективной стратегией лечения патологии дуги аорты, однако вы-

сокий риск эндоликов IA типа, риск окклюзии периферических стент-графтов, в том числе в результате их компрометации и сопряженный с этим риск ОНМК ограничивают ее широкое применение.

Интраоперационная фенестрация стент-графта «in situ»

В 2004 году R.G. McWilliams и соавторы сообщили об использовании техники ретроградной фенестрации стент-графта после его имплантации в целевую зону («*in situ*» фенестрация) для сохранения кровотока по левой подключичной артерии при эндопротезировании дуги аорты у пациента с мешотчатой аневризмой. На тот момент авторами для прокола ткани стент-графта использовался жесткий конец 0,018-дюймового проводника, а для дилатации фенестры режущий баллонный катетер [56]. В дальнейшем, из-за опасений по поводу разрыва ткани стент-графта и снижения долгосрочной структурной целостности устройства, были исследованы дополнительные инструменты для «*in situ*» фенестрации, включая использование лазера и катетера для радиочастотной абляции. Первая успешная фенестрация с использованием лазера была описана Е.Н. Murphy и соавторами в 2009 году [41]. Применение обоих способов фенестрации не лишено различных ограничений. При выполнении фенестрации лазером момент перфорации стенки стент-графта не виден при флюороскопии, не говоря о том, что существует риск термического повреждения стенки аорты и ее ветвей [69]. Кроме того, согласно сообщениям некоторых авторов, лазер может привести к образованию пузырьков воздуха во время нагревания, которые могут вызвать воздушную эмболию и инсульт [55]. Рядом авторов указывается на выделение токсичных веществ, таких как хлористый водород и трифторацетат при нагревании политетрафторэтилена (ПТФЕ), который используется для изготовления многих эндоваскулярных устройств, включая стент-графт систему «Ankura» (Lifetech Scientific, Шэньчжэнь, Китай) [59].

Что касается применения игл для фенестрации, есть так же определенные ограничения в применении данного метода. Ранее используемые пункционные иглы (например, иглы для биопсии) обладают высокой жесткостью и плохой гибкостью, в связи с чем зачастую не могут быть заведены через артерию с извитым ходом. Более того, направление дистального конца такой иглы трудно отрегулировать, в связи с чем существует риск перфорации самой артерии [61]. Командой во главе с доктором C. Shu из Китая была разработана специальная гибкая игла для фенестрации Futhrough Endovascular needle system (Lifetech Scientific, Шэньчжэнь, Китай) (рисунок 4А) и интродьюсер с управляемым кончиком Fustar Steerable Sheath (Lifetech Scientific, Шэньчжэнь, Китай) (рисунок 4Б), для того чтобы безопасно и эффективно выполнять данные вмешательства. Система для фенестрации состоит из пункционной иглы 20G, с регулируемой длиной фиксирующего баллона возле дистального конца системы. Во время выполнения фенестрации баллон раздувается для стабилизации системы. После прокалывания ткани покрытой части стент-графта,

через систему возможно заведение 0,018-дюймового проводника, для того чтобы не потерять созданный доступ и выполнить дальнейшую дилатацию фенестры. Эти устройства повысили точность и безопасность выполнения фенестраций [16].

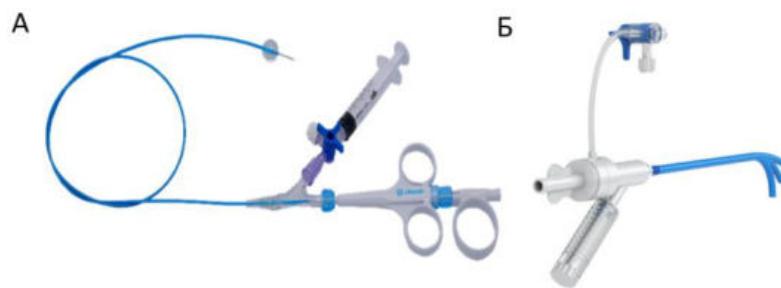


Рисунок 4 – Системы для интраоперационной фенестрации «*in situ*»: А – гибкая игла для фенестрации, Б – управляемый интродьюсер

Фенестра, созданная такой иглой, обычно в диаметре 1–2 мм, в связи с чем и повреждение ткани стент-графта весьма ограничено. Однако последующая баллонная дилатация, которая увеличивает небольшую фенестру до желаемого диаметра, является ключевым аспектом, который может оказаться на отдаленном результате лечения: в случае серьезного повреждения ткани стент-графта во время дилатации, возможно формирование эндолика в этой зоне. Расширяющая сила баллона и реакция различных материалов определяют качество и стабильность фенестрации [32]. Было показано, что режущий баллон наносит большее повреждение, чем обычный, в связи с чем не рекомендуется его применение во время интраоперационной фенестрации. Помимо типа баллона, на качество фенестрации может влиять метод баллонной дилатации [57]. В доклиническом экспериментальном исследовании Dong-Lin Li и соавторы обнаружили, что повреждающая сила баллона и характер реакции ткани стент-графта варьируют в зависимости от размера баллонного катетера, а также от различных материалов эндопротеза. Так в экспериментах *in vitro* было показано, что баллонная дилатация в тканевых стент-графтах из полиестера требует большего давления, а также вызывает волокнение на краях фенестры и ее разрывы. В то же время края фенестрации в стент-графтах, покрытие которых выполнено из ПТФЕ, обычно были более округлыми и редко подвергались разрыву. Также было показано, что сила дилатации баллонов разного диаметра вызывает разные степени повреждения. Использование баллонов диаметром ≥ 8 мм вызывает серьезные структурные повреждения ткани эндопротеза. Чтобы избежать неограниченного разрыва ткани, рекомендуется начать с баллонных катетеров меньшего диаметра с постепенной последовательностью дилатацией баллонным катетером большего диаметра [46].

Интраоперационная фенестрация стент-графта «on the table»

Кроме того, в настоящее время разработана методика создания фенестрации в стент-графте до его имплантации. Разработка такого хирургом модифицированного стент-графта может быть отнесена к исследованиям, проведенным S. Kim и J.H. Park, которые успешно выполнили два случая успешной имплантации фенестрированного стент-графта в брюшном отделе аорты [47]. В каждом из этих случаев эндопротез был модифицирован для включения единственной фенестрации: первая для нижней брыжеечной артерии и вторая для почечной артерии. Серия успешных операций R. Unflacker и его командой в 2006 году ознаменовала первое применение PMSG на основе доступных платформ стент-графтов [31].

Что касается дуги аорты, здесь первый клинический случай эндопротезирования с использованием техники модификации стент-графта на столе описан в 2000 году и был выполнен докторами P. Mossop и I. Nixon в Мельбурне (Австралия). Пациенту был имплантирован стент-графт в зону Z2 с фенестрацией «on the table» для устья левой подключичной артерии [17]. Метод быстро зарекомендовал себя благодаря его преимуществам и стал применяться специалистами из различных стран. При данном способе фенестрации крайне важным является предоперационное планирование на основе тщательного морфометрического анализа мультиспиральной компьютерной томографической ангиографии (МСКТ-аниографии) аорты, а также понимания отхождения устьев БЦА относительно окружности аорты.

Для точного сопоставления фенестр с устьями целевых артерий, есть несколько методов, потенциально облегчающих данную задачу. Во-первых, на стент-графте, как правило, исходно имеются рентгенконтрастные метки, благодаря которым в дальнейшем можно оценивать позицию стент-графта относительно устьев БЦА [7]. Во-вторых, в настоящее время хирургии при создании фенестры, также маркируют ее края рентгенконтрастной меткой (например, с использованием рентгенконтрастного кончика проводника или спирали для эмболизации) (рисунок 5).



Рисунок 5 – Фенестрация стент-графта «on the table» с рентгенконтрастной маркировкой [60]

В-третьих, современные аддитивные технологии в виде трехмерных печатных моделей используются для достижения точного выполнения фенестраций. При этом способе на основе предоперационной МСКТ-ангиографии выполняется подготовка будущей модели аорты в специальном программном обеспечении для печати на 3D-принтере. Далее выполняется печать модели аорты с использованием биосовместимых прозрачных материалов и ее стерилизация для возможности использования в асептических условиях. В ходе операции перед имплантацией стент-графт раскрывается в трехмерной печатной модели и места отхождения устьев БЦА маркируются стерильным маркером. В последующем по данной разметке формируются фенестры, стент-графт упаковывается в систему доставки и в дальнейшем готов для имплантации (рисунок 6) [88].

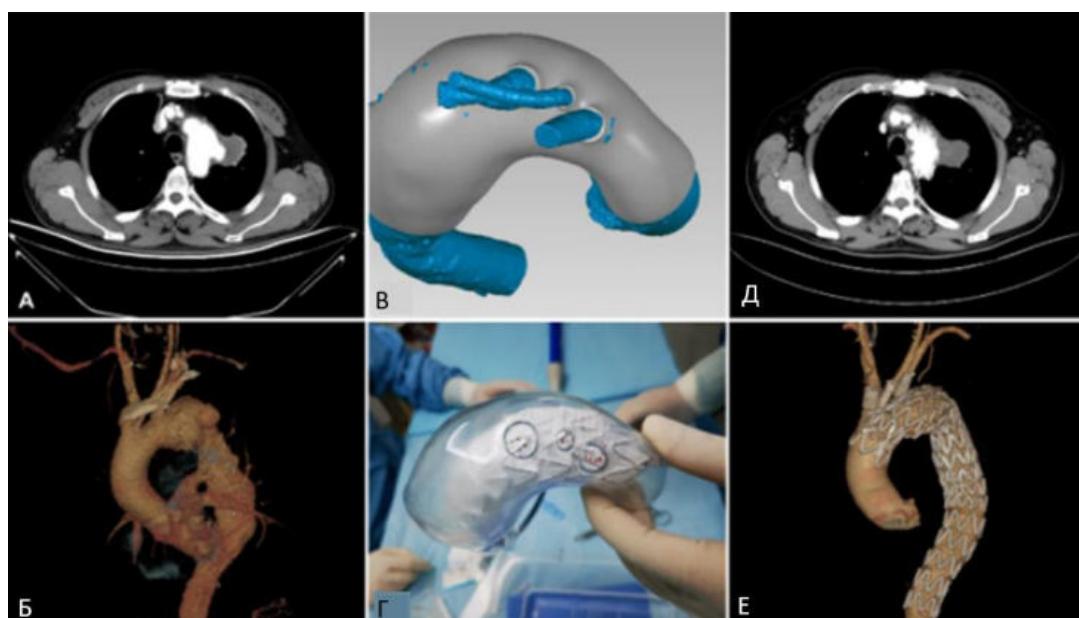


Рисунок 6 – Эндопротезирование аорты с интраоперационной фенестрацией в стент-графте «on the table». А, Б – Предоперационная МСКТ-ангиография и 3D-реконструкция аневризмы дуги аорты; В – создание 3D-модели аневризмы на основе МСКТ-ангиографии; Г – Раскрытие стент-графта в трехмерной модели аорты, напечатанной на 3D-принтере; Д, Е – Послеоперационная МСКТ-ангиография аорты и 3D-реконструкция аневризмы дуги аорты [88]

Для снижения риска неврологических осложнений и возможности манипулирования в дуге аорты с целью достижения точного сопоставления фенестр с устьями брахиоцефальных артерий, также внедрена и активно используется техника уменьшения диаметра стент-графта («diameter-reducing technique»). При этой методике окружность стент-графта, противоположная окружности, где располагаются фенестры, временно уменьшается (благодаря гофрированию и фиксацией нитью страт стент-графта), что в целом приводит к уменьшению его диаметра на 30–50 %. После раскрытия стент-графта в дуге аорты из-за разницы в диаметре между ним и стенкой

аорты продолжается адекватное кровоснабжение головного мозга, что дает возможность хирургу манипулировать в дуге достаточное количество времени для сопоставления фенестр с устьями БЦА и их катетеризации. По завершении процедуры фиксирующий проводник (вокруг которого закрепляются нитки, гофирирующие страты) удаляется и стент-графт полностью раскрывается до номинального размера [66]. Подробно техника редукции стент-графта представлена на рисунке 7.

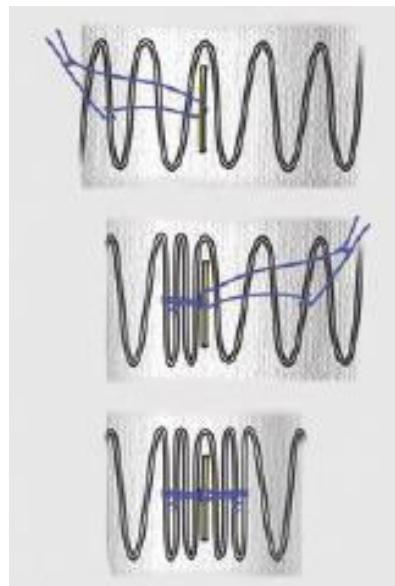


Рисунок 7 – Схема техники редукции стент-графта [66]

Основными преимуществами, которыми обладает метод – это возможность использования его в ургентных ситуациях, тогда как период ожидания такого устройства, изготовленного в заводских условиях может составлять более 2-3 месяцев. Кроме того, на момент написания нашей работы в Российской Федерации не зарегистрированы готовые фенестрированные стент-графты для имплантации в дугу аорты, что делает данный метод еще более привлекательным для использования в хирургическом лечении данной категории больных.

Недостатками метода являются необходимость для врача тратить время на модификацию эндопротеза, а также отсутствие промышленного контроля качества после модификации устройства. Также необходимо понимать, что модификация коммерчески доступных на рынке стент-графтов врачами может аннулировать любую гарантию безопасности производителя. Поскольку данные об отдаленных результатах применения данных устройств в литературе ограничены, требуется тщательное наблюдение за пациентами и оценка возможных осложнений в послеоперационном периоде у таких больных [72].

1.7 Послеоперационное ведение пациентов. Диагностика осложнений

Устойчивый положительный результат лечения аневризм аорты во многом определяется систематическим мониторингом в послеоперационном периоде, направленным как на вторичную профилактику аорто-ассоциированных заболеваний, так и на своевременную диагностику послеоперационных осложнений.

У пациентов, которые были подвержены эндоваскулярному лечению, наблюдение направлено на выявление эндоликов, расширения аневризматического мешка и структурной несостоительности или миграции стент-графта, а также проходимости БЦА. Для этих целей пациенты должны подвергаться регулярным исследованиям с использованием методов лучевой диагностики (МСКТ-ангиографии аорты). После эндопротезирования грудной аорты рекомендуется строгое пожизненное наблюдение: ежегодный контроль в течение как минимум первых 5 лет после операции, затем возможны более редкие исследования, если не обнаружено никаких осложнений [11].

Эндолик, как одно из наиболее частых осложнений после эндоваскулярного лечения определяется как сохранение кровотока вне стент-графта внутри аневризматического мешка, что препятствует полному тромбозу аневризмы и может способствовать ее дальнейшему росту и разрыву. Согласно данным литературы, классификация эндоликов включает пять типов (рисунок 8), среди которых наибольшую клиническую значимость представляют типы I и III, требующие обязательного хирургического устранения, предпочтительно эндоваскулярными методами. В то время как эндолик II типа демонстрирует высокую вероятность спонтанного разрыва (до 50% случаев), его выявление у 25% пациентов требует тщательного мониторинга. Критерием для повторного вмешательства служит прогрессирующее расширение аневризмы (≥ 10 мм), при этом методом выбора является эмболизация. Редко встречающийся при использовании современных стент-графтов эндолик IV типа, обусловленный их структурной пористостью, в большинстве случаев не требует активного вмешательства. Тип V выставляется тогда, когда есть расширение аневризматического мешка в диаметре без какого-либо видимого эндолика (рисунок 8) [13].

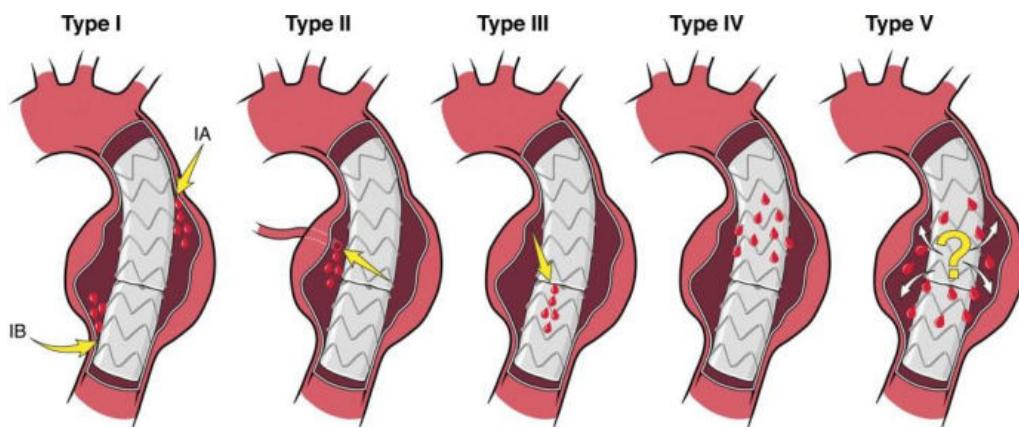


Рисунок 8 – Типы эндоликов при эндопротезировании грудной аорты [36]

С учетом необходимости реваскуляризации БЦА при эндоваскулярном и гибридном лечении важным является также оценка их необходимости в отдаленном периоде, в связи с тем, что стенозирование или окклюзия этих артерий может привести к ОНМК. В раннем послеоперационном периоде ОНМК также являются распространенным осложнением при эндоваскулярном лечении дуги аорты с частотой встречаемости 6% и более. Основные факторы, которые могут стать причиной данного осложнения – это дистальная эмболия ввиду манипуляций в атероматозной дуге, непреднамеренное перекрытие устьев БЦА, а также воздушные эмболы, высвобождаемые при раскрытии системы доставки стент-графта [62].

Из более редких, но возможных послеоперационных осложнений можно отметить острое почечное повреждение (ОПП), а также ишемию спинного мозга с переходящими симптомами или стойким нарушением функции. Для профилактики данных осложнений, должна быть тщательная подготовка пациента в виде инфузационной терапии для пациентов с хронической болезнью почек, а также коррекцией уровня гемоглобина при необходимости, для того чтобы снизить риск параплегии [8]. Послеоперационное ведение больных с вышеуказанными осложнениями должно быть с привлечением узких специалистов на основании общепринятых клинических рекомендаций и внутренних нормативных документов.

ГЛАВА 2. МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

2.1 Дизайн исследования

Исследование проводилось на ретроспективной основе, данные для которого были собраны в Клинике сердечно-сосудистой хирургии ФГБУ «НМИЦ им. В.А. Алмазова» Минздрава России в период с января 2017 года по декабрь 2024 года включительно. В исследование были включены 68 пациентов (мужского и женского пола) с подтверждённой аневризмой дуги аорты или аневризмой нисходящего отдела грудной аорты, имеющих короткую проксимальную посадочную зону (менее 1,5 см). Все участники исследования имели показания к хирургическому лечению, подтверждённые данными МСКТ-ангиографии.

Критерии включения:

- Наличие изолированной аневризмы дуги аорты или аневризмы нисходящего отдела грудной аорты с короткой проксимальной посадочной зоной (менее 1,5 см), соответствующей критериями для проведения хирургического лечения (диаметр аневризмы более 55 мм по данным мультиспиральной компьютерной томографии с внутривенным контрастированием у пациентов с веретенообразной аневризмой или мешотчатой аневризмой любого диаметра или симптомное течение заболевания, в том числе с признаками локальной компрессии);
- Диаметр общих бедренных артерий >7 мм;
- Возраст старше 18 лет.

Критерии исключения:

- Расслоение аорты I-III типов по классификации DeBakey;
- Тяжелая аортальная регургитация и стеноз;
- Непереносимость рентгенконтрастных веществ;
- Аневризма восходящего отдела аорты;
- Аневризма/расслоение торакоабдоминального отдела аорты;
- Атипичная анатомия брахиоцефальных артерий;
- Экстренное или отсроченное хирургическое лечение по поводу разрыва аневризмы грудного отдела аорты;
- Выполнение эндопротезирования дуги аорты в сочетании с другими эндоваскулярными мето-

дами восстановления кровотока по брахиоцефальным артериям (например, методика параллельных стент-графтов);

- Выполнение эндопротезирования дуги аорты с сочетанием гибридных и эндоваскулярных методов восстановления кровотока по брахиоцефальным артериям (экстраанатомическое шунтирование и интраоперационная фенестрация в стент-графте);
- Имплантация стент-графта в зону Z0 по Ishimaru;
- Острые инфекционные заболевания или хронические инфекционные заболевания в стадии обострения;
- Наличие в анамнезе подтвержденного диагноза соединительно-тканной дисплазии;
- Двухсторонняя окклюзия аорто-бедренного сегмента.

Все пациенты были распределены на две группы:

Группа I включала пациентов, перенесших эндоваскулярное лечение (эндопротезирование дуги аорты с интраоперационной фенестрацией в стент-графте);

Группа II состояла из пациентов после гибридного хирургического вмешательства, сочетающего дебранчинг брахиоцефальных артерий с последующим эндопротезированием дуги аорты.

Общий дизайн исследования и количественный состав групп отображены на рисунке 9.

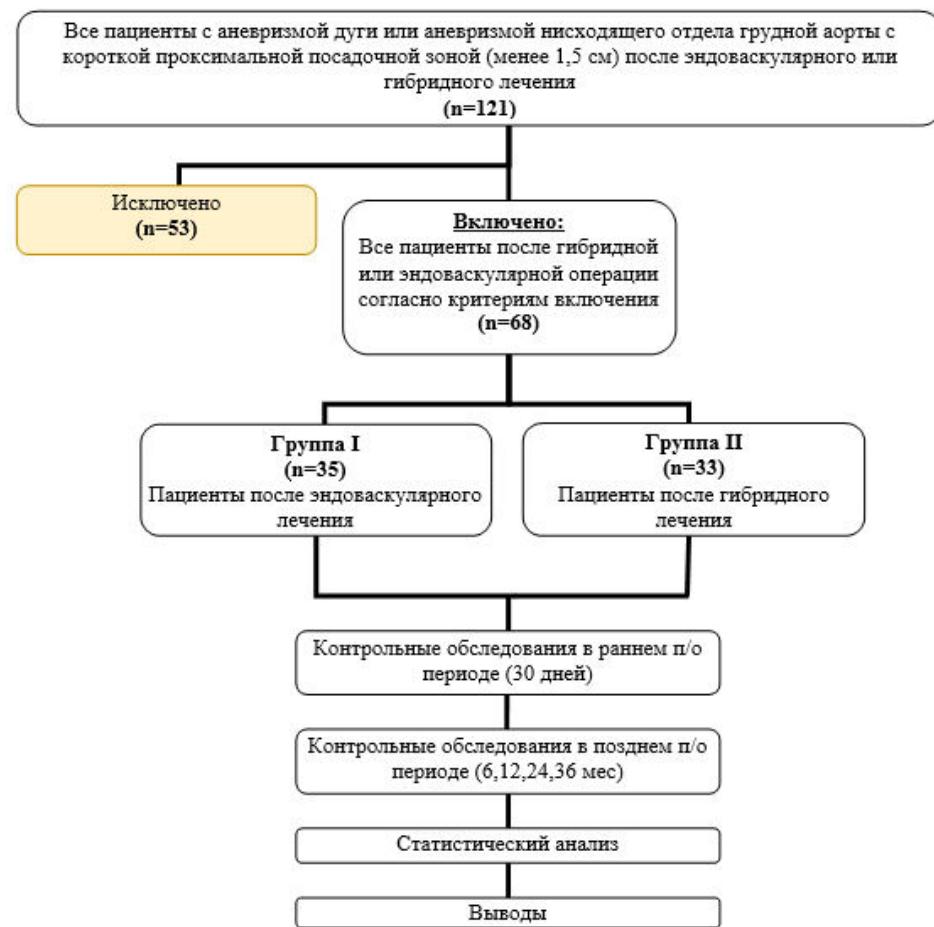


Рисунок 9 – Общий дизайн исследования

В зависимости от зоны имплантации по классификации Ishimaru в дуге аорты обе группы были разделены на подгруппы: пациенты, которым стент-графт был имплантирован в зону Z1 – подгруппа I-1 (n=13) и подгруппа II-1 (n=22); пациенты, которым выполнена имплантация стент-графта в зону Z2 – подгруппа I-2 (n=7) и подгруппа II-2 (n=26). Дизайн исследования с учетом подгрупп представлен на рисунке 10.

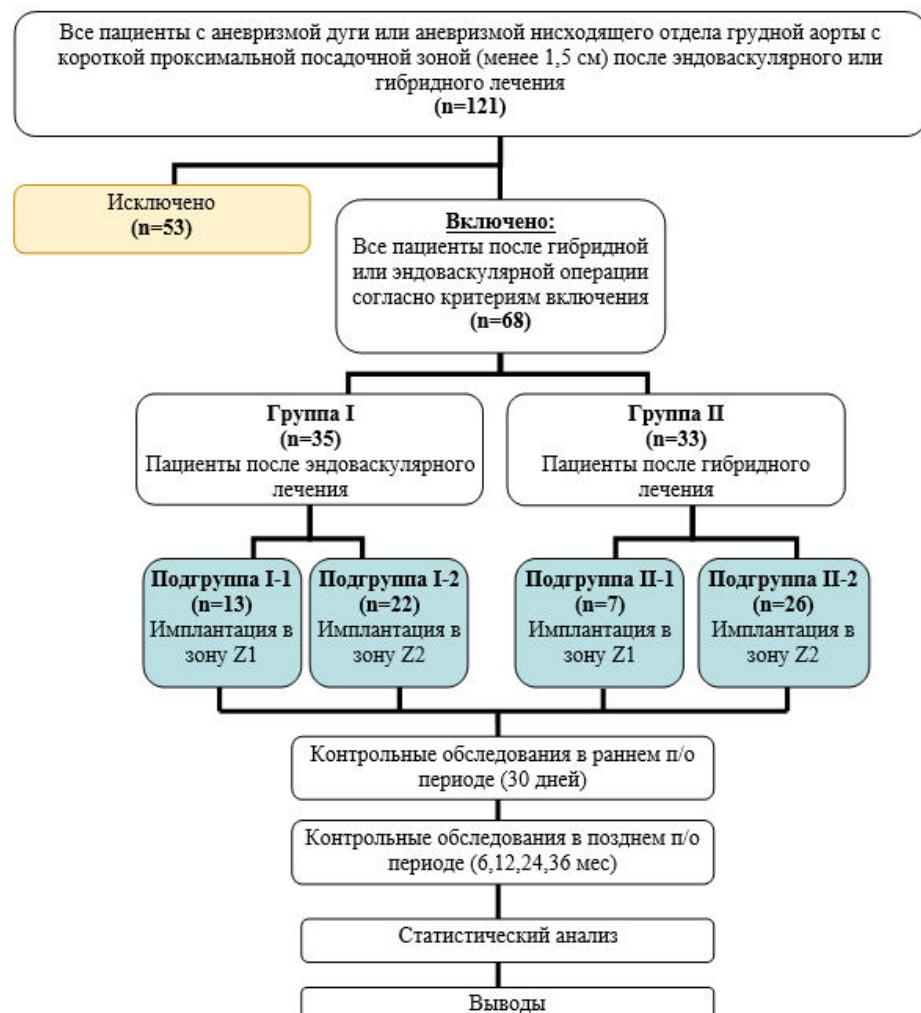


Рисунок 10 – Дизайн исследования с учетом подгрупп

2.2 Планирование вмешательства и предоперационный расчет компонентов

Предоперационное обследование включало стандартный комплекс лабораторных и инструментальных исследований. Лабораторная диагностика состояла из: общего анализа крови и мочи, биохимического анализа крови, коагулограммы, определения группы крови и резус-фактора. Инструментальная диагностика предусматривала выполнение МСКТ-ангиографии аорты (толщина среза менее 2 мм) с последующим морфометрическим анализом для определения хирургической тактики.

По результатам МСКТ-ангиографии аорты оценивались следующие параметры:

- уровень отхождения брахиоцефальных артерий и их диаметр;
- длина, диаметр, ангуляция и форма проксимальной шейки аневризмы;
- форма и максимальный диаметр аневризматического мешка;
- длина и диаметр дистальной шейки аневризмы;
- степень кальциноза и пристеночного тромбоза в зонах фиксации стент-графта.

Полученные данные МСКТ-аортографии были занесены в специальные предоперационные расчетные протоколы, где обязательно указывались количество и типы планируемых к имплантации устройств, включая аортальный и периферические стент-графты.

Дополнительно проводилось ультразвуковое дуплексное сканирование (УЗДС) артерий нижних конечностей для оценки диаметра общих бедренных артерий, наличия кальциноза в зоне предполагаемого доступа.

Для эндопротезирования аорты у включенных в исследование пациентов использовались следующие модели стент-графтов, зарегистрированных в Российской Федерации: «Valiant Captivia» (Medtronic, Дублин, Ирландия), «Zenith Alpha» (Cook Medical, Блумингтон, Индиана, США), «Ankura» (Lifetech Scientific, Шэньчжэнь, Китай). При этом в группе гибридного хирургического лечения, выполнялось эндопротезирование с использованием всех трех вышеперечисленных систем. В группе эндоваскулярного лечения выполнялась имплантация только стент-графтов системы «Ankura» (Lifetech Scientific, Шэньчжэнь, Китай). Диаметр и длина стент-графтов подбирались на основе детального морфометрического анализа аорты, выполненного по данным предоперационной МСКТ-ангиографии. Анализ включал оценку длины и поперечного диаметра проксимальной и дистальной посадочных зон, а также протяженности патологического участка аорты. Рекомендовалось, чтобы срок выполнения МСКТ-ангиографии не превышал 6 месяцев до предполагаемой даты операции. Диаметры измерялись как среднее значение между двумя перпендикулярными линиями, проводимыми по принципу "интима-интима". Размер стент-графта выбирался таким образом, чтобы его диаметр превышал диаметр нативной аорты на 15–20% в зонах проксимальной и дистальной фиксации.

При эндопротезировании аорты с интраоперационной фенестрацией в стент-графте, дополнительно в устье целевой брахиоцефальной артерии выполнялась имплантация периферического стент-графта. В нашем исследовании у всех пациентов выполнялась имплантация баллонорасширяемых эндопротезов: BeGraft Peripheral Stent Graft System (Bentley InnoMed GmbH, Германия) или LifeStream (C.R. Bard Inc, Темпс, Великобритания). Подбор размера периферического стент-графта осуществлялся на основании анализа диаметра целевой брахиоцефальной артерии, при этом протяженность выбиралась исходя из расстояния до боковых ветвей (в случае левой подключичной артерии до позвоночной артерии), а также на основании рекомендации о необходимости расположения проксимального конца стент-графта в просвете аорты примерно на 10 мм для оптимальной фиксации и исключения риска эндолика.

У пациентов в группе гибридного лечения при выполнении шунтирующего этапа (сонно-подключичное, сонно-сонное, сонно-сонно-подключичное шунтирование) использовались сосудистые протезы из ПТФЕ «Vascutek» (Vascutek Ltd., Шотландия, Соединенное Королевство).

2.3 Эндопротезирование аорты с «*in situ*» фенестрацией в стент-графте

Сосудистые доступы

Наиболее распространённым доступом для доставки стент-графта при эндопротезировании дуги аорты остаётся общая бедренная артерия (ОБА). Несмотря на то, что современные стент-графты имеют более низкий профиль, в ряде случаев применение стандартного трансфеморального доступа технически невозможно или сопряжено с повышенным риском интра- и по-слеоперационных осложнений, что диктует необходимость использования альтернативных хирургических подходов. В литературных источниках описаны клинические наблюдения, демонстрирующие применение забрюшинного доступа к подвздошной артерии либо терминальному отделу брюшной аорты в зависимости от индивидуальных анатомо-функциональных особенностей пациента [2,29].

В представленном исследовании у всех пациентов процедура выполнялась через доступ к ОБА (правой или левой). Выбор методики доступа (открытая хирургическая или чрескожная функционная) осуществлялся на основании комплексной оценки:

- анамнестических данных (наличие предшествующих вмешательств в области доступа);
- результатов дуплексного сканирования артерий нижних конечностей, включавшего оценку: степени кальциноза сосудистой стенки, уровня бифуркации ОБА, диаметра артерии в зоне предполагаемого доступа.

Так как в качестве доступа при эндопротезировании грудного отдела аорты используется лишь одна из общих бедренных артерий, предпочтение отдавалось функционному способу на стороне, где для него не было противопоказаний. В случаях, когда функциональный доступ был сопряжен с риском осложнений или неудачи, выполнялся хирургический доступ к правой или левой ОБА.

Хирургический доступ к общим бедренным артериям

Доступ к ОБА выполнялся через продольный или поперечный разрез, выбор которого зависел от анатомических и конституциональных особенностей пациента.

При применении техники продольного доступа разрез проводился по линии Кена с выделением ОБА выше бифуркации. Артерию мобилизовали на участке, достаточном для пункции, введения системы доставки и наложения двух сосудистых зажимов. Предварительно в месте предполагаемой пункции накладывался субадвентициальный кисетный шов нитью Prolene 5/0 (Ethicon), который затягивался по окончанию процедуры после извлечения всех устройств. В случае незначительного подтекания дополнительно накладывали субадвентициальный Z-образный

шов, однако если гемостаз был недостаточным, то тогда накладывались сосудистые зажимы проксимальнее и дистальнее места пункции, кисетный шов удаляли, а артериотомный доступ ушивали непрерывным обвивным швом. На завершающем этапе осуществлялся тщательный гемостаз и послойное ушивание раны, на кожу накладывался косметический шов, асептическая повязка и устанавливался активный дренаж.

В ситуациях, когда конституциональные особенности пациента позволяли выполнить поперечный доступ к ОБА, предпочтение отдавалось ему, за счет преимуществ описанных рядом авторов [91, 86]. Технически от вышеописанного классического продольного доступа отличие заключается в выполнении поперечного разреза, выполняемого параллельно и ниже паховой связки, которая используется в качестве анатомического ориентира. Все остальные этапы доступа выполняются аналогичным способом.

Пункционный доступ к общим бедренным артериям

В ряде случаев, когда конституциональные особенности пациента, анатомия бифуркации ОБА, а также степень кальциноза артерии позволяли выполнить пункционный доступ, тогда предпочтение отдавалось ему. Под ультразвуковым контролем выполнялась пункция и катетеризация ОБА, после чего артерия подвергалась предварительному прошиванию двумя устройствами Perclose ProGlide (Abbott Laboratories, Чикаго, Иллинойс, США). По окончании процедуры ушивание артериотомного доступа выполнялось на жестком проводнике 0.035" диаметра. При затягивании узлов ушивающего устройства проводник оставлялся временно в просвете ОБА, для того, чтобы в случае активного подтекания можно было достигнуть эффективного гемостаза с дополнительным использованием устройства Anglo-Seal VIP (Terumo Corporation, Япония).

Доступы для ангиографического контроля и имплантации периферических стент-графтов

Для ангиографического контроля использовался диагностический катетер PigTail 6F, который заводился через пункционный доступ к правой плечевой артерии в восходящую аорту. Ангиография дуги аорты и брахиоцефальных артерий выполнялась в левой передней косой проекции (угол предварительно рассчитывался по результатам предоперационной МСКТ-ангиографии). После окончания процедуры выполнялось удаление катетера и интродьюсера из сосудистого русла, осуществлялся мануальный гемостаз и наложение давящей повязки на 12 часов.

Для установки периферических стент-графтов использовались доступы к левой плечевой артерии и ЛОСА. Доступ к левой плечевой артерии, а также гемостаз выполнялся аналогичным

способом, как было описано выше. Что касается доступа к ЛОСА, у пациентов которым требовалась имплантация стент-графта в зону Z1 он выполнялся традиционным открытым способом. Пациент укладывался лежа на операционном столе, при этом шею немного разгибали, а голову поворачивали в правую сторону. По внутреннему краю грудино-ключично-сосцевидной мышцы под интубационным наркозом выполнялся продольный разрез, при этом уровень разреза определялся заранее по результатам УЗДС. С целью снижения риска эмболических осложнений доступ осуществлялся к ЛОСА не достигая ее бифуркации, так как этого было достаточно для установки интродьюсера и выполнения ретроградной имплантации периферического стент-графта. Дальнейшие этапы были аналогичными как при выполнении открытого доступа к ОБА.

Уменьшения воздействия аортального импульса во время имплантации

Одной из ключевых проблем при выполнении эндоваскулярных вмешательств является точность имплантации стент-графта, значимо зависящая от аортальной пульсации. Аортальный импульс способен вызывать смещение и некорректную позицию стент-графта, что может привести к серьезным осложнениям. В современных исследованиях описаны различные методики, направленные на повышение точности установки стент-графта за счет контроля аортального импульса: индуцированная фармакологическая гипотония, баллонная окклюзия венозного притока (преимущественно нижней полой вены), а также высокочастотная стимуляция правого желудочка («rapid right ventricular pacing») [93]. Наиболее широкое применение в клинической практике, в том числе в нашем Центре, получила методика быстрой стимуляции правого желудочка (ПЖ), позволяющая временно нивелировать аортальный импульс и создать условия контролируемой гипотензии.

Для выполнения пациентам быстрой стимуляции ПЖ выполняли пункцию правой внутренней яремной вены под ультразвуковым контролем с установкой интродьюсера 8F. Далее через интродьюсер заводился биполярный катетер для временной кардиостимуляции 5F и устанавливался в верхушке ПЖ. Далее выполнялась проба быстрой стимуляции ПЖ для оценки падения артериального давления и частоты сердечных сокращений, необходимых для снижения систолического артериального давления (САД) до <60 мм рт. ст. Эта проба проводится с 10-секундными периодами желудочковой стимуляции, начиная с частоты 120 ударов/мин и увеличивая ее на 20 ударов/мин до достижения успешной контролируемой гипотонии (<60 мм рт. ст.). В это время также оценивалось восстановление артериального давления и переносимость быстрой стимуляции ПЖ. Во время имплантации стент-графта, как правило, желудочковая стимуляция выполнялась с частотой от 130 до 180 ударов. После окончания процедуры катетер для кардиостимуляции удалялся. Все пациенты находились под постоянным наблюдением в течение первых 24 часов с отслеживанием ритма по кардиомонитору [5].

Доставка и имплантация стент-графтов

Доступ к целевой зоне осуществлялся через общую бедренную артерию (ОБА). В зависимости от выбора зоны имплантации хирургическое вмешательство проводилось либо под местной анестезией (при размещении стент-графта в зоне Z2), либо с использованием общей анестезии в виде эндотрахеального наркоза (в случаях имплантации в зону Z1). В просвет ОБА устанавливался интродьюсер 8F (Cordis, США). Под ангиографическим контролем в восходящую аорту до уровня аортального клапана проводился жесткий проводник Radifocus Guide Wire M Stiff Type диаметром 0,035" (Terumo, Япония). По проводнику заводился диагностический катетер в восходящий отдел аорты, после чего проводилась замена проводника на Lunderquist (Cook Medical, Блумингтон, Индиана, США) длиной 300 см. Визуализация дуги аорты и устьев брахиоцефальных артерий выполнялась посредством ангиографии в левой передней косой проекции. Для повышения точности имплантации стент-графта и минимизации объема вводимого контрастного вещества применялась технология совмещения интраоперационной рентгеноскопии в реальном времени с данными предоперационной МСКТ-ангиографии (Fusion Imaging) (рисунок 11) [5].

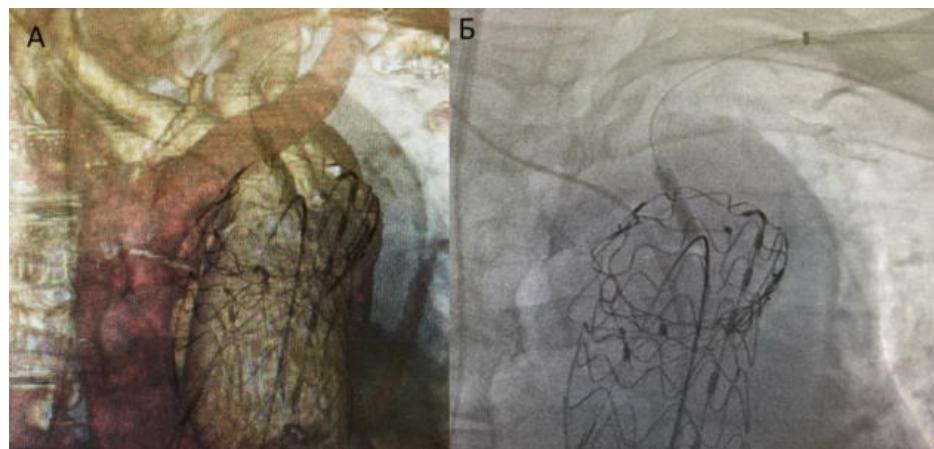


Рисунок 11 – Применение технологий Fusion Imaging во время имплантации стент-графта в дугу аорты: А – Результат слияния предоперационной трехмерной 3D реконструкции аорты с рентгеноскопическим изображением; Б - Рентгеноскопическое изображение

Доставка стент-графта осуществлялась через бедренный доступ по сверхжесткому проводнику до аортальной дуги. Для предотвращения окклюзии устьев нецелевых артерий позиционирование покрытой части стент-графта выполнялось по дистальному краю их устьев:

- при имплантации в зону Z2 покрытый сегмент стент-графта располагался дистальнее устья ЛОСА.

- при имплантации в зону Z1 позиционирование проводилось дистальнее устья БЦС.

Перед имплантацией стент-графта выполнялся ангиографический контроль для верификации его позиционирования. На этапе раскрытия эндопротеза анестезиолог проводил временную стимуляцию ПЖ с целью уменьшения аортальной пульсации и снижения риска миграции устройства. После частичного раскрытия (2–3 звена покрытой части) стент-графта осуществлялась повторная ангиография, при необходимости выполнялось его репозиционирование.

Финальное раскрытие стент-графта вместе с непокрытой зоной («короны») выполнялось только после подтверждения корректного расположения по данным ангиографии. Ангиографическая съемка проводилась рентгеноконтрастным препаратом йогексол (350 мг/мл) в объеме 15–20 мл со скоростью введения 10–15 мл/с с использованием автоматической инъекционной системы Medrad ProVis Mark V (Bayer Medical, США).

После завершения имплантации доставляющая система извлекалась с предварительной сборкой стент-графта в наиболее прямом сегменте нисходящей аорты. Для оценки эффективности вмешательства всем пациентам выполнялась завершающая контрольная ангиография с целью оценки технического результата лечения (полное исключение аневризмы из системного кровотока, отсутствие эндоликов). В конце выполнялось ушивание ОБА в зависимости от типа доступа, с последующим контролем посредством УЗДС для исключения осложнений.

Выполнение фенестрации «*in situ*»

Фенестрация в стент-графте по методике «*in situ*» во всех случаях осуществлялась при помощи специальной гибкой иглы для фенестрации Futhrough Endovascular needle system (Lifetech Scientific, Шэньчжэнь, Китай). Для выполнения ретроградной фенестрации левой подключичной артерии через плечевую артерию устанавливался интродьюсер 8F. До регистрации в России специализированного интродьюсера с управляемым кончиком Fustar Steerable Sheath (Lifetech Scientific, Шэньчжэнь, Китай), обеспечивающего оптимальное позиционирование пункционной иглы перпендикулярно стент-графту, нами использовался интродьюсер для контрлатерального доступа Flexor Check-Flo Introducer with Balkin Up and Over (Cook Medical, Блумингтон, США). Данное устройство обладает изогнутым проксимальным сегментом, что позволяет достичь требуемого угла по отношению к стент-графту. Интродьюсер продвигался в подключичную артерию до контакта его дистального конца с аортальным стент-графтом, после чего угол наклона корректировался для достижения максимально перпендикулярного положения относительно большой кривизны аорты. Контроль положения интродьюсера и пункционной иглы осуществлялся в двух ортогональных (или близких к ортогональным) проекциях: левой передней

косой (обеспечивающей визуализацию дуги аорты и брахиоцефальных ветвей) и правой передней косой (позволяющей оценить позицию кончика катетера относительно окружности аорты).

После достижения оптимальной позиции интродьюсера выполнялась интраплюминальная баллонная окклюзия в зоне расположения гибкой иглы для предотвращения ретроградного смещения системы во время пункции стент-графта. Затем осуществлялась фенестрация с последующим введением проводника диаметром 0,018 дюйма в аортальный просвет через систему доставки иглы (рисунок 12В).

При выполнении фенестрации устья ЛОСА в общую сонную артерию через открытый доступ устанавливался короткий интродьюсер 8F (Cordis, США). Через него заводилась система с гибкой иглой для фенестрации. Дальнейшие действия аналогичны таковым при фенестрации лПклА (рисунок 12А).

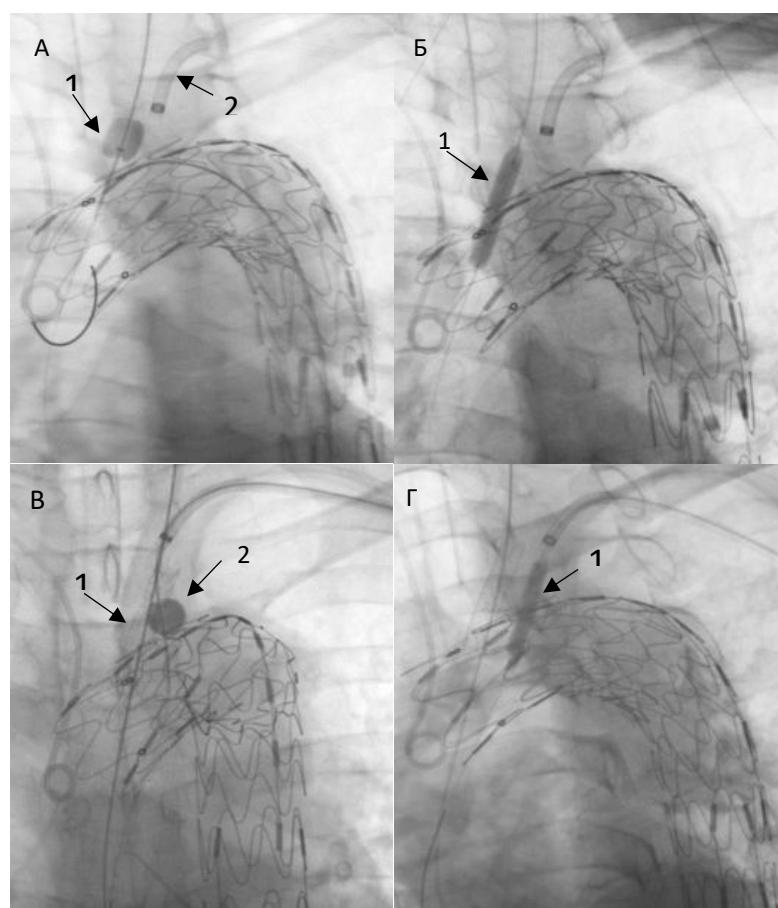


Рисунок 12 – Клинический случай имплантации стент-графта в зону Z1 с интраоперационной «*in situ*» фенестрацией в устье ЛОСА и лПклА: А – Фенестрация устья ЛОСА: 1 – Игла для фенестрации в устье ЛОСА; 2 – интродьюсер в устье лПклА; Б – Баллонная дилатация фенестры в устье ЛОСА 1 – баллонный катетер в устье ЛОСА; В – Фенестрация устья лПклА: 1 – периферический стент-графт в устье ЛОСА; 2 – игла для фенестрации в устье лПклА; Г – Баллонная дилатация в устье лПклА: 1 – баллонный катетер в устье лПклА.

Баллонная дилатация фенестры

Первичное отверстие, создаваемое иглой, обычно небольшое (1–2 мм), и повреждение ткани стент-графта очень ограничено. Однако последующая баллонная дилатация, необходимая для достижения нужного диаметра, является критическим этапом, способным привести к неправильному разрыву ткани и развитию послеоперационного эндолика.

В доклиническом исследовании Dong-lin Li и коллег оценивалось влияние покрытия стент-графта, параметров баллонных катетеров и техники их применения на конечное качество и стабильность фенестраций. Результаты показали, что наиболее ровные и округлые отверстия без линейного разрыва образуются в стент-графтах из ПТФЭ при постепенном расширении фенестры баллонами разного диаметра. При этом использование катетеров ≥ 8 мм повышало риск разрыва ткани, однако скорость дилатации (постепенная или быстрая) не оказывала значимого влияния на размер и качество фенестрации [28].

В нашем исследовании во всех случаях применялась поэтапная дилатация фенестры баллонными катетерами малого, а затем большего диаметра. Первично по уже заведенному через фенестру проводнику 0,018-дюймового диаметра выполнялось заведение баллонного катетера диаметром 5 мм и выполнялась дилатация фенестры. Успешность и точность фенестрации подтверждалась характерным эффектом «песочных часов» — перетяжкой на баллоне при инфляции. Далее проводник заменяли на жесткий 0,035-дюймовый Amplatz Super Stiff (Boston Scientific, США), по которому заводили второй баллон (обычно 7–8 мм, в зависимости от диаметра целевой артерии) и выполняли повторную дилатацию фенестры (рис. 12 Б, Г).

Имплантация периферических стент-графтов в устья брахиоцефальных артерий

Для обеспечения долгосрочной проходимости брахиоцефальных артерий и снижения риска эндолика всем пациентам выполнялась имплантация периферических стент-графтов в области их устьев. Диаметр эндопротеза подбирали в соответствии с диаметром целевой артерии. Проксимальный край стент-графта размещался в просвете аорты на 10 мм. При имплантации в устье лПкА длина эндопротеза рассчитывалась на основании расстояния до устья позвоночной артерии. После имплантации периферического стент-графта выполнялся ангиографический контроль для оценки проходимости брахиоцефальных артерий, а также диагностики возможных осложнений.

Способ направленной фенестрации для реваскуляризации левой подключичной артерии при её сложной анатомии

В случае острого угла отхождения лПкА, а также при ее выраженной извитости техническая невозможность выполнения «*in situ*» фенестрации ограничена, ввиду того, что невозможно

достичь перпендикулярного положения иглы относительно стент-графта, что сопряжено с высоким риском перфорации подключичной артерии или повреждения аорты. Нами был предложен способ направленной фенестрации для реваскуляризации лПклА при её сложной анатомии (патент на изобретение № 2835724 от 03.02.2025). При данном способе в левую плечевую артерию устанавливается интродьюсер 10F длиной от 55 до 90 см, в зависимости от избранной длины системы для фенестрации (35-100 см). Через интродьюсер заводился жесткий проводник 0,035-дюймового диаметра Amplatz Super Stiff (Boston Scientific, Марлборо, Массачусетс, США) в нисходящий отдел аорты и оставлялся в ее просвете. Далее вышеупомянутым способом выполнялась имплантация стент-графта в целевую зону дуги аорты. Далее доступом через левую плечевую артерию параллельно ранее заведенному жесткому проводнику к устью левой подключичной артерии подводилась система для фенестрации с гибкой иглой. Благодаря постоянно создаваемому натяжению проводника, низведенного в нисходящий отдел аорты, проксимальный конец интродьюсера направлялся в сторону устья подключичной артерии даже при остром угле ее отхождения, в результате чего гибкая игла также поворачивалась в сторону устья. Дальнейшие этапы не отличались от вышеупомянутых и включали фенестрацию стент-графта иглой с последующей последовательной баллонной дилатацией фенестры и имплантацией периферического стент-графта (рисунок 13).

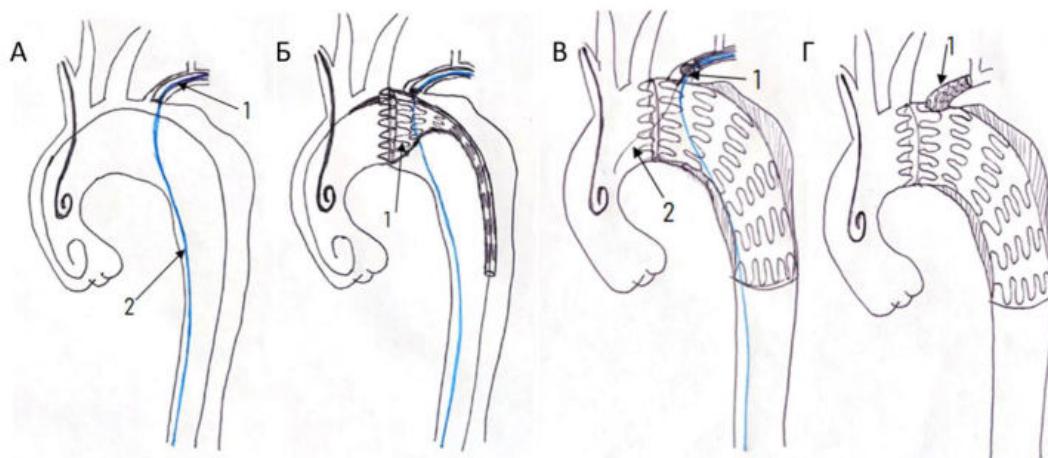


Рисунок 13 – Способ направленной фенестрации для реваскуляризации левой подключичной артерии при эндопротезировании дуги аорты: А – Установка интродьюсера 10F в левую плечевую артерию и заведение жесткого проводника в нисходящий отдел аорты; Б – Имплантация стент-графта в дугу аорты с перекрытием устья левой подключичной артерии (1 - периферический стент-графт в устье левой подключичной артерии); В – Фенестрация в стент-графте в устье левой подключичной артерии по методике «*in situ*»; Г - Итоговый вид после операции

Последовательность выполнения фенестраций

При имплантации стент-графта в зону Z1 первично выполнялась фенестрация в устье ЛОСА, с целью восстановления кровотока по системе внутренней сонной артерии (ВСА). В дальнейшем выполнялась реваскуляризация лПкА с запуском кровотока по левому вертебро-базилярному бассейну. При имплантации стент-графта в зону Z2, кровоток по обеим внутренним сонным артериям сохранялся и фенестрация выполнялась в устье только лПкА.

2.4 Эндопротезирование аорты с «on the table» фенестрацией в стент-графте

Модификация стент-графта

В соответствии с ранее изложенным, методика «on the table» фенестрации подразумевает формирование фенестры в стент-графте до его имплантации. Выбор сосудистых доступов при данном подходе не имел существенных отличий от такового при выполнении фенестрации «*in situ*». Однако ключевым различием являлась предварительная модификация стент-графта, включающая создание фенестры непосредственно перед его имплантацией.

На этапе предоперационного планирования, на основании данных МСКТ-ангиографии, проводились измерения диаметра аорты и её ветвей, углов их отхождения, а также определялось пространственное расположение устьев целевых артерий, подлежащих фенестрации, на поперечном сечении аорты. Для оптимизации процесса имплантации разрабатывался индивидуальный дизайн будущих фенестраций, в том числе с применением циферблатной схемы для точного обозначения позиции устьев БЦА относительно окружности аорты.

В условиях стерильного операционного поля покрытая часть стент-графта частично раскрывалась из системы доставки на 2–3 звена. Локализация будущей фенестры или фенестр определялась с использованием стерильной линейки и маркера в соответствии с предоперационным планом. Во всех клинических случаях применялся стент-графт «Ankura» (Lifetech Scientific, Шэнчжэнь, Китай), который имеет рентгеноконтрастные маркеры в виде цифр «8» и «0» на проксимальном участке, расположенными на 12 и 6 часах условного циферблата соответственно. Выбор места фенестрации осуществлялся с учётом данных маркеров (рисунок 14А). Формирование фенестры выполнялось при помощи скальпеля, микрохирургических ножниц или электрокоагуляционного устройства (рисунок 14Б).

Для последующей рентгенологической визуализации фенестры производилась ее маркировка при помощи фиксации рентгеноконтрастного кончика проводника диаметром 0,018 дюйма к краю с использованием шовного материала Prolene 6/0 (Ethicon) (рисунок 14В).

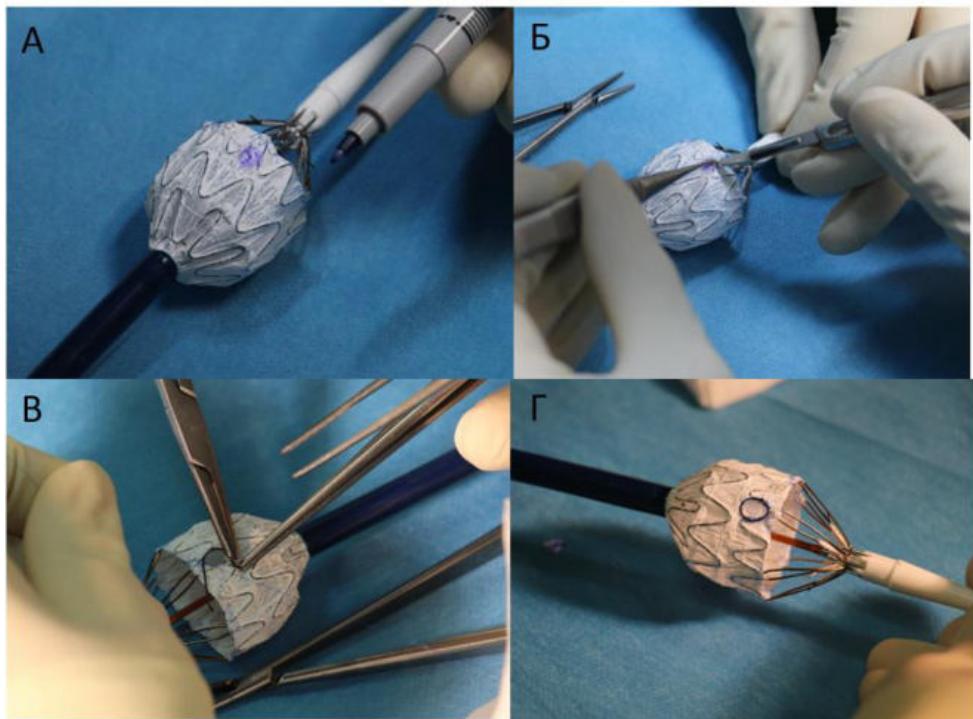


Рисунок 14 – Техника «On the table» фенестрации в стент-графте: А – маркировка будущей фенестрации стерильным маркером; Б – создание фенестры при помощи скальпеля; В – рентгено-контрастная маркировка краев фенестры; Г – итоговый вид фенестры

Далее осуществлялась обратная «упаковка» стент-графта в систему доставки. Проксимальный участок развернутого стент-графта фиксировался ассистентом в собранном состоянии (с целью минимизации повреждений конструкции эндопротеза применялась мягкая артериальная магистраль). Одновременно хирург производил обратное продвижение системы доставки в проксимальном направлении к «короне» стент-графта, обеспечивая постоянное расстояние между звеньями и предотвращая осевое вращение эндопротеза (рисунок 15).

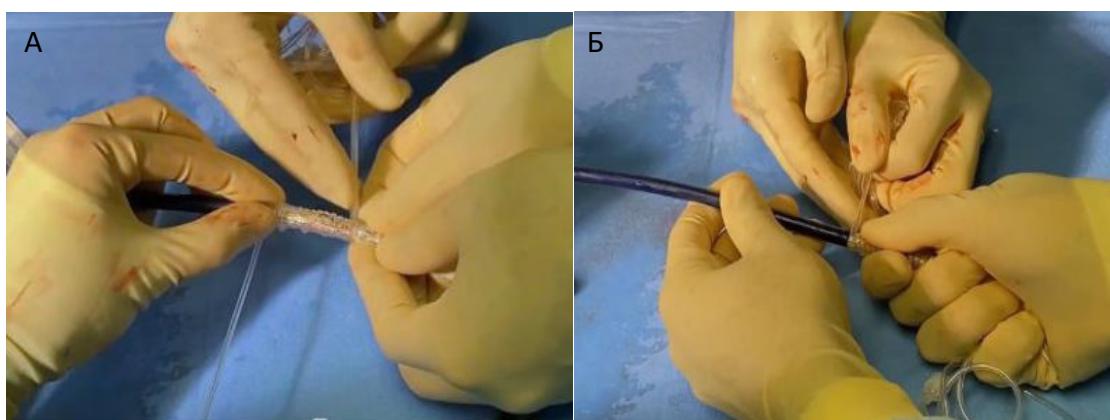


Рисунок 15 – Сборка стент-графта в систему доставки: А - Сборка стент-графта; Б - Последовательное заведение в систему доставки

Доставка и имплантация стент-графта

Точность позиционирования стент-графта определяется качеством предоперационного планирования, основанного на данных МСКТ-ангиографии. После заведения эндопротеза в аортальную дугу хирург корректирует ориентацию рентгеноконтрастных меток относительно устьев брахиоцефальных артерий для точного совмещения с фенестрами. Любые манипуляции в зоне дуги аорты, особенно при выраженном атероматозе, повышают риск нежелательных осложнений, включая острые нарушения мозгового кровообращения вследствие дистальной эмболии. В связи с этим разработаны методы, минимизирующие движения в данной анатомической области.

Китайские исследователи Chenyang Qiu и соавторы предложили две стратегии повышения точности имплантации:

Стратегия инверсии направления – предполагает заведение стент-графта через бедренный доступ с инверсией рентгеноконтрастных меток на 180 градусов. При прохождении через дугу аорты, как правило, происходит самостоятельная независимая от оператора ротация системы доставки, обеспечивающая точное позиционирование фенестры относительно устья целевой артерии [84].

Стратегия использования проводника – включает предварительное заведение 0,018-дюймового проводника через доступ к целевой артерии (брахиоцефальная артерия, для которой выполнена фенестрация и относительно устья которой будет позиционироваться стент-графт). Проводник экстернализируется через доступ к общей бедренной артерии, затем проводится через фенестру во внутренний просвет стент-графта перед его обратной сборкой. Далее эндопротез доставляется по жесткому проводнику, при этом необходимо контролировать взаимное расположение проводников (жесткого и 0,018-дюймового) во избежание их переплетения. Корректное вращение системы доставки за счет такого предзаведенного проводника обеспечивает точное совмещение фенестры с устьем целевого сосуда [84].

В нашей практике мы использовали первую стратегию при заведении системы доставки в дугу аорты для того, чтобы рентгеноконтрастная метка указывающая на 12 часов оказалось в нужном положении. В дальнейшем выполнялось первичное сопоставление фенестры после раскрытия 2-3 звеньев стент-графта, выполнялась контрольная ангиография и в случае необходимости смещение нераскрытоого стент-графта относительно устья целевой брахиоцефальной артерии. При достижении оптимального положения выполнялось полное раскрытие стент-графта с повторным ангиографическим контролем.

Эндопротезирование брахиоцефальных артерий

Как и при интраоперационной «*in situ*» фенестрации, после установки стент-графта выполнялось эндопротезирование устьев БЦА для минимизации риска эндолика. Катетеризация целевой артерии и имплантация периферического стент-графта проводились ретроградным доступом через интродьюсер, установленный в ЛОСА или лПклА. Рекомендации по имплантации соответствуют таковым при «*in situ*» фенестрации (см. раздел 2.3).

2.5 Алгоритм выбора способа фенестрации в стент-графте

Несмотря на непрерывно растущий опыт в области эндоваскулярного лечения пациентов с аневризмами дуги аорты, в настоящее время отсутствует унифицированный алгоритм выбора техники фенестрации, учитывающий анатомические особенности дуги аорты и брахиоцефальных артерий. Ключевым аспектом предоперационного планирования эндоваскулярного вмешательства является определение проксимальной зоны фиксации стент-графта, что обеспечивает безопасность процедуры, максимальную эффективность и долгосрочную стабильность результатов. Неполная герметизация проксимальной зоны или миграция эндопротеза увеличивают вероятность развития послеоперационного эндолика, что сопряжено с присущим риском разрыва аорты и, как следствие, с клинической неудачей выполненного эндопротезирования. В данном контексте критическое значение приобретает угол проксимальной зоны фиксации. Наибольшие технические сложности возникают при II и III типах дуги аорты, для которых характерен острый угол отхождения брахиоцефальных ветвей и угол имплантации стент-графта. Это повышает риск несоответствия предварительно созданных фенестр и миграции эндопротеза [14]. Учитывая приведенные данные, выполнение «*on the table*» фенестрации при II-III типах дуги аорты следует рассматривать как резервный метод, применяемый исключительно в случаях, когда выполнение фенестрации «*in situ*» технически невозможно. Классификация типов дуги аорты представлена на рисунке 16.

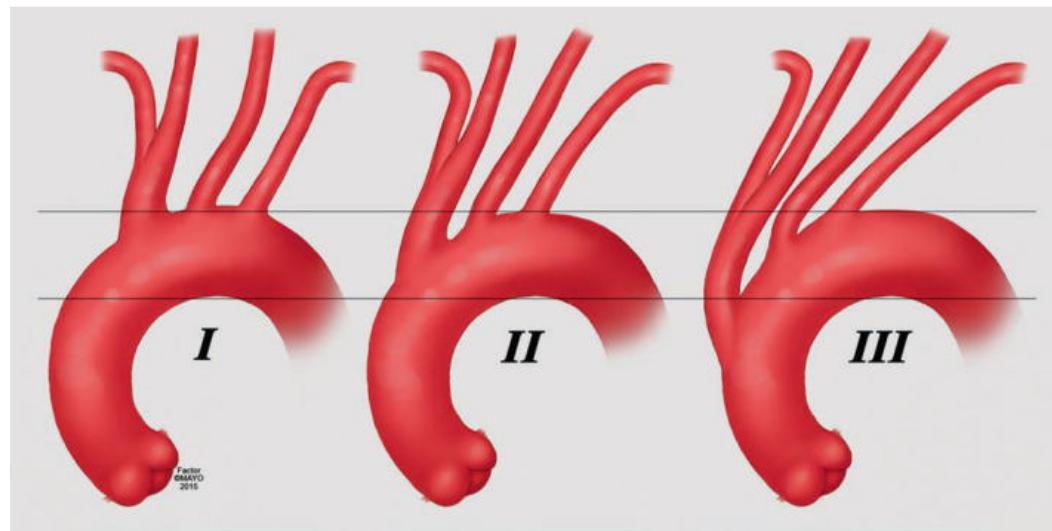


Рисунок 16 – Типы дуги аорты [66]

На основании анализа литературных источников и собственных данных нами был разработан алгоритм выбора оптимальной техники фенестрации у пациентов при эндопротезировании дуги аорты (рисунок 17). Концепция выбора основана на типе дуги аорты, а также наличия или отсутствия таких анатомических особенностей брахиоцефальных артерий, как острый угол отхождения устья или наличие извитости хода сосуда. Таким образом, у каждого пациента принципиально возможно выполнение реваскуляризации брахиоцефальных артерий путем создания фенестрации вне зависимости от анатомических особенностей.

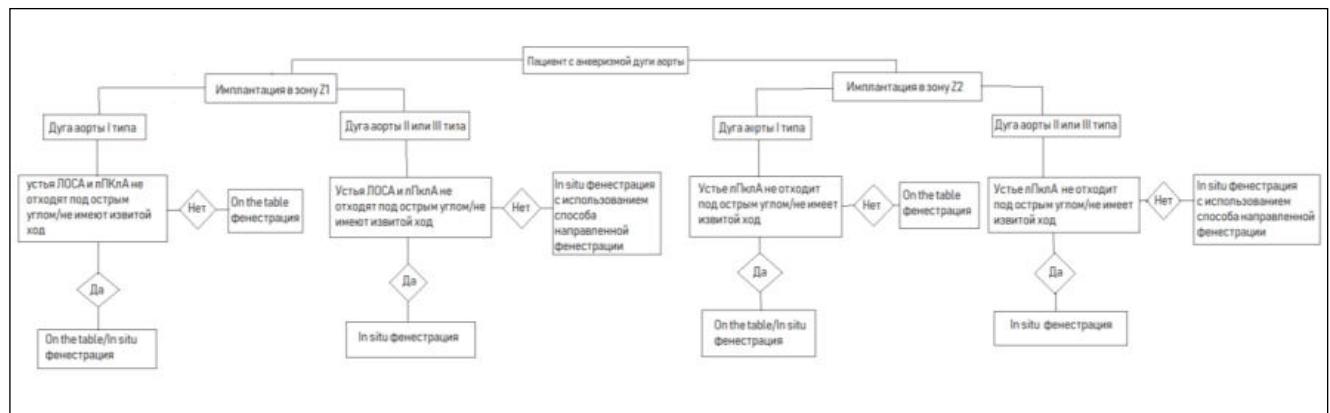


Рисунок 17 – Алгоритм выбора способа фенестрации в стент-графте в зависимости от типа дуги аорты и анатомии брахиоцефальных артерий

Согласно представленному алгоритму вне зависимости от зоны имплантации стент-графта при I типе дуги аорты при оптимальной анатомии ЛОСА и РБКА, а именно при отсутствии острого угла отхождения от дуги аорты или выраженного извитого хода возможно применение любого из способов фенестрации. При вышеуказанных анатомических особенностях «in

«in situ» фенестрация вероятно будет технически затруднена или невозможна, в связи с чем в таких случаях рекомендовано рассмотреть способ «on the table» фенестрации. При II и III типах дуги аорты сопоставление фенестраций при способе «on the table» сопряжено с риском неудачи, в связи с чем рекомендовано рассмотреть способ фенестрации «in situ». При этом, если артерия имеет острый угол отхождения или выраженный извитой ход возможно применение вышеописанного способа направленной фенестрации для реваскуляризации левой подключичной артерии при её сложной анатомии. Кроме того, возможна комбинация этих способов у одного и того же пациента в случае необходимости имплантации в зону Z1 и реваскуляризации двух брахиоцефальных артерий (ЛОСА и лПклА).

2.6 Техника гибридного хирургического лечения

У пациентов, которым выполнялось гибридное вмешательство оно проводилось в два этапа: 1 этап (открытый) – дебранчинг брахиоцефальных артерий, 2 этап (эндоваскулярный) – эндопротезирование дуги аорты.

Открытый этап – дебранчинг брахиоцефальных артерий

Выбор способа дебранчинга зависел от зоны имплантации стент-графта, а также анатомии брахиоцефальных артерий. При планировании имплантации стент-графта в зону Z1 было необходимо выполнить частичный дебранчинг в виде переключения ЛОСА и лПклА. Для этого пациентам выполнялось одно из следующих вмешательств: сонно-сонно-подключичное шунтирование или сонно-сонное шунтирование в сочетании с сонно-подключичной транспозицией. При имплантации стент-графта в зону Z2 требовалось переключение только лПклА, в связи с чем пациентам выполнялось сонно-подключичное шунтирование или транспозиция.

Для выполнения сонно-подключичного шунтирования или транспозиции под эндотрахеальным наркозом выделяли левую подключичную артерию и левую общую сонную артерию в области между нижней третьей латерального края грудино-ключично-сосцевидной мышцы и ключицей. Левая подключичная артерия пережималась сосудистыми зажимами максимально в проксимальном направлении и на 4 см дистальнее. В случае выполнения сонно-подключичной транспозиции перед проксимальным зажимом подключичная артерия лигировалась хирургической нитью и отсекалась дистальнее нити на 0,5 см. Перед пережатием артерий внутривенно вводился гепарин из расчёта 75-100 Ед/кг. Затем на проксимальный участок общей сонной артерии, визуализированный в ране, накладывался первый сосудистый зажим, после чего дистальнее на 3

см накладывался второй сосудистый зажим. В боковой стенке между зажимами острый скальпелем формировалось отверстие длинной 1 см. Далее нитью Prolen 6/0 выполнялся анастомоз «конец-в-бок» между левой общей сонной артерией и отсеченным участком подключичной артерии. В случае сонно-подключичного шунтирования подключичная артерия не отсекалась, а пережималась двумя сосудистыми зажимами так, что между ними сохранялся участок длиной 3 см. Скальпелем производилась артериотомия стенки подключичной артерии в области данного участка с формированием отверстия длиной 1 см. Выполнялся анастомоз между проксимальным концом синтетического протеза из ПТФЕ и подключичной артерией в области данного артериотомного отверстия. Затем на выделенный участок общей сонной артерии накладывались два сосудистых зажима так, что между ними сохранялся участок длиной 3 см. Скальпелем производилась артериотомия стенки общей сонной артерии в области данного участка с формированием отверстия длиной 1 см. Выполнялся анастомоз между дистальным концом синтетического сосудистого протеза и общей сонной артерии. Производится запуск кровотока с профилактикой воздушной эмболии, тщательный гемостаз и послойное ушивание раны с оставлением активного дренажа.

В случае необходимости выполнения переключения левой ОСА при имплантации в зону Z1 дополнительно выполнялось сонно-сонное шунтирование. Для этого по внутреннему краю грудино-ключично-сосцевидной мышцы справа выделялась правая ОСА в проксимальном отделе. После введения гепарина артерия пережималась с двух сторон, на её медиальной поверхности выполнялась артериотомия диаметром около 1 см. В артериотомическое отверстие вшивался сосудистый ПТФЕ протез с формированием анастомоза по типу «конец-в-бок». Шунт располагали между позвоночником и пищеводом, выводя в рану на левой стороне шеи. ЛОСА пересекали поперечно с последующей перевязкой и прошиванием проксимальной культи. Затем накладывали анастомоз протеза с ЛОСА по типу «конец-в-бок».

После запуска кровотока с профилактикой эмболии проверялась пульсация всех реконструированных артерий, выполнялся тщательный гемостаз с послойным ушиванием ран и установкой активного дренажа.

Эндоваскулярный этап – эндопротезирование дуги аорты

Вторым этапом у пациентов, подвергнутых гибридной тактике лечения выполнялось эндопротезирование дуги аорты с имплантацией стент-графта в запланированную зону. Как правило эти два этапа осуществлялись не одномоментно, а с промежутком в несколько дней между операциями, хотя у ряда пациентов оба этапа выполнялись в одну операцию. Выбор доступа к ОБА не отличался от такого при полностью эндоваскулярном лечении. С целью ангиографиче-

ского контроля использовался функциональный доступ к правой плечевой артерии с заведением диагностического катетера PigTail в восходящий отдел аорты. Этапы имплантации аортального стент-графта и завершение операции не отличалось от такого при полностью эндоваскулярном подходе. Различные варианты вышеописанного гибридного подхода представлены на рисунках 18 и 19.

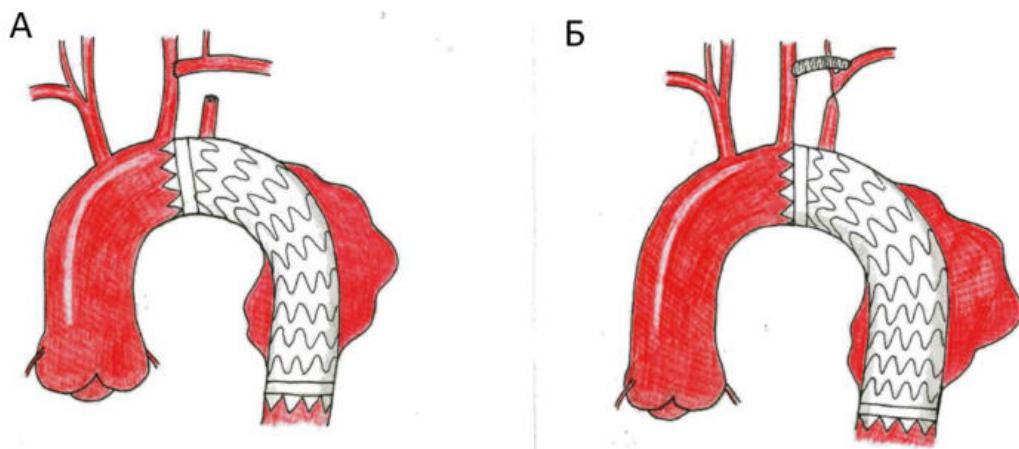


Рисунок 17 – Варианты дебранчинга лПклА при имплантации стент-графта в зону Z2: А – сонно-подключичная транспозиция с последующим эндопротезированием дуги аорты; Б – сонно-подключичное шунтирование с последующим эндопротезированием дуги аорты.

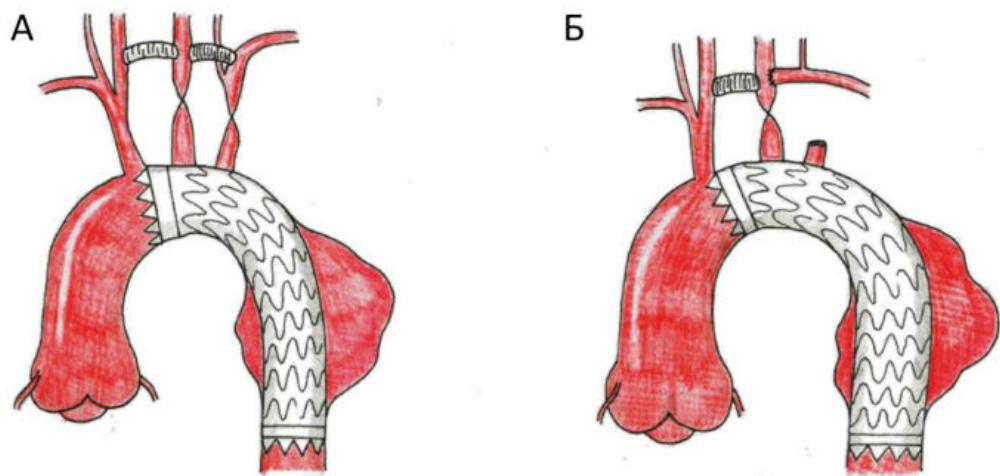


Рисунок 18 – Варианты дебранчинга ЛОСА и лПклА при имплантации стент-графта в зону Z1: А – сонно-сонно-подключичное шунтирование с последующим эндопротезированием дуги аорты; Б – сонно-сонное шунтирование и сонно-подключичная транспозиция с последующим эндопротезированием дуги аорты

2.7 Общая клиника-демографическая и анатомическая характеристика пациентов

В ходе исследования проведен анализ клинических данных 68 пациентов. Группы были сопоставимы по клинико-демографическим параметрам. Во всех исследуемых группах наблюдалось преобладание лиц мужского пола, при этом гендерное распределение не имело статистически значимых различий ($p=0,055$).

Критерии включения в исследование не ограничивали участие пациентов молодого возраста при условии отсутствия признаков дисплазии соединительной ткани. Возрастной диапазон участников составил от 28 до 86 лет. Межгрупповые различия по возрасту не достигли статистической значимости ($p=0,051$).

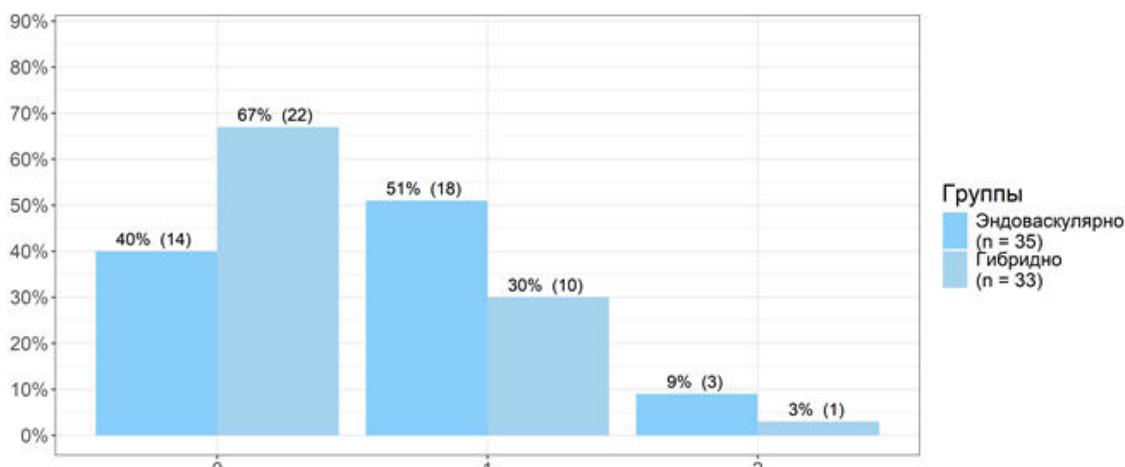
В обеих группах наиболее распространенным сопутствующим заболеванием являлась гипертоническая болезнь (ГБ), однако сравнительный анализ не выявил различий по частоте ее встречаемости в обеих группах ($p=0,886$). Дополнительно оценивалась распространенность следующих коморбидных состояний: ишемическая болезнь сердца (ИБС), сахарный диабет (СД), хроническая ишемия нижних конечностей (ХИНК), хроническая болезнь почек (ХБП), хроническая обструктивная болезнь легких (ХОБЛ), ожирение, а также наличие в анамнезе острых нарушений мозгового кровообращения и инфаркта миокарда (ИМ). Статистически значимых межгрупповых различий по указанным параметрам обнаружено не было. Значительная доля пациентов в обеих группах имела статус активного курильщика либо курильщика в анамнезе, однако различия по данному показателю также не достигли статистически значимой разницы ($p=0,252$). Клинические и демографические характеристики исследуемых выборок представлены в таблице 2.

Таблица 2 – Клинико-демографическая характеристика пациентов

Название показателя	Группа I Эндоваскулярно n= 35	Группа II Гибридно n= 33	p-уровень
Возраст (на момент операции), МЕД [Q1; Q3] СРЕД±СО (МИН - МАКС)	69.00 [61.50;73.00] 66.71 ± 10.73 (35.00 -86.00)	65.00 [57.00;69.00] 61.48 ± 11.91 (28.00 -79.00)	0.051
Женский пол, кол-во (%) [95%ДИ]	13 (37%) [23%; 54%]	5 (15%) [7%; 31%]	0.055
ИМТ, МЕД [Q1; Q3] СРЕД±СО (МИН - МАКС)	26.80 [24.25;29.25] 27.59 ± 5.62 (18.70 -40.60)	27.17 [24.50;30.49] 27.36 ± 4.03 (19.30 -34.60)	0.685

Ожирение (0 — нет; 1 — изб. масса, 2 — 1ст, 3 — 2 ст, 4 — 3 ст), кол-во (%)	0 - 13 (37%) 1 - 15 (43%) 2 - 3 (8%) 3 - 2 (6%) 4 - 2 (6%)	0 - 9 (28%) 1 - 13 (39%) 2 - 11 (33%) 3 - 0 (0%) 4 - 0 (0%)	0.053
ИБС. Стенокардия (0 — нет, 1 — I ф.к., 2. — II ф.к., 3 — III ф.к., 4 — IV ф.к.), кол-во (%)	0 - 32 (91%) 1 - 1 (3%) 2 - 1 (3%) 3 - 1 (3%)	0 - 30 (91%) 1 - 0 (0%) 2 - 2 (6%) 3 - 1 (3%)	0.898
ГБ (0 — нет, 1 — I ст, 2 — II ст, 3 — III ст), кол-во (%)	0 - 2 (6%) 2 - 3 (9%) 3 - 30 (86%)	0 - 3 (9%) 2 - 3 (9%) 3 - 27 (82%)	0.886
ИМ в анамнезе (0 — нет, 1 — да), кол-во (%) [95%ДИ]	6 (17%) [8%; 33%]	3 (9%) [3%; 24%]	0.478
ОНМК в анамнезе (0 — нет, 1 — да), кол-во (%) [95%ДИ]	5 (14%) [6%; 29%]	6 (18%) [9%; 34%]	0.749
ХОБЛ (0 — нет, 1 — да), кол-во (%) [95%ДИ]	7 (20%) [10%; 36%]	1 (3%) [1%; 15%]	0.055
ХИНК (0 — 1ст; 1 — 2а ст; 2 — 2б ст; 3 — 3 ст; 4 — 4 ст), кол-во (%)	0 - 31 (88%) 1 - 1 (3%) 2 - 3 (9%)	0 - 32 (97%) 1 - 0 (0%) 2 - 1 (3%)	0.599
СД (0 — нет; 1 — 1 тип; 2 — 2 тип), кол-во (%)	0 - 30 (86%) 2 - 5 (14%)	0 - 32 (97%) 2 - 1 (3%)	0.199
ХБП (0 — нет; 1 — 1 ст, 2 — 2 ст, 3 — 3а ст, 4 — 3б ст, 5 — 4 ст, 6 — 5 ст), кол-во (%)	0 - 34 (97%) 2 - 1 (3%) 3 - 0 (0%) 6 - 0 (0%)	0 - 31 (94%) 2 - 0 (0%) 3 - 1 (3%) 6 - 1 (3%)	0.478
Курение в анамнезе (0 — нет; 1 — бросил; 2 — курит), кол-во (%)	0 - 16 (46%) 1 - 9 (26%) 2 - 10 (28%)	0 - 20 (61%) 1 - 9 (27%) 2 - 4 (12%)	0.252
Примечание: ИМТ — индекс массы тела, ИМ — инфаркт миокарда, ИБС — ишемическая болезнь сердца, ГБ — гипертоническая болезнь, ХОБЛ — хроническая обструктивная болезнь легких, ХИНК — хроническая ишемия нижних конечностей, СД — сахарный диабет, ХБП — хроническая болезнь почек.			

В зависимости от формы аневризмы все исследуемые пациенты разделялись на три типа: с веретенообразной аневризмой, с мешотчатой аневризмой и с посттравматической аневризмой (рисунок 19). По форме аневризмы в группах не было выявлено различий: веретенообразные составили 40% (n=14) и 67% (n=22), мешотчатые — 51% (n=18) и 30% (n=10) в эндovаскулярной и гибридной группах соответственно. Также отдельно были выделены пациенты с посттравматическими аневризмами, количество которых составило по 9% (n=3) и 3% (n=1).



Форма аневризмы (0-веретенообразная; 1 - мешотчатая; 2 - посттравматическая)

Рисунок 19 – Характеристика типов аневризм в изучаемых группах

Также нами был проведен сравнительный анализ морфометрических показателей аорты на нескольких уровнях: диаметр аорты на уровне синусов Вальсальвы, восходящего отдела аорты, проксимальной и дистальной посадочных зон, а также максимальный диаметр аневризмы. Более подробно эти данные отражены в таблице 3. Статистически значимых различий между группами пациентов выявлено не было. Критериями включения в исследование являлись: наличие аневризмы дистального отдела дуги аорты либо аневризмы нисходящего отдела грудной аорты с неблагоприятной анатомией проксимальной шейки (длина зоны фиксации стент-графта ≤ 15 мм).

Таблица 3 – Исходные анатомические характеристики пациентов

Название показателя	Группа I Эндоваскулярно n= 35	Группа II Гибридно n= 33	p-уровень
Диаметр аорты на уровне синусов Вальсальвы, мм МЕД [Q1; Q3] СРЕД±СО (МИН - МАКС)	35.00 [32.00;37.50] 35.26 \pm 5.61 (23.00-47.00)	38.00 [34.00;43.00] 37.76 \pm 6.4 (24.00-49.00)	0.069
Диаметр восходящей аорты, мм МЕД [Q1; Q3] СРЕД±СО (МИН - МАКС)	33.00 [29.75;36.25] 33.22 \pm 5.19 (22.00-44.00)	34.00 [31.00;37.00] 33.91 \pm 4.86 (23.00-47.00)	0.502
Диаметр на уровне проксимальной зоны фиксации, МЕД [Q1; Q3]	31.00 [28.00;37.00] 31.75 \pm 5.41 (21.00-42.00)	34.00 [28.00;37.00] 33.36 \pm 6.65 (22.00-45.00)	0.354

СРЕД±СО (МИН - МАКС)			
Диаметр на уровне дистальной- зоны фиксации, МЕД [Q1; Q3] СРЕД±СО (МИН - МАКС)	30.50 [26.75;36.00] 31.25 \pm 5.31 (22.00 -40.00)	32.00 [28.00;37.00] 32.52 \pm 6.08 (22.00 -47.00)	0.404
Максимальный диаметр анев- ризмы, мм (для веретенообразных) МЕД [Q1; Q3] СРЕД±СО (МИН - МАКС)	57.00 [42.50;64.50] 54.37 \pm 19.08 (20.00-103.00)	57.00 [52.00;71.00] 61.70 \pm 17.59 (25.00-98.00)	0.160
Форма аневризмы (0 — верете- нообразная; 1 — мешотчатая; 2 — посттравматическая), кол-во (%)	0 - 14 (40%) 1 - 18 (51%) 2 - 3 (9%)	0 - 22 (67%) 1 - 10 (30%) 2 - 1 (3%)	0.106

2.8 Медикаментозная терапия после вмешательства

Всем пациентам в группе гибридного лечения после эндопротезирования аорты был рекомендован прием антиагрегантной терапии на постоянной основе в виде монотерапии ацетилсалициловой кислотой в дозировке 100 мг в сутки. В группе эндоваскулярного лечения, учитывая имплантацию периферических стент-графтов в брахиоцефальные артерии, в соответствии с внутренним протоколом Центра применялась двойная антиагрегантная терапия (ДАТ) продолжительностью 6 месяцев. Режим ДАТ подразумевал сочетанное применение ацетилсалициловой кислоты в суточной дозе 100 мг и клопидогреля 75 мг с последующей редукцией схемы лечения до монотерапии ацетилсалициловой кислотой в идентичной дозировке. Пациентам, имеющим сопутствующие нозологические показания к назначению пероральной антикоагулянтной терапии (включая отягощенный анамнез фибрилляции предсердий либо перенесенные хирургические вмешательства на клапанном аппарате), осуществлялось комбинированное назначение антикоагулянтного препарата с одним антиагрегантом на протяжении шестимесячного периода, после чего в группе гибридного лечения производился переход на изолированную антикоагулянтную терапию.

В аналогичной ситуации пациентам в группе эндоваскулярного лечения назначалась тройная терапия на 1 месяц, с дальнейшим переходом на комбинацию антикоагулянта с антиагрегантом в течение 6 мес, и последующей отменой дезагреганта. В ситуациях, когда риск кровотечения у пациента был высоким по шкале HAS-BLED (≥ 3 баллов), решение о количестве и длительности приема препаратов принималось индивидуально по результатам консилиума. Также пациенты

принимали двойную антиагрегантную терапию, если имелись другие показания, требующие ее приема – например, эндоваскулярная реваскуляризация коронарных артерий в анамнезе.

2.9 Анализ данных после хирургического лечения

Сравнительный анализ эффективности и безопасности хирургического лечения проводился на основе данных интраоперационного, госпитального и отдаленного (24 месяца) периодов наблюдения. В интраоперационном периоде комбинированным критерием эффективности служил технический успех вмешательства, определяемый следующими параметрами: полная изоляция аневризмы стент-графта с сохранением проходимости брахиоцефальных ветвей, отсутствие эндоликов типов IA, IB и III по данным интраоперационной ангиографии, успешное извлечение доставляющих систем и закрытие места доступа без необходимости конверсии в открытую операцию. Оценка данного показателя осуществлялась ангиографически.

В госпитальном периоде комбинированным критерием являлся клинический успех вмешательства, который включал достижение технического успеха и отсутствие значимых осложнений, таких как: локальные осложнения в зоне сосудистого доступа, серьезные сердечно-сосудистые события (ИМ и ОНМК), повреждение периферических нервов, контраст-индуцированная нефропатия (КИН).

В отдаленном периоде через 24 месяца комбинированным критерием выступал отдаленный успех вмешательства, подразумевающий отсутствие реинтervенций и отсутствие больших сердечно-сосудистых событий (ИМ, ОНМК, смерть от аортальных причин).

Всем пациентам перед выпиской выполнялась контрольная МСКТ-ангиография грудного отдела аорты. В дальнейшем после выписки первый МСКТ контроль был рекомендован через 6 месяцев после вмешательства, следующий – через 12 месяцев, далее – ежегодно. В ходе анализа послеоперационных снимков МСКТ-ангиографий у пациентов исследовались следующие параметры: проходимость всех стент-графтов и их пространственное соотношение с целевыми сосудами в проксимальном сегменте аорты, исключение аневризматического мешка из системного кровотока, наличие эндоликов, включая их типологическую классификацию, проходимость брахиоцефальных артерий как показатель гемодинамической состоятельности.

В случае обнаружения эндолика, тактика ведения принималась в зависимости от его типа, а также анализе роста аневризматического мешка. При обнаружении значимых стенозов и окклюзий БЦА в зоне реконструкции тактика лечения зависела от клинической картины и локализации поражения. Также все пациенты подвергались устному анкетированию по телефону, в ходе

которого выяснялось наличие ОНМК, ИМ, повторных операций в зоне ранее выполненной реконструкции.

2.10 Статистическая обработка полученных данных

Данные были собраны в единый CSV-файл, содержащий только исходные значения. На этапе предварительного анализа проводился частотный анализ для проверки полноты данных и выявления ошибок в бинарных и категориальных переменных. Для выявления выпадающих значений - «выбросов» (Outliers) – в непрерывных показателях использовались разведочные методы Тьюки (Tukey's boxplot), Хампела (Hampel's rule), Грабса (Grubbs' test) и критерий хи-квадрат (Chi-squared test). Пропущенные значения измерений оставлялись без изменений как есть, т.е. методы восполнения средними значениями или регрессионными уравнениями не применялись.

Нормальность распределения непрерывных переменных оценивалась численно с помощью критерия Шапиро-Уилка (Shapiro-Wilk test), а также визуально по гистограммам и графикам плотности распределения с расчетом минимума, первого квартиля (Q1), медианы, третьего квартиля (Q3), максимума, среднего и стандартного отклонения, коэффициента асимметрии (skewness) и коэффициента эксцесса (kurtosis). Проверка гомоскедастичности, то есть однородности среднеквадратичных отклонений (СО) переменных в группах выполнялась с использованием F-критерия Фишера (F-test). Поскольку более 30% непрерывных показателей имели распределение, отличное от нормального, а объем выборки был небольшим, что снижало мощность критериев, для описательной статистики использовались квартили, межгрупповое сравнение производилось непараметрическими критериями.

Дескриптивные характеристики представлены в виде медианы [первый quartиль; третий quartиль] (МЕД [Q1; Q3]) для непрерывных данных; количество пациентов, частота [нижняя граница 95 %ДИ; верхняя граница 95 %ДИ] для бинарных данных с вычислением границ доверительных интервалов (ДИ) по формуле Вильсона (Wilson); количество и частота пациентов в каждой категории у категориальных данных.

Для проверки гипотез о равенстве числовых характеристик выборочных распределений в сравниваемых группах использовался U-критерий Манна-Уитни (Mann-Whitney U test), производилась оценка абсолютного смещения распределений вычислением псевдомедианы парных разностей значений между группами с построением 95%ДИ для смещения и относительного (относительно усредненного отклонения) смещения расчетом стандартизированной разницы средних с 95%ДИ. Для сравнения непрерывных показателей до и после операции внутри групп исполь-

зовался Т-критерий Уилкоксона (Wilcoxon signed-rank test). Бинарные и категориальные показатели между группами сравнивались точным критерием Фишера (Fisher test). Попарные ассоциации между показателями исследовались расчетом коэффициентов корреляции Спирмена (Spearman's rank correlation coefficient) и построением диаграмм рассеяния. Сравнение динамики осложнений между группами выполнялось путем построения кривых «выживаемости» Каплана—Мейера (Kaplan-Meier), сравнением кривых с помощью логрангового теста (Logrank test) и оценкой отношения рисков (OP) с использованием модели пропорциональных рисков Кокса (Cox regression).

Все сравнительные тесты были двусторонними. Проверка статистических гипотез проводилась при критическом уровне значимости $p = 0.05$, т. е. различие считалось статистически значимым, если $p < 0.05$.

Статистические расчёты проводились в IDE RStudio (версия 2024.04.2+764 © 2009-2024 Posit Software, PBC, США, URL <https://posit.co/download/rstudio-desktop/>) на языке R (версия 4.1.3 (2022-03-10), Австрия, URL <https://www.R-project.org/>) с пакетами программ для обработки таблиц dplyr (версии 1.0.8), для работы с бинарными данными binom (версии 1.1-1.1), графики строились с помощью пакета ggplot2 (версия 3.3.6 © Posit Software, PBC, США, URL <https://ggplot2.tidyverse.org/>).

ГЛАВА 3. РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

3.1 Интраоперационные результаты

Структура выполненных хирургических вмешательств представлена на рисунке 20. В контрольной группе всем пациентам (n=33) проводилось гибридное хирургическое лечение, включающее дебранчинг брахиоцефальных артерий с последующим эндопротезированием дуги аорты. В основной группе (n=35) осуществлялось эндопротезирование аорты с сохранением кровотока по брахиоцефальным артериям посредством различных методов интраоперационной фенестрации стент-графта.

В подгруппе I-1 у двух пациентов применялась «on the table» фенестрация в устье ЛОСА и «in situ» фенестрация в устье лПклА. У остальных 11 пациентов данной подгруппы фенестрация выполнялась методом «in situ» в устьях ЛОСА и лПклА. В подгруппе I-2 у 21 пациента проведена реваскуляризация лПклА с использованием техники «in situ» фенестрации, тогда как лишь у одного пациента применялась методика фенестрации «on the table».

В группе гибридного лечения (подгруппа II-1) у 4 пациентов выполнен дебранчинг методом сонно-сонно-подключичного шунтирования с применением синтетического протеза, а у 3 пациентов процедура включала левостороннюю сонно-подключичную транспозицию в сочетании с сонно-сонным шунтированием. Пациентам подгруппы II-2 выполнялись сонно-подключичное шунтирование слева (n=17) и сонно-подключичная транспозиция слева (n=9).

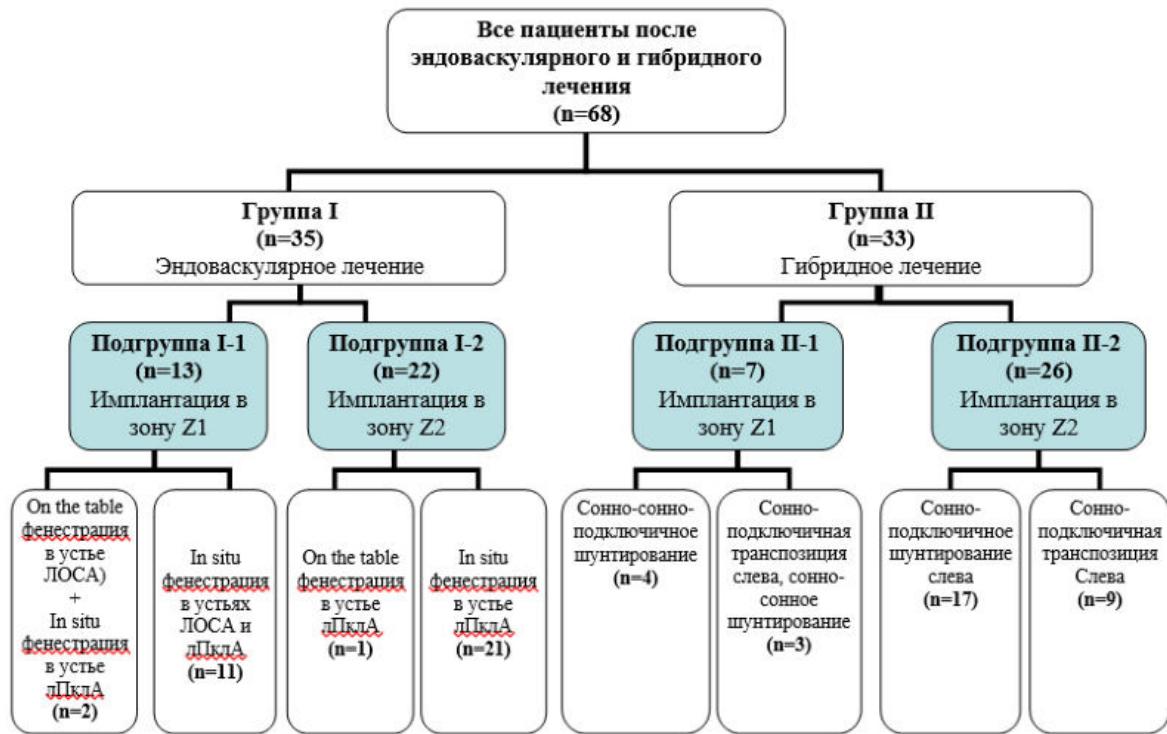


Рисунок 20 – Структура вмешательств в группах и подгруппах

Результаты лечения, полученные в интраоперационном периоде, представлены в таблице

4. Во всех клинических случаях была достигнута целевая имплантация стент-графта, что подтверждено данными интраоперационной ангиографии. Статистически значимых различий между группами по данному показателю не выявлено ($p=1,000$). Контрольная интраоперационная ангиография не зафиксировала эндоликов типов IA, IB и III ни в одной из исследуемых групп ($p=1,000$). Кроме того, ни в одном случае не потребовалась конверсия в открытое хирургическое вмешательство ($p=1,000$). Таким образом, по комбинированному показателю технического успеха вмешательства группы были сопоставимы, статистической разницы не наблюдалось ($p=1,000$). Гибридные хирургические вмешательства проводились в два этапа: открытый (дебранчинг) и эндоваскулярный. Средний интервал между этапами составил $43,38 \pm 98,09$ дней. Несмотря на то, что в группе полностью эндоваскулярного лечения, помимо имплантации основного тела стент-графта, выполнялись дополнительные манипуляции (фенестрация и установка периферических стент-графтов), статистически значимых различий в продолжительности вмешательства между группами не наблюдалось ($p=0,720$).

Таблица 4 – Результаты лечения в интраоперационном периоде

Название показателя	Группа I Эндоваскулярно n=35	Группа II Гибридно n=33	p-уровень
Комбинированный показатель технического успеха, n (%)	35 (100%)	33 (100%)	1.000
Целевая имплантация стент-графта, n (%)	35 (100%)	33 (100%)	1.000
Проходимость всех БЦА, n (%)	35 (100%)	33 (100%)	1.000
Интраоперационный эндолик IA, IB, III типов, n (%)	0 (0%)	0 (0%)	1.000
Конверсия в открытую хирургию, n (%)	0 (0%)	0 (0%)	1.000
Продолжительность открытый этап, мин МЕД [Q1; Q3] СРЕД±СО (МИН - МАКС)	NA	150.00 [131.50;210.00] 177.97±66.02 (105.00 - 340.00)	
Продолжительность эндоваскулярный этап, мин, МЕД [Q1; Q3] СРЕД±СО (МИН - МАКС)	135.00 [112.50;175.00] 159.43 ± 85.91 (65.00 -545.00)	135.00 [110.00;175.00] 146.69 ± 52.81 (80.00 -310.00)	0.720

Кроме того, в подгруппах по зонам имплантации Ishimaru также не наблюдалось статистически значимой разницы по времени имплантации: время эндоваскулярной процедуры составило в подгруппах I-1 и I-2 154.46 ± 41.47 и 162.36 ± 104.61 (p=0.442) соответственно, в подгруппах II-1 и II-2 135.00 ± 31.36 и 150.41 ± 58.12 (p=0.799) соответственно (таблица 5).

Таблица 5 – Продолжительность этапов операции в подгруппах

Название показателя	Группа I Эндоваскулярно n=35		p-уровень	Группа II Гибридно n=33		p-уровень
	Под-группа I-1 n=13	Под-группа I-2 n=22		Под-группа II-1 n=7	Под-группа II-2 n=26	
Продолжительность открытый этап, мин СРЕД±СО (МИН - МАКС)	NA	NA	NA	217.50 ± 82.99 (135.00 -340.00)	169.25 ± 60.55 (105.00 - 295.00)	0.087
Продолжительность эндоваскулярный этап, мин, СРЕД±СО (МИН - МАКС)	154.46 ± 41.47 (105.00 - 230.00)	162.36 ± 104.61 (65.00 - 545.00)	0.442	135.00 ± 31.36 (80.00 - 175.00)	150.41 ± 58.12 (85.00 - 310.00)	0.799

3.2 Результаты лечения в госпитальном периоде

Результаты лечения в госпитальном периоде представлены в таблице 6. Комбинированный показатель клинического успеха эффективности составил 33 случая (94%) в группе эндоваскулярного вмешательства и 22 случая (67%) в группе гибридного лечения, при этом различия между группами достигли статистической значимости ($p=0,005$). В группе гибридного лечения отмечена тенденция к большей частоте неврологических осложнений, включая ОНМК – 3 случая (9%) и повреждения периферических нервов – 3 случая (9%), что, вероятно, связано с инвазивностью открытого этапа вмешательства. Среди повреждений периферических нервов у 2 пациентов (6%) зафиксировано поражение возвратного гортанного нерва с односторонним парезом голосовой связки, а у 1 пациента (3%) – повреждение диафрагмального нерва с последующим развитием дыхательной недостаточности. Кроме того, в группе гибридного лечения у 2 пациентов наблюдался инфаркт миокарда (ИМ) в послеоперационном периоде: 1 случай ИМ 1 типа, потребовавший экстренного чрескожного коронарного вмешательства; 1 случай ИМ 2 типа, сопровождавшийся декомпенсацией хронической сердечной недостаточности, с положительной динамикой на фоне консервативной терапии.

Среди локальных осложнений в группе эндоваскулярного лечения у 1 пациентки (3%) диагностирован тромбоз плечевой артерии с развитием острой ишемии левой верхней конечности, что потребовало экстренной тромбэктомии. В группе гибридного лечения у 1 пациента (3%) наблюдалось кровотечение в области операционного доступа, что потребовало ревизии раны и ушивания источника кровотечения, а у 1 пациента (3%) – лимфорея, в случае лечения которой предпочтение было отдано консервативному ведению хирургической раны с положительной динамикой. Госпитальная летальность составила 0% в обеих группах.

Таблица 6 – Результаты лечения в госпитальном периоде

Название показателя	Группа I Эндоваскулярно n=35	Группа II Гибридно n=33	p-уровень
Комбинированный показатель клинического успеха, %	33 (94%)	22 (67%)	0.005*
<i>ОНМК, n (%)</i>	1 (3%)	3 (9%)	0.331
<i>Повреждение периферических нервов, n (%)</i>	0 (0%)	3 (9%)	0.095
<i>ИМ, n (%)</i>	0 (0%)	2 (6%)	0.212
<i>КИН, n (%)</i>	0 (0%)	1 (3%)	0.465

Продолжение таблицы			
<i>Сосудистые осложнения места доступа, n (%)</i>	1 (3%)	2 (6%)	>0.999
Госпитальная летальность, n (%)	0 (0%)	0 (0%)	1.000

Частота встречаемости осложнений на госпитальном этапе в подгруппах представлена в таблице. Не было получено статистически значимой разницы по частоте следующих осложнений в рассматриваемых подгруппах: ОНМК, повреждение периферических нервов, ИМ, КИН, осложнения в месте доступа (таблица 7).

Таблица 7 – Частота осложнений на госпитальном этапе в подгруппах

Название показателя	Группа I Эндоваскулярно n=35		р-уровень	Группа II Гибридно n=33		р-уровень
	Под-группа I-1 n=13	Под-группа I-2 n=22		Под-группа II-1 n=7	Под-группа II-2 n=26	
ОНМК, n (%)	1 (8%)	0 (0%)	0.371	1 (14%)	2 (8%)	0.536
Повреждение периферических нервов, n (%)	0 (0%)	0 (0%)	>0.999	1 (14%)	2 (8%)	0.536
ИМ, n (%)	0 (0%)	0 (0%)	>0.999	0 (0%)	2 (8%)	>0.999
КИН, n (%)	0 (0%)	0 (0%)	>0.999	0 (0%)	1 (4%)	>0.999
Сосудистые осложнения места доступа, n (%)	0 (0%)	1 (5%)	>0.999	2 (8%)	2 (8%)	>0.999

Также в послеоперационном периоде в обеих группах оценивалась динамика следующих лабораторных показателей: гемоглобин, креатинин, скорость клубочковой фильтрации (СКФ) и С-реактивный белок (СРБ) (таблица 8). Закономерным было статистически значимое снижение уровня гемоглобина в обеих группах за счет кровопотери, а также за счет изолированного объема крови в аневризматическом мешке. Также отмечалось значимое повышение уровня СРБ после операции в обеих группах, что объясняется реакцией на операционную травму и имплантацию стент-графта (постимплантационный синдром). По динамике показателей креатинина и СКФ после операции не было статистически значимой разницы в обеих группах.

Таблица 8 - Динамика лабораторных показателей в группах до и после операции

Группа	До операции	После операции	Величина эффекта	p-уровень,
Нb гемоглобин				
	СРЕД±СО (МИН - МАКС)		CPC [95%ДИ]	
Эндоваскулярно N=35 (100%)	132.68 ± 16.14 (98 - 176)	112.43 ± 20.97 (74.3 - 157)	1.08 [0.58; 1.59]	0.001*
Гибридно N=31 (94%)	133.46 ± 15.86 (106.6 - 165)	117.33 ± 19.66 (78 - 153)	0.9 [0.4; 1.41]	<0.001*
СРБ, мг/л				
	СРЕД±СО (МИН - МАКС)		CPC [95%ДИ]	
Эндоваскулярно N=21 (60%)	13.66 ± 12.65 (0.66 - 47.54)	129.69 ± 73.27 (7.84 - 230.01)	-2.21 [-2.8; -1.61]	<0.001*
Гибридно N=9 (27%)	3.05 [2.53; 4.35] 3.48 ± 1.92 (0.55 - 7.37)	123.9 [15.01; 173.26] 100.75 ± 80.85 (1.01 - 206.76)	-91.04[-107.55; -85.36] -1.7 [-2.27; -1.14]	0.004*
Креатинин, мкмоль/л				
	СРЕД±СО (МИН - МАКС)		CPC [95%ДИ]	
Эндоваскулярно N=31 (89%)	93.24 ± 27.98 (57 - 163.8)	99.6 ± 38.24 (47 - 208)	-0.19 [-0.66; 0.28]	0.799
Гибридно N=30 (91%)	130.63 ± 217.68 (61 - 1277)	123.92 ± 185 (57 - 1093)	0.03 [-0.45; 0.52]	0.123
СКФ, мл/мин/1.73м²				
	СРЕД±СО (МИН - МАКС)		CPC [95%ДИ]	
Эндоваскулярно N=30 (86%)	72.13 ± 20.78 (19.52 - 107)	72.17 ± 24.68 (29.14 - 125.63)	0 [-0.47; 0.47]	0.598
Гибридно N=7 (21%)	80.95 ± 22.49 (44.06 - 117.19)	74.68 ± 32.17 (44.04 - 136.28)	0.23 [-0.26; 0.71]	0.813

3.3 Результаты лечения в отдаленном периоде

В отдаленном периоде наблюдения рассчитывался комбинированный показатель отдаленного успеха вмешательства через 24 месяца, включающий такие события, как ОНМК, ИМ, смерть от аортальных причин, реинтervенции. Была выявлена достоверная разница между группами по данному показателю ($p=0.031$). Результаты лечения в отдаленном периоде представлены в таблице 9.

Таблица 9 - Результаты лечения в отдаленном периоде через 24 месяца

Название показателя	Группа I Эндоваскулярно n=35	Группа II Гибридно n=33	р-уровень
Комбинированный показатель клинического успеха, n (%)	32 (91%)	23 (70%)	0.031*
<i>ОНМК, n (%)</i>	2 (6%)	2 (6%)	0.493
<i>ИМ, n (%)</i>	0 (0%)	2 (6%)	0.239
<i>Аорто-ассоциированная летальность, n (%)</i>	0 (0%)	3 (9%)	0.212
<i>Реинтervенции, n (%)</i>	1 (3%)	3 (9%)	0.614
Общая летальность, n (%)	2 (6%)	4 (12%)	0.709

В отдалённом периоде в обеих группах у двух пациентов (6%) было зарегистрировано ОНМК в бассейнах ранее реваскуляризованных брахиоцефальных артерий. В группе гибридного лечения зафиксировано три случая (9%) смерти, ассоциированной с патологией аорты, включая разрыв торакоабдоминальной аневризмы, расслоение аорты I типа по DeBakey и разрыв нисходящего отдела грудной аорты.

В группе эндоваскулярного лечения у одного пациента (3%) потребовалась реинтervенция в связи с окклюзией периферического стент-графта в левой подключичной артерии, что привело к развитию ишемии верхней конечности и синдрома обкрадывания. Пациенту было выполнено повторное эндоваскулярное вмешательство с реканализацией, баллонной ангиопластикой и стентированием целевой зоны. В группе гибридного лечения у двух пациентов (6%) реинтervенции были обусловлены окклюзией сонно-подключичного шунта, что потребовало решунтирования в одном случае и реканализации с ангиопластикой и эндопротезированием шунта – в другом. Кроме того, у одного пациента (3%) этой же группы проведено повторное вмешательство в связи с ростом аневризмы дистальнее стент-графта и формированием эндолика IV типа, что потребовало эндопротезирования нисходящего отдела грудной аорты.

Показатель свободы от комбинированной конечной точки неблагоприятных осложнений (ОНМК, ИМ, смерть от аортальных причин, реинтervенций) за трехлетний период наблюдения не показал статистически значимой разницы (Log-rank test, p=0.692) (рисунок 21).

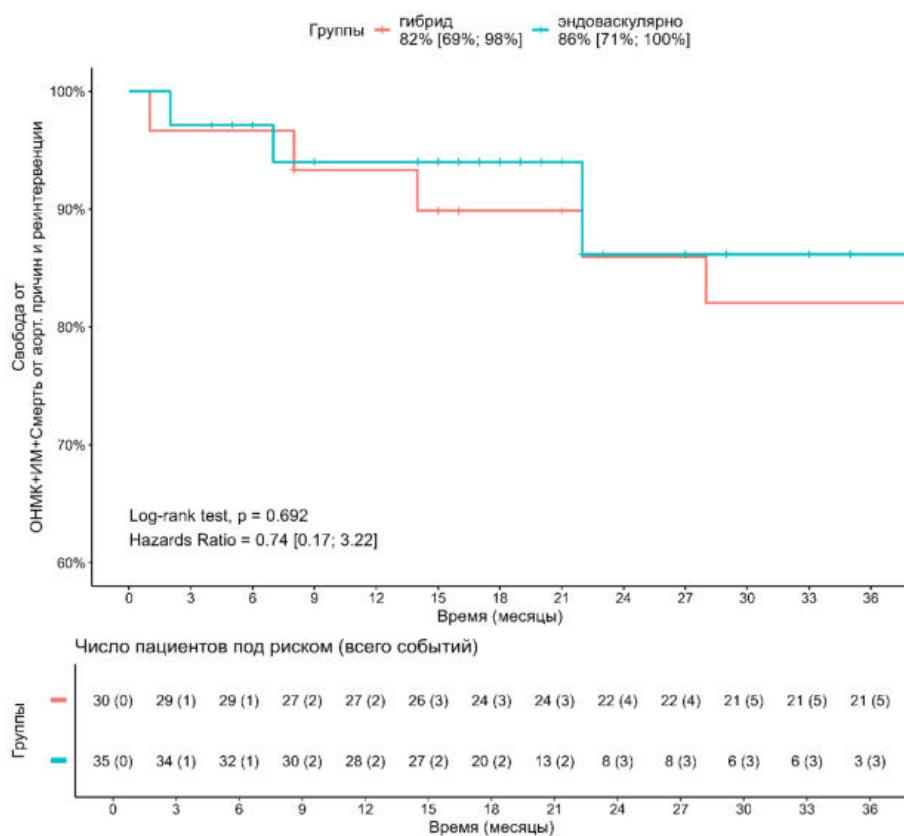


Рисунок 21— Показатель свободы от комбинированной конечной точки по неблагоприятным осложнениям за 36 месяцев

За 24 месяца наблюдения было зарегистрировано 6 случаев летального исхода, при этом статистически значимых различий между группами не обнаружено ($p=0,709$). В группе эндоваскулярного лечения зафиксировано два летальных исхода: первый — через 9 месяцев вследствие острой сердечно-сосудистой недостаточности, развившейся на фоне массивной кровопотери из-за желудочно-кишечного кровотечения; второй — через 20 месяцев в связи с прогрессированием онкологического заболевания. В группе гибридного лечения зафиксирован один летальный исход через 23 месяца, также обусловленный онкопатологией.

В отдаленном периоде наблюдения в обеих группах не выявлено эндоликов IА и III типов через 6, 12 и 24 месяца. На госпитальном этапе эндолик II типа диагностирован у 1 пациента (7,1%) в эндоваскулярной группе и у 2 пациентов (7,7%) в гибридной группе. В последующем эти эндолики сохранялись, однако значимого увеличения аневризматического мешка не наблюдалось, в связи с чем определена тактика динамического наблюдения. Через 24 месяца у 1 пациента (3,8%) гибридной группы обнаружен эндолик IV типа, что потребовало выполнения эндо-протезирования нисходящего отдела грудной аорты.

Следует отметить, что контрольные обследования в виде МСКТ-ангиографии аорты через

24 месяца были выполнены у 40% и 79% пациентов в первой и второй группах соответственно (таблица 10).

Таблица 10 – Частота встречаемости эндоликов в послеоперационном периоде

Группа	6 месяцев 1	12 месяцев 2	24 месяца 3	p-уровень
КАТЕГОРИЯ - КОЛИЧЕСТВО (%)				
Эндоваску- лярно N=14 (40%)	Нет эндолика - 13 (92.9%) II тип - 1 (7.1%)	Нет эндолика - 13 (92.9%) II тип - 1 (7.1%)	Нет эндолика - 13 (92.9%) II тип - 1 (7.1%)	1-2: >0.999 1-3: 0.030* 2-3: 0.030*
Гибридно N=26 (79%)	0 - 23 (88.5%) II тип - 2 (7.7%)	0 - 23 (88.5%) II тип - 2 (7.7%)	0 - 23 (88.5%) IV тип - 1 (3.8%) II тип - 2 (7.7%)	1-2: 0.801 1-3: 0.038* 2-3: 0.004*

3.4 Клинические примеры

Клинический пример №1

Пациент Р., мужчина 77 лет поступил в Клинику сосудистой хирургии ФГБУ «НМИЦ им. В.А. Алмазова» Минздрава России 20 апреля 2023 года с клиническим диагнозом: «Мешотчатая аневризма в области перешейка нисходящего отдела грудной аорты. ИБС. Стенокардия напряжения I функционального класса. Маммарокоронарное шунтирование передней нисходящей артерии «off pump» от 07.12.2021 г. Гипертоническая болезнь III стадии, риск сердечно-сосудистых осложнений 4. Ожирение 1 степени. ХОБЛ, среднетяжелое течение, редкие обострения, дыхательная недостаточность 0 ст. Бронхиальная астма смешанного генеза (аллергическая, инфекционная), среднетяжелое контролируемое течение, вне обострения».

При поступлении жалобы на осиплость голоса. Из анамнеза известно, что у пациента длительное течение гипертонической болезни (более 15 лет). В 2021 году стал отмечать выраженную слабость, головокружение, боли за грудиной сжимающего характера при небольшой физической нагрузке. Обследовался по месту жительства, по результатам коронарографии выявлен гемодинамически значимый стеноз ствола левой коронарной артерии до 80%, в связи с чем 07.12.2021 года на работающем сердце выполнено маммарокоронарное шунтирование передней нисходящей артерии. В конце 2022 года находился на стационарном лечении в связи с обострением бронхиальной астмы. В рамках дообследования пациенту была выполнена МСКТ органов грудной клетки, на которой впервые диагностирована аневризма грудного отдела аорты. Направлен на консультацию к сердечно-сосудистому хирургу. По результатам МСКТ-ангиографии от

16.03.2023 года дистальнее устья левой подключичной артерии по левой боковой стенке в области перешейка грудной аорты выявлена мешотчатая аневризма (размеры: аксиально 53x55 мм, вертикально 66 мм, шейка 51x47 мм).

Пациент был обсужден в рамках мультидисциплинарного консилиума ФГБУ «НМИЦ им. В.А. Алмазова» Минздрава России. На основании данных предоперационной МСКТ-ангиографии аорты была выявлена неблагоприятная анатомия проксимальной посадочной зоны стент-графта (длина шейки – 0,4 см), что послужило основанием для выбора эндоваскулярного метода хирургического лечения. В ходе операции выполнено эндопротезирование дуги и нисходящего отдела аорты с имплантацией стент-графта в зону Z1, а также интраоперационная фенестрация в устьях ЛОСА и лПклА. Важность реваскуляризации лПклА обусловлена в том числе наличием маммарокоронарного шунта.

В ходе предоперационной подготовки пациент был комплексно обследован – проводился стандартный перечень лабораторных и инструментальных методов исследования, по результатам которых не было выявлено значимых отклонений.

Данные предоперационной МСКТ-ангиографии аорты представлены на рисунке 22. По данным предоперационных расчетов длина проксимальной посадочной зоны от устья БЦС до шейки аневризмы составила 24 мм, от устья ЛОСА – 15 мм. Для создания адекватной проксимальной посадочной зоны принято решение о выполнении имплантации стент-графта в зону Z1. При этом проксимальная шейка без выраженной ангуляции, тромбоза и пристеночного кальциноза. Диаметр аорты на уровне проксимальной и дистальной посадочных зон – 30 мм и 29 мм соответственно. Диаметры ЛОСА и лПклА 8 и 10 мм соответственно.

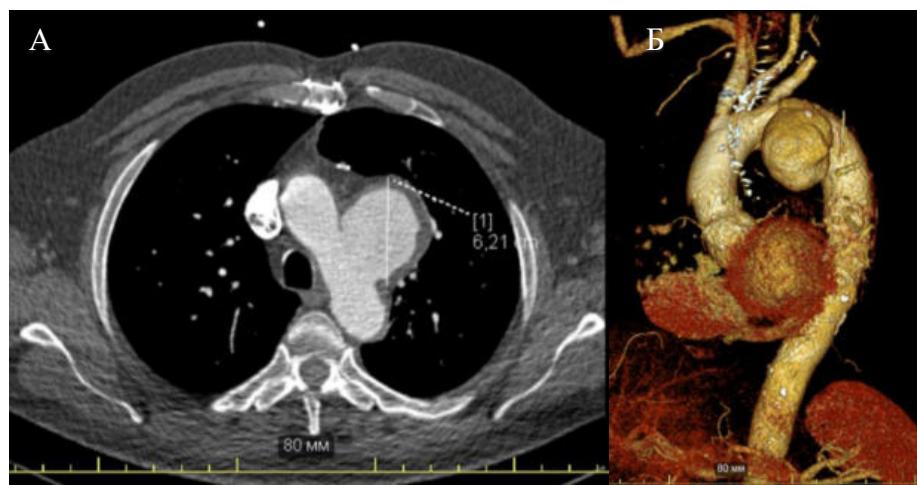


Рисунок 22 – Предоперационная МСКТ-ангиография аорты: А – фронтальный срез на уровне аневризмы; Б – 3D-реконструкция

25 апреля 2023 года пациенту была выполнена операция: эндопротезирование дуги и нисходящего отдела аорты с интраоперационной фенестрацией в стент-графте в устьях ЛОСА и лПКЛА. Операция выполнялась под эндотрахеальным наркозом. Основные доступы: пункционный к правой ОБА с использованием ушивающего устройства ProGlide, пункционный к левой и правой плечевым артериям, открытый доступ к ЛОСА. В зону Z1 от устья БЦС имплантирован стент-графт Ankura TAA3434B180 в условиях сверхчастотной правожелудочковой стимуляции с частотой 160-180 уд/мин. Доступами к ЛОСА и левой плечевой артерии выполнена «*in situ*» фенестрация в устьях ЛОСА и лПКЛА с использованием гибкой иглы для фенестрации. Имплантированы периферические баллонорасширяемые стент-графты в устья ЛОСА и лПКЛА BeGraft 8,0 x 37 мм и BeGraft 10,0 x 37 мм соответственно. Длительность операции составила 115 минут. Основные этапы и ход вмешательства представлены на рисунке 23.

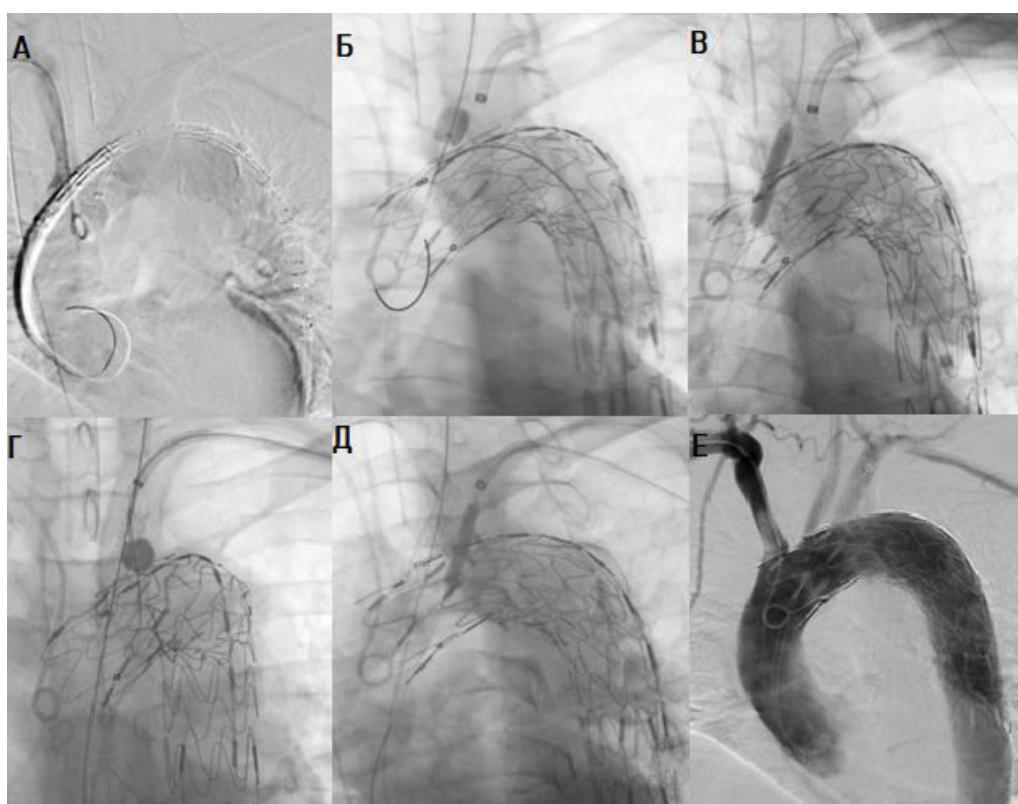


Рисунок 23 – Интраоперационная ангиография этапов вмешательства (выполнено в ФГБУ «НМИЦ им. В.А. Алмазова» Минздрава России): А – позиционирование стент-графта в зону Z1; Б – интраоперационная «*in situ*» фенестрация в устье ЛОСА; В – имплантация периферического стент-графта в устье ЛОСА; Г – интраоперационная «*in situ*» фенестрация в устье лПКЛА; Д – имплантация периферического стент-графта в устье лПКЛА; Е – контрольная ангиография

Послеоперационный период протекал без осложнений, при контрольном УЗДС места доступов без гематом и признаков экстравазации. Послеоперационная рана на шее зажила первичным натяжением. Неврологический статус пациента оценивался до и после операции, при осмотре в динамике – без изменений. Пациенту в послеоперационном периоде на 3-и сутки, выполнялась контрольная МСКТ-ангиография аорты: визуализируется установленный стент-графт с перекрытием ЛОСА и лПклА, в проксимальных их отделах от устья дифференцируются периферические стент-графты, все брахиоцефальные артерии проходимы, достоверных признаков затеков и экстравазации контрастного препарата не выявлено.

В послеоперационном периоде с учетом имплантируемых периферических стент-графтов пациенту была назначена ДАТ на 6 месяцев, с последующим переходом на монотерапию препаратами ацетилсалициловой кислоты в дозе 100 мг. При динамическом наблюдении через 6 и 12 месяцев по результатам МСКТ-аортографии состояние без изменений, эндоликов не выявлено, все брахиоцефальные ветви проходимы. Данные контрольной МСКТ-аортографии через 12 месяцев после проведенного эндоваскулярного вмешательства представлены на рисунке 24.

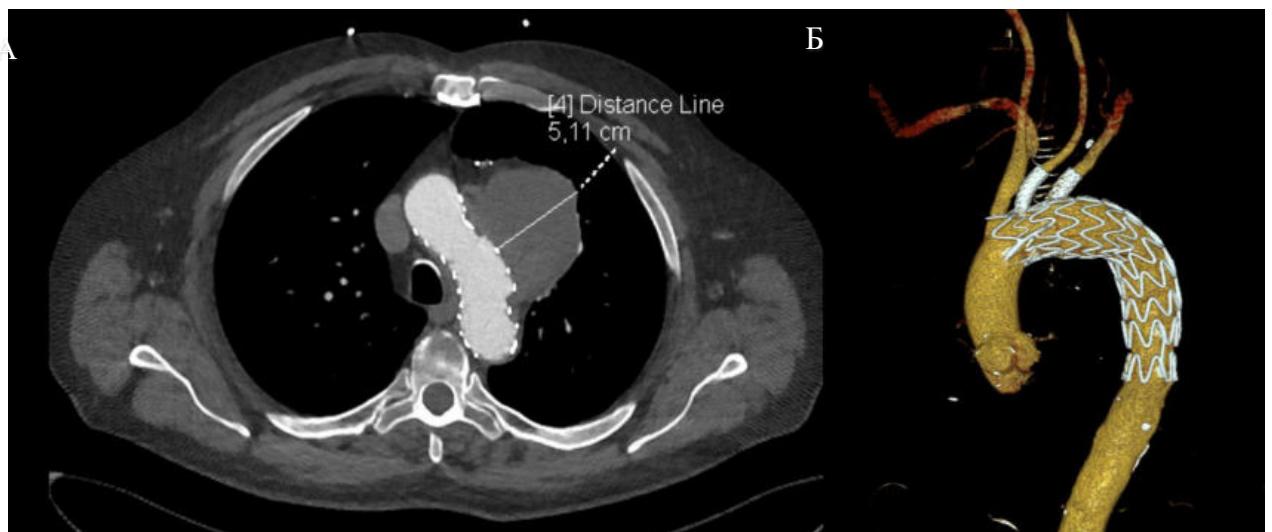


Рисунок 24 – Послеоперационная МСКТ-аортография: А – фронтальный срез на уровне аневризмы; Б – 3D-реконструкция

Клинический пример №2

Пациент М., мужчина 69 лет поступил в Клинику сосудистой хирургии ФГБУ «НМИЦ им. В.А. Алмазова» Минздрава России 10 марта 2017 с клиническим диагнозом: «Мешотчатая посттравматическая аневризма дуги аорты. ИБС. Постинфарктный кардиосклероз (ИМ боковой

стенки ЛЖ неизвестной давности). АКШ передней нисходящей артерии, правой коронарной артерии в условиях искусственного кровообращения от 20.05.2004 г. Гипертоническая болезнь III стадии, риск сердечно-сосудистых осложнений 4. ХСН с сохранной фракцией выброса 2А ст., II функциональный класс. Персистирующая форма фибрилляции предсердий, нормосистолия. CHA2DS2-VASc 4 балла HAS-BLED 2 балла. Атеросклероз аорты, висцеральных артерий. Окклюзия левой почечной артерии. Вторично сморщенная левая почка. ХБП смешанного генеза С3А».

При поступлении предъявлял жалобы на боли в грудной клетке, слабость, симптомы дисфагии. Из анамнеза известно, что 10 лет назад попал в дорожно-транспортное происшествие, с множественными переломами костей таза, позвоночника, множественными ушибами органов грудной и брюшной полости. В 2016 году по результатам рентгенографии органов грудной клетки диагностировано образование в области средостения. При дообследовании по результатам МСКТ-аортографии выявлена мешотчатая аневризма дистального отдела дуги аорты диаметром 50x55 мм, вероятно, посттравматического генеза (анамнестически). Направлен на консультацию к сосудистому хирургу, рекомендовано хирургическое лечение.

При поступлении в ФГБУ «НМИЦ им. В.А. Алмазова» Минздрава России пациент консультирован аортальной командой – учитывая расположение аневризмы в области дистального отдела дуги аорты (шейка аневризмы на уровне отхождения устья лПклА) по данным предоперационной МСКТ-аортографии, принято решение о выполнении этапного гибридного хирургического лечения – первым этапом дебранчинг брахиоцефальных артерий для создания оптимальной проксимальной посадочной зоны, вторым этапом – эндопротезирование дуги аорты.

По данным предоперационных расчетов длина проксимальной посадочной зоны от устья БЦС до шейки аневризмы составила 22 мм, при этом следует отметить близкое расположение устьев БЦС и ЛОСА, которые отходят от дуги аорты практически одним стволом. Для создания адекватной проксимальной посадочной зоны принято решение о выполнении имплантации стент-графта в зону Z1 с выполнением частичного дебранчинга (сонно-сонно-подключичного шунтирования). Проксимальная шейка без выраженной ангуляции, тромбоза и пристеночного кальциноза. Диаметр аорты на уровне проксимальной и дистальной посадочных зон – 32 мм.

В ходе предоперационной подготовки пациент был комплексно обследован – проводился стандартный перечень лабораторных и инструментальных методов исследования. По результатам обследований обращало на себя внимание увеличение креатинина до 146 мкмоль/л, снижение СКФ до 45,06 мл/мин/1.73м². Данные предоперационной МСКТ-аортографии и схема планируемого хирургического лечения представлены на рисунке 25.

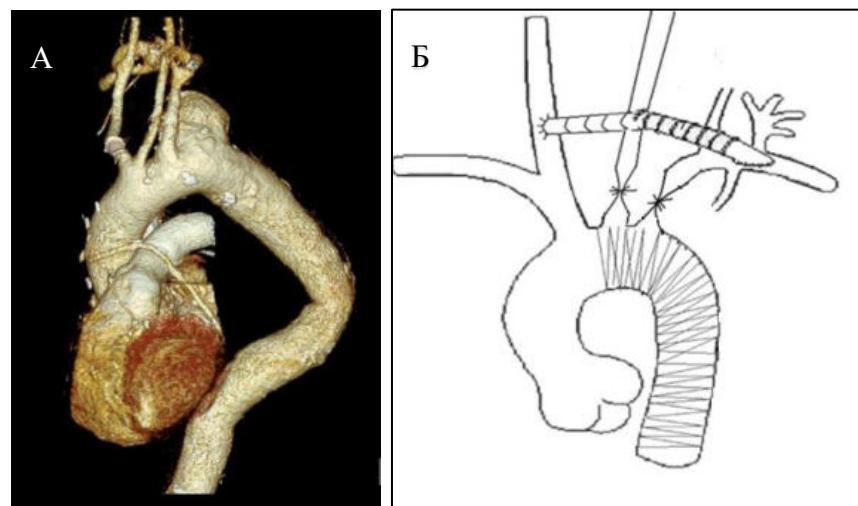


Рисунок 25 – Предоперационное планирование: А – 3D-реконструкция аорты; Б – схема планируемого хирургического лечения

13 марта 2017 года пациенту был выполнен первый этап гибридного хирургического лечения – сонно-сонное подключичное шунтирование. Операция выполнялась под эндотрахеальным наркозом. После выделения всех артерий первично сформирован анастомоз между правой общей сонной артерией и ПТФЭ протезом 8мм по типу "конец в бок". Протез проведен кпереди от трахеи на левую сторону. Левая общая сонная артерия перевязана в первом сегменте, отсечена, прошита. Сформирован анастомоз между протезом и общей сонной артерией по типу "конец в бок". Протез проведен в надключичную область под яремной веной. Левая подключичная артерия лигирована в первом сегменте до отхождения левой позвоночной артерии. Сформирован дистальный анастомоз между протезом и левой подключичной артерией и протезом по типу "конец в бок". Общее время операции составило 260 минут.

Послеоперационный период протекал без осложнений, при осмотре пациента в динамике неврологом – неврологический статус без изменений. Через 5 дней после операции пациенту выполнен второй эндоваскулярный этап лечения – эндопротезирование дуги аорты с имплантацией стент-графта в зону Z1 (рисунок 26).

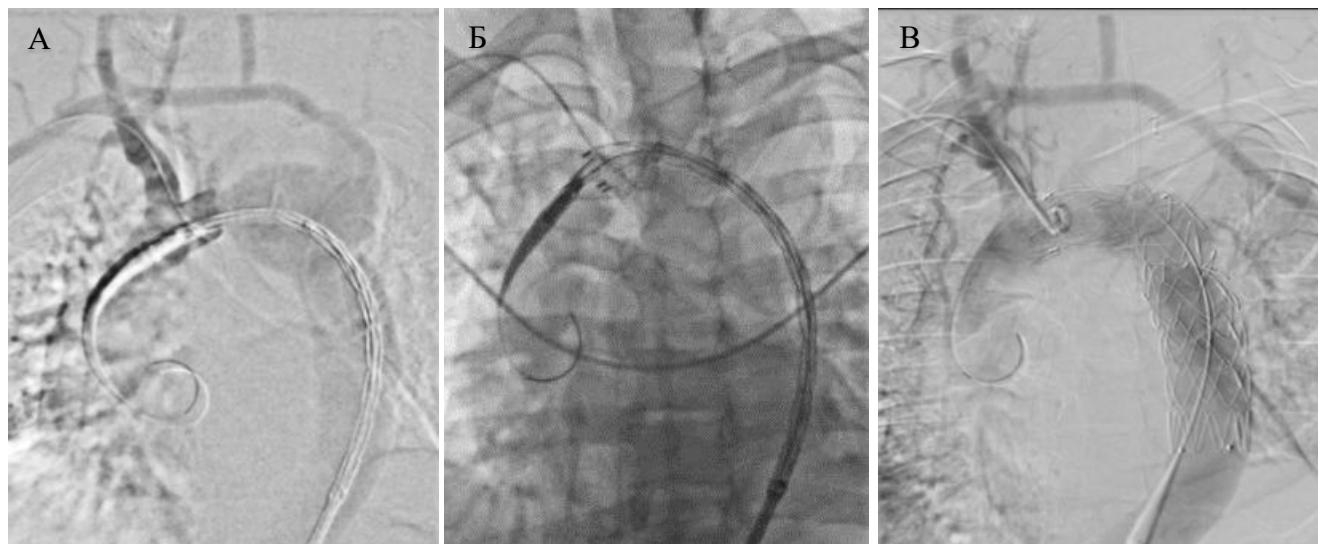


Рисунок 26 – Интраоперационная ангиография этапов вмешательства (выполнено в ФГБУ «НМИЦ им. В.А. Алмазова» Минздрава России): А – позиционирование; Б – имплантация стент-графта; В – контрольная ангиография

Операция выполнялась под местной анестезией. Ввиду выраженного кальциноза в ОБА, было принято решение о выполнении открытого доступа. Второй функциональный доступ выполнялся к правой плечевой артерии с целью ангиографического контроля. В условиях сверхчастой правожелудочковой стимуляции с частотой 160 уд/мин выполнена имплантация стент-графта Valiant thoracic 3636200 в зону Z1 от устья БЦС. При контрольной ангиографии оптимальное позиционирование стент-графта, все брахиоцефальные артерии, включая сонно-сонно-подключичный шунт контрастируются удовлетворительно, эндоликов не выявляется.

Послеоперационный период протекал без осложнений, при контрольном УЗДС место пункции правой плечевой артерии без гематомы и признаков экстравазации. Заживление послеоперационных ран на шее, а также в верхней трети правого бедра первичным натяжением. Пациенту в послеоперационном периоде на 5-и сутки, выполнялась контрольная МСКТ-ангиография аорты: ЛОСА и лПклА контрастированы без дефектов, протез проходит на всем протяжении, не стенозирован, не деформирован, стент-графт установлен от устья БЦС, контрастирование его просвета равномерное, без признаков эндоликов, аневризматический мешок изолирован и totally тромбирован.

В связи с наличием у пациента фибрилляции предсердий, в послеоперационном периоде была продолжена антикоагулянтная терапия оральным антикоагулянтом на постоянной основе в сочетании с ацетилсалициловой кислотой в течение 6 месяцев, с дальнейшим переходом на монотерапию антикоагулянтом. При динамическом ежегодном наблюдении по результатам МСКТ-

аортографии состояние без изменений, эндоликов не выявлено, все брахиоцефальные ветви проходимы. Данные контрольной МСКТ-аортографии после проведенного гибридного лечения представлены на рисунке 27.



Рисунок 27 – Послеоперационная МСКТ-ангиография после гибридного лечения (через 36 месяцев)

ГЛАВА 4. ОБСУЖДЕНИЕ ПОЛУЧЕННЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ

Активное развитие эндоваскулярных технологий и появление новых транскатетерных устройств и методов лечения расширили показания к эндопротезированию аорты и позволили выполнять их у пациентов с поражением её дуги. Европейское общество сосудистых хирургов рекомендовало эндоваскулярное лечение с имплантацией стент-графта в зоны 1 и 2 по Ishimaru у пациентов с подходящей анатомией.

Несмотря на накопленный клинический опыт, в настоящее время отсутствуют обобщённые данные, позволяющие провести сравнительный анализ результатов эндоваскулярных методик с применением различных способов фенестрации и гибридных вмешательств при патологии дуги аорты с установкой стент-графта в вышеуказанные зоны. Результаты изолированно каждого из этих методов, а также их сравнение в рамках одной из зон дуги аорты представлены в систематических обзорах, метаанализах, много- и одноцентровых исследованиях. При этом следует подчеркнуть, что методики интраоперационной фенестрации стент-графта в настоящее время не стандартизированы и выполняются в различных центрах исходя из технического оснащения и опыта бригады.

В литературе представлены два значимых метаанализа, посвящённых гибридным вмешательствам у пациентов с патологией дуги аорты. Исследования Moulakakis и соавторов (2013) и Сао и соавторов (2012), включившие 2272 и 1886 пациентов соответственно, продемонстрировали, что показатель операционной летальности после гибридной реконструкции дуги аорты составляет 10–12% [21, 83]. Кроме того, частота инсульта варьировала в пределах 6–8%, а ишемии спинного мозга — 4–7% [20]. Полученные данные свидетельствуют о сохраняющемся высоком периоперационном риске развития острых нарушений мозгового кровообращения и летальности при гибридных вмешательствах. Однако необходимо учитывать, что в исследуемые когорты преимущественно входили коморбидные пациенты, изначально характеризующиеся более высоким риском неблагоприятных исходов по сравнению с больными, подвергающимися традиционным открытым операциям на дуге аорты.

В нашем исследовании частота ОНМК в госпитальном периоде составила 9% (n=3), а в отдалённом периоде — 6% (n=2), сопоставляется с данными выше представленных метаанализов. Что касается смертности в отдаленном периоде в нашем исследовании мы получили показатель смертности от аортальных причин 9% (n=3) и общую смертность 12% (n=4), что также не отличается от данных литературы.

Гибридные операции направлены на снижение рисков, связанных с традиционной открытой хирургией, тогда как эндоваскулярные вмешательства позволяют минимизировать эти риски за счет полного исключения открытого этапа лечения. В настоящее время в России отсутствует возможность применения готовых браншированных и фенестрированных стент-графтов, изготавливаемых по индивидуальному заказу для пациентов с патологией дуги аорты. В связи с этим особую значимость приобретают методы параллельных стент-графтов и интраоперационной фенестрации, которые являются важнейшими инструментами в арсенале современного сосудистого хирурга, особенно при экстренных и неотложных состояниях [28, 42]. Техника параллельных стент-графтов предполагает одновременную имплантацию периферических стент-графтов в брахиоцефальные артерии параллельно основному аортальному модулю для сохранения перфузии боковых ветвей. Согласно данным ранее опубликованных исследований, частота инсульта при использовании данного метода может достигать 4,8%, а 30-дневная летальность - 5,3% [85]. Основным ограничением этой методики является высокий риск развития эндоликов IA типа в зоне контакта между основным стент-графтом и параллельными эндопротезами, частота которых, по данным различных авторов, может достигать 23% [28].

В исследовании профессора C. Shu и соавторов был проведен сравнительный анализ трех основных методов эндоваскулярного лечения патологии дуги аорты: методики параллельных стент-графтов, фенестрации «on the table» и фенестрации «in situ» с целью оценки их осуществимости, эффективности и безопасности. В ретроспективный анализ включены 234 пациента, которым в период с января 2016 по декабрь 2017 года было выполнено одно из указанных вмешательств. В 126 случаях применялась техника параллельных стент-графтов, в 102 – интраоперационная фенестрация «on the table» (включая 92 случая с одной фенестрацией, 9 - с двумя и 1 случай с комбинацией двух фенестраций и реваскуляризацией брахиоцефального ствола по методике «дымохода»), а в 6 случаях – фенестрация «in situ». Показаниями к вмешательству служили расслоение аорты (99 случаев), аневризмы дуги аорты (60 случаев), пенетрирующие язвы (72 случая) и повторные вмешательства (3 случая).

Технический успех достигнут в 99,6% случаев. При медиане наблюдения 28 месяцев общая 30-дневная летальность составила 2,1% (5 случаев). В группе фенестрации «on the table» зафиксирован один случай окклюзии левой подключичной артерии при 12-месячном наблюдении. Частота эндоликов IA типа, выявленных при послеоперационной КТ-ангиографии, составила 6,4% (15 случаев), причем 11,1% (14 случаев) приходилось на группу параллельных стент-графтов и 1,0% (1 случай) - на группу фенестрации «on the table». Ишемический инсульт в послеоперационном периоде диагностирован у 1,7% пациентов (4 случая), включая 1,6% (2 случая) в группе параллельных стент-графтов и 2,0% (2 случая) в группе фенестрации «on the table» [43].

В нашем исследовании в группе эндоваскулярного лечения госпитальная летальность составила 0%, частота ОНМК 3% (n=1), частота эндоликов IA типа – 0%, что превосходит данные представленные в литературе. Что касается реинтervенций, у одного пациента (3%) была выполнена реваскуляризация подключичной артерии по поводу окклюзии в стент-графте, что сопоставляется с данными вышеуказанного исследования.

Ряд одноцентровых ретроспективных исследований демонстрируют сравнительные результаты эндоваскулярного и гибридного подхода при лечении патологии дуги аорты с имплантацией стент-графта в зону Z2. Bowen Fan и соавторы в своем ретроспективном одноцентровом наблюдательном исследовании сравнили результаты лечения 112 пациентов, которые были подвергнуты гибридному или эндоваскулярному лечению патологии дуги аорты в зоне 2. Среди них 69 пациентам выполнялся дебранчинг (сонно-подключичное шунтирование или транспозиция) с последующим эндопротезированием и 43 пациентам была выполнена «*in situ*» фенестрация. Технический успех, определенный авторами как достижение полного исключение патологии дуги аорты и сохранение кровотока в лПклА, был достигнут у 99,1% пациентов (у одного пациента в группе эндоваскулярного лечения была выполнена реваскуляризация лПклА с использованием метода «параллельных стент-графтов» ввиду неудачи фенестрации «*in situ*»). Госпитальная смертность составила 0,9% (1 пациент в группе гибридного лечения скончался в результате геморрагического инсульта). Основные нежелательные явления в течение 30 дней, в том числе геморрагический инсульт, местное осложнение в виде послеоперационной гематомы в области шеи, ишемический инсульт и два случая параплегии, наблюдались исключительно в группе гибридного лечения. Эндолики I, II и III типов наблюдались у 0%, 4,7% и 2,3% в группе «*in situ*» фенестрации соответственно по сравнению с 0%, 2,9% и 0% в группе гибридного лечения, что, однако, не было статистически значимо. В отдаленном периоде, составившем в среднем 50 месяцев, для динамического наблюдения были доступны 108 (97,2%) пациентов. При этом показатель проходимости лПклА составил 99,1% (повторному вмешательству был подвергнут пациент, которому потребовалась реваскуляризация лПклА с использованием техники параллельных стент-графтов ввиду рестеноза в этой зоне через 6 месяцев). Один пациент в группе гибридного лечения получил ОНМК в бассейне левой среднемозговой артерии через 3 месяца после хирургического лечения. Зарегистрировано шесть летальных исходов, 5 в группе гибридного лечения и один в группе эндоваскулярного лечения. Причинами смерти стали следующие: в одном случае инфекция стент-графта (гибридная группа), три неаортальные причины (тромбоэмболия легочной артерии, желудочно-кишечное кровотечение, онкология). У двоих пациентов причина летального исхода неизвестна. Выживаемость в группах статически значимо не различалась и составила 97,7% и 89,9% в эндоваскулярной и гибридной группах соответственно ($p = 0,22$) [54].

В ретроспективном исследовании Evren Ozcinar и соавторов, где также сравнивались два

метода реваскуляризации левой подключичной артерии при эндопротезировании дуги аорты с имплантацией в зону 2 («*in situ*» фенестрация и дебранчинг) были получены следующие результаты у 51 пациента (32 пациента – гибридная группа, 19 – эндоваскулярная группа). Технический показатель успеха составил 100%. При этом частота таких осложнений как ОНМК (инсульт и ТИА), ишемия спинного мозга и летальность статистически не различалась ($p>0,05$). На госпитальном этапе ОНМК в группе гибридного лечения было зарегистрировано у 4 пациентов (2 случая ИИ и 1 ТИА), в группе эндоваскулярного лечения у 2 пациентов. Ишемия спинного мозга наблюдалась у одного пациента в группе гибридного лечения ($p=0,536$). Что касается эндоликов, то в группе гибридного лечения зарегистрировано 3 случая эндолика 1 типа, что потребовало повторного хирургического вмешательства, однако с учетом малой выборки статически значимой разница по данному показателю в группах также не было выявлено ($p=0,551$). На госпитальном этапе летальные исходы зарегистрированы у 5 больных в гибридной группе и 2 в эндоваскулярной группе ($p=0,603$). В отдаленном периоде через 24 месяца количество летальных исходов составило 4 и 0 в группах соответственно ($p=0,556$) [33].

При сравнении результатов вышеуказанных исследований с полученными нами данными определяется заметная тенденция к большему числу осложнений в гибридной группе, ассоциированных с ОНМК, осложнениями в местах доступа, а также к большей летальности. В нашем исследовании с учетом достаточного количества пациентов и оценке комбинированных конечных точек, выявлен статически значимо больший риск послеоперационных осложнений в группе гибридного лечения ($p=0,005$), обусловленный наличием травматического открытого этапа в виде дебранчинга БЦА.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Проведённая сравнительная оценка продемонстрировала сопоставимую эффективность эндоваскулярных и гибридных методов хирургического лечения аневризм дуги и нисходящего отдела грудной аорты в раннем и отдалённом послеоперационных периодах. Однако гибридный метод уступает в безопасности в раннем послеоперационном периоде вследствие осложнений, ассоциированных с открытым этапом вмешательства. Кроме того, в рамках настоящего исследования было установлено статистически значимое преимущество эндоваскулярного подхода по комбинированной конечной точке, включающей такие критерии, как острые нарушения мозгового кровообращения, инфаркт миокарда, летальность от аортальных причин и необходимость реинтervенций в отдалённом периоде наблюдения.

Основными ограничениями исследования являются его ретроспективный дизайн, а также трудности в оценке отдалённых результатов визуализирующих методов, обусловленные их ограниченной доступностью в ряде регионов нашей страны. Тем не менее, количество пациентов, участвующих в исследовании, и объём данных, собранных в динамике были достаточными для получения первоначальных выводов. Таким образом, основываясь на индивидуальных сильных сторонах и ограничениях каждого из методов лечения, а также непосредственных и отдаленных результатах можно судить о применимости, как гибридной, так и эндоваскулярной тактики лечения у пациентов с патологией дуги аорты. При этом следует отметить, что эндоваскулярная хирургия представляет собой важную возможность для улучшения результатов лечения у пациентов с высоким риском открытой хирургии со сложными аневризмами дуги аорты, особенно беря во внимание заметную тенденцию к меньшему количеству осложнений как в раннем, так и отдаленном периодах наблюдения.

ВЫВОДЫ

- 1) При сравнительной оценке эндоваскулярные и гибридные методы лечения аневризм дуги и нисходящего отдела грудной аорты демонстрируют сопоставимую эффективность в интраоперационном периоде (комбинированный показатель технического успеха в интраоперационном периоде, $p=1.000$).
- 2) Гибридный метод хирургического лечения уступает по безопасности (комбинированный клинический успех вмешательства на госпитальном этапе, $p=0.005$) на госпитальном этапе в связи с осложнениями, связанными с открытым этапом операции.
- 3) Метод эндоваскулярного лечения статистически значимо обладает лучшими показателями безопасности (комбинированный показатель отдаленного успеха, включающий острые нарушения мозгового кровообращения, инфаркт миокарда, смерть от аортальных причин и реинтervенции, $p=0.031$) в отдаленном периоде наблюдения (через 24 месяца).
- 4) Предложенный алгоритм выбора способа выполнения фенестрации стент-графта в зависимости от типа дуги аорты и анатомии брахиоцефальных артерий при эндоваскулярном лечении демонстрирует эффективность и может быть применим в клинической практике.

ПРАКТИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ

- 1) При выборе способа фенестрации стент-графта следует тщательно оценивать анатомические особенности, такие как тип дуги аорты, а также расположение устьев, угол отхождения и ход брахиоцефальных артерий.
- 2) С целью предотвращения эндолика III типа рекомендуется выполнять имплантацию периферического стент-графта в зону фенестрации при эндоваскулярной тактике лечения у пациентов с аневризмами грудного отдела аорты с вовлечением дуги.
- 3) С целью точного формирования фенестрации при использовании техники модификации стент-графта на столе («on the table») возможно использование стерильной трехмерной печатной модели аорты пациента, созданной на основании предоперационной мультиспиральной компьютерной томографической ангиографии аорты.
- 4) Для улучшения точности имплантации стент-графта в целевую зону дуги аорты рекомендуется использовать высокочастотную правожелудочковую стимуляцию с целью временного устраниния аортального импульса и создания условий управляемой гипотонии.
- 5) С целью повышения безопасности метода эндопротезирования дуги аорты рекомендуется выполнять слияние изображений предоперационной мультиспиральной компьютерной томографии с рентгеноскопией в реальном времени для снижения объема вводимого контрастного вещества, за счет уменьшения количества выполняемых ангиографий, уменьшения лучевой нагрузки на медицинский персонал и пациента за счет облегчения катетеризации целевых сосудов, а также за счет повышения точности сопоставления фенестр с устьями брахиоцефальных артерий.
- 6) При выполнении фенестрации стент-графта «*in situ*» гибкой иглой рекомендуется проверка ее перпендикулярного расположения в двух ортогональных проекциях относительно окружности дуги аорты, для исключения нецелевой перфорации стенки брахиоцефальной артерии.
- 7) В случае невозможности достижения иглой перпендикулярного положения относительно стент-графта при выполнении «*in situ*» фенестрации левой подключичной артерии при остром угле ее отхождения, возможно предварительное заведение второго проводника через интродьюсер в подключичной артерии в нисходящий отдел грудной аорты, для достижения оптимального поворота кончика интродьюсера и безопасного выполнения фенестрации (патент на изобретение № 2835724 от 03.02.2025).

ПЕРСПЕКТИВЫ ДАЛЬНЕЙШЕЙ РАЗРАБОТКИ ТЕМЫ

С учетом ограниченности данных в литературе в том числе, отсутствие рандомизированных исследований по сравнению результатов вышеуказанных малоинвазивных методов лечения в качестве дальнейшей перспективы возможно рассмотреть проведение проспективной работы на большей группе пациентов. Кроме того, помимо аневризм дуги аорты, вышеуказанные вмешательства выполняются также у пациентов с расслоениями аорты, которые представляют собой анатомически и клинически принципиально другую когорту больных. В связи с чем сравнение подходов у данной категории пациентов также выглядит перспективным направлением развития темы.

В нашей работе на основе собственного опыта, а также опыта коллег, представленного в литературе, был предложен алгоритм выбора техники фенестрации стент-графта в зависимости от анатомии дуги и брахиоцефальных артерий при полностью эндоваскулярном подходе. В качестве перспектив разработки темы можно рассматривать дальнейшую клиническую апробацию предложенного алгоритма с формированием рекомендаций для общества сердечно-сосудистых хирургов.

СПИСОК СОКРАЩЕНИЙ И УСЛОВНЫХ ОБОЗНАЧЕНИЙ

- АГ – артериальная гипертензия
АГА – аневризма грудной аорты
БЦА – брахиоцефальные артерии
ВСА – внутренняя сонная артерия
ГБ – гипертоническая болезнь
ДАТ – двойная антиагрегантная терапия
ДИ – доверительный интервал
ИБС – ишемическая болезнь сердца
ИМ – инфаркт миокарда
ИМТ – индекс массы тела
КИН – контраст-индуцированная нефропатия
ЛОСА – левая общая сонная артерия
лПкЛА – левая подключичная артерия
МАКС – максимальное значение
МЕД – медиана
МИН – минимальное значение
МСКТ – мультиспиральная компьютерная томография
ОБА – общая бедренная артерия
ОНМК – острое нарушение мозгового кровообращения
ОПП – острое почечное повреждение
ОР – отношение рисков
ПЖ – правый желудочек
ПТФЕ – политетрафторэтилен
САД – систолическое артериальное давление
СД – сахарный диабет
СКФ – скорость клубочковой фильтрации
СО – среднеквадратичное отклонение
СРБ – С-реактивный белок
СРЕД – среднее арифметическое
УЗДС – ультразвуковое дуплексное сканирование
ХБП – хроническая болезнь почек
ХИНК – Хроническая ишемия нижних конечностей

ХОБЛ – Хроническая обструктивная болезнь легких

FET – frozen elephant trunk

PMEG – Physician-modified endograft

TEVAR – Thoracic endovascular aortic repair

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Белов, Ю.В. Способы формирования герметичного анастомоза в хирургии аорты / Белов Ю.В., Алексеев И.А., Чарчян Э.Р // Кардиология и сердечно-сосудистая хирургия. – 2009. – №6. – С. 38-41.
2. Клинический случай эндоваскулярной изоляции посттравматической аневризмы грудной аорты через доступ к бифуркации аорты / Ю.К. Пантелеева, А.Г. Ванюкин, Д.В. Чернова [и др.] // Исследовательская инициатива – 2023. Сборник статей Международного научно-исследовательского конкурса. Петрозаводск, 25 октября 2023 года. – Петрозаводск: Международный центр научного партнерства «Новая Наука», 2023. – С. 80-92.
3. Опыт хирургического лечения больных с расслоением аорты 1-го типа по DeBakey / Ю.В. Белов, Э.Р. Чарчян, А.Б. Степаненко [и др.] // Хирургия. – 2018. – №7. – С. 8-17.
4. Профилактика геморрагических осложнений при операциях на грудной аорте / Д.С. Панфилов, Б.Н. Козлов, В.В. Затолокин [и др.] // Российский кардиологический журнал. – 2018. – №11. – С. 70-76.
5. Технические аспекты эндопротезирования дуги аорты / Ю.К. Пантелеева, А.Г. Ванюкин, Д.В. Чернова [и др.] // Наука и технологии – 2023. Сборник статей Международного научно-исследовательского конкурса. Петрозаводск, 16 октября 2023 года. – Петрозаводск: Международный центр научного партнерства «Новая Наука», 2023. – С. 194-206.
6. Хубулава, Г.Г. Николай Леонтьевич Володось. История неоспоримого мирового приоритета в изобретении сосудистого эндопротеза / Г.Г. Хубулава, А.В. Светликов // Вестник хирургии имени И.И. Грекова. – 2017. – №176(3). – С. 95-98.
7. Эндоваскулярная изоляция аневризмы дуги аорты с реваскуляризацией всех брахиоцефальных артерий / М.А. Чернявский, Н.В. Сусанин, В.А. Соловьев [и др.] // Эндоваскулярная хирургия. – 2022. – Т. 9, № 1. – С. 81-86.
8. Эндоваскулярные операции на дуге аорты: опыт одного центра / Н.В. Сусанин, Н.С. Одинцов, А.Г. Ванюкин [и др.] // Эндоваскулярная хирургия. – 2022. – №9 (1). – С. 38-44.
9. 10-year aortic center experience with hybrid repair of chronic "residual" aortic dissection after type A repair. / M. Gaudry, A. Porto, A. Blanchard [et al.] // Cardiovascular Drugs and Therapy – 2022. – Vol. 36, №2. – P. 285-294.
10. 2022 ACC/AHA Guideline for the diagnosis and management of aortic disease: a report of the American Heart Association/American College of Cardiology Joint Committee on Clinical Practice Guidelines. / E.M. Isselbacher, O. Preventza, J.H. Black [et al.] // Circulation. – 2022. – Vol. 146. – P. 334-482.

11. 2024 ESC Guidelines for the management of peripheral arterial and aortic diseases: Developed by the task force on the management of peripheral arterial and aortic diseases of the European Society of Cardiology (ESC) Endorsed by the European Association for Cardio-Thoracic Surgery (EACTS), the European Reference Network on Rare Multisystemic Vascular Diseases (VASCERN) and the European Society of Vascular Medicine (ESVM) / L. Mazzolai, G. Teixido-Tura, S. Lanzi [et al.] // European Heart Journal. – 2024. – Vol. 45, № 36. – P. 3538–3700
12. A current systematic evaluation and meta-analysis of chimney graft technology in aortic arch diseases / W. Ahmad, S. Mylonas, P. Majd [et al.] // Journal of Vascular Surgery. – 2017. – Vol. 66, №5. – P. 1602-1610.
13. Adequate seal and no endoleak on the first postoperative computed tomography angiography as criteria for no additional imaging up to 5 years after endovascular aneurysm repair / F.B. Goncalves, K.M. van de Luijtgaarden, S.E. Hoeks [et al.] // Journal of Vascular Surgery. – 2013. – Vol. 57. – P. 1503–1511.
14. A geometric reappraisal of proximal landing zones for thoracic endovascular aortic repair according to aortic arch types / M.M. Marrocco-Trischitta, H.W.d Beaufort, F. Secchi [et al.] // Journal of Vascular Surgery. – 2017. – Vol. 65, №6. – P. 1584-1590.
15. Analysis of clinical outcomes of one-staged hybrid procedure without thoracotomy for aorta lesion involving distal aortic arch / C. Ren, S. Wang, L. Sun [et al.] // Journal of Cardiac Surgery. – 2021. – Vol. 36, №4. – P. 1313–1319.
16. Anatomic Feasibility of In-Situ Fenestration for Isolate Left Subclavian Artery Preservation during Thoracic Endovascular Aortic Repair Using an Adjustable Needle Puncturing System / G. Piffaretti, M. Franchin, A. Gnesutta [et al.] // Journal of Clinical Medicine. – 2024. – Vol. 13, №1. – P. 162.
17. Anderson, J.L. Endoluminal Aortic Grafting with Renal and Superior Mesenteric Artery Incorporation by Graft Fenestration / J.L. Anderson, M. Berce, D.E Hartley // The Journal of Endovascular Therapy. – 2001. – Vol. 8, №1. – P. 3–15.
18. Aortic aneurysm / A. Mathur, V. Mohan, D. Ameta [et al.]. // Journal of Translational Internal Medicine. – 2016. – Vol. 4, №1. – P. 35-41.
19. Aortic arch vessel geometries and deformations in patients with thoracic aortic aneurysms and dissections / G. Suh, R.E. Beygui, D. Fleischmann [et al.] // The Journal of Vascular and Interventional Radiology. – 2014. – Vol. 25, №12. – P. 1903-1911.
20. Aortic Dissection: Novel Surgical Hybrid Procedures / A. Cannavale, M. Santoni, F. Fanelli [et al.] // Journal of Interventional Cardiology. – 2017. – Vol. 12, №1. – P. 56–60.
21. A systematic review and meta-analysis of hybrid aortic arch replacement / K.G. Moulakakis, S.N. Mylonas, F. Markatis [et al.] // The Annals of Cardiothoracic Surgery. – 2013. – Vol. 2. – P. 247–260.

22. Banerjee, A. Aortic dissection in pregnancy in England: an incidence study using linked national databases [Электронный ресурс] / A. Banerjee, I. Begaj, S. Thome // BMJ Open. – 2015. – №5. Режим доступа: <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC4550733/pdf/bmjopen-2015-008318.pdf>
23. Borst, H.G. Extensive aortic replacement using “elephant trunk” prosthesis / H.G. Borst, G. Waltherbusch, D. Schaps // Thorac Cardiovasc Surg. – 1983. – Vol. 31. – P. 37-40.
24. Burden of aortic aneurysm and its attributable risk factors from 1990 to 2019: an analysis of the Global Burden of Disease Study 2019 / Z. Wang, Y. You, Z. Yin [et al.] // Frontiers in Cardiovascular Medicine. – 2022. – Vol.9. – P. 14.
25. Current options and recommendations for the treatment of thoracic aortic pathologies involving the aortic arch: an expert consensus document of the European Association for Cardio-Thoracic surgery (EACTS) and the European Society for Vascular Surgery (ESVS) / M. Czerny, J. Schmidli, S. Adler // European Journal of Cardio-Thoracic Surgery. – 2019. – Vol.55, №1. – P. 133-162.
26. Cervantes, J. Reflections on the 50th anniversary of the first abdominal aortic aneurysm resection. World / J. Cervantes // Journal of Surgery. – 2003. – Vol. 27, №2. – P. 246–248.
27. Cheng SW. Aortic arch pathologies - incidence and natural history / S.W. Cheng // Gefasschirurgie. – 2016. – Vol. 21. – P. 212-216.
28. Chimney technique for aortic arch pathologies: an 11-year single-center experience / N. Mangalardi, E. Serrao, H. Kasemi [et al.] // The Journal of Endovascular Therapy. – 2014. – Vol. 21. – P. 312–323.
29. Christian, C.S. Alternative Access Options for TEVAR / C.S. Christian, F. Tolle, Y.W. Edward // Endovascular today. – 2016. – Vol. 15, №11. – P. 77-80.
30. Cifani, N. Proietta M, Tritapepe L. Stanford-A acute aortic dissection, inflammation, and metalloproteinases: A review. / N. Cifani, M. Proietta, L. Tritapepe // Annals of Medicine. – 2015. – Vol. 47, №6. – P. 441-446.
31. Clinical experience with a customized fenestrated endograft for juxtarenal abdominal aortic aneurysm repair / R. Uflacker, J.D. Robison, C. Schonholz [et al.] // Journal of Vascular and Interventional Radiology. – 2006. – Vol. 17, №12. – P. 1935-1942.
32. Clinical outcomes and material properties of in situ fenestration of endovascular stent grafts / S.A. Crawford, R.M. Sanford, T.L. Forbes [et al.] // Journal of Vascular Surgery. – 2016. – Vol. 64. – P. 244–250.
33. Comparative Retrospective Cohort Study of Carotid-Subclavian Bypass vs. In Situ Fenestration For Left Subclavian Artery Revascularization During Zone 2 Thoracic Endovascular Aortic Repair: A Single-Center Experience / E. Ozcinar, N. Dikmen, C. Baran [et al.] // Journal of Clinical Medicine. – 2024. – Vol. 13, №17. – P. 5043.

34. Comparison of supra-arch in situ fenestration and chimney techniques for aortic dissection involving the left subclavian artery / M. XiaoHui, W. Li, G. Wei [et al.]. // Vascular. – 2019. – Vol. 27, №2. – P. 153-160.
35. Crawford, S.E. Treatment of aneurysm of transverse aortic arch / S.E. Crawford, A.S. Salwa, S.S. John // The Journal of Thoracic and Cardiovascular Surgery. – 1979. – Vol. 73. – P. 383-393.
36. Criado, F.J. A percutaneous technique for preservation of arch branch patency during thoracic endovascular aortic repair (TEVAR): retrograde catheterization and stenting / F.J. Criado // The Journal of Endovascular Therapy. – 2007. – Vol. 14, №1. – P. 54-58.
37. Dias, L.R. Gender differences on mortality and re-interventions after TEVAR for intact aneurysms of the thoracic aorta / L.R. Dias, J. Oliveira-Pinto, A. Mansilha // International Angiology. – 2019. – Vol. 38, №2. – P. 115–120.
38. Dryjski, M.L. TAA Endoleaks [Электронный ресурс] / M.L. Dryjski, D. Koudoumas, B. Reilly // Complications in Endovascular Surgery. Peri-Procedural Prevention and Treatment. – Published by Elsevier 2022. Режим доступа: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/B978032355448000019X>.
39. Durability of branches in branched and fenestrated endografts / T.M. Mastracci, R.K. Greenberg, M.J. Eagleton [et al.] // Journal of Vascular Surgery. – 2013. – Vol. 57. – P. 926–933.
40. Elefteriades, J.A. Thoracic aortic aneurysm clinically pertinent controversies and uncertainties / J.A. Elefteriades, E.A. Farkas // Journal of the American College of Cardiology. – 2010. – Vol. 55. – P. 841–857.
41. Endovascular repair of acute traumatic thoracic aortic transection with laser-assisted in-situ fenestration of a stent-graft covering the left subclavian artery / E.H. Murphy, J.M. Dimaio, W. Dean [et al.] // The Journal of Endovascular Therapy. – 2009. – Vol. 16, №4. – P. 457–463.
42. Endovascular total arch repair using in situ fenestration for arch aneurysm and chronic type A dissection / Y. Katada, S. Kondo, E. Tsuboi [et al.] // The Annals of Thoracic Surgery. – 2016. – Vol. 101. – P. 625–630.
43. Endovascular treatment for aortic arch pathologies: chimney, on-the-table fenestration, and in-situ fenestration techniques / C. Shu., B. Fan., M. Luo. [et al.] // The Journal of Thoracic Disease. – 2020. – Vol. 12, №4. – P. 1437-1448.
44. Evaluating strategies for reducing scattered radiation in fixed-imaging hybrid operating suites / C. Miller, D. Kendrick, A. Shevitz [et al.] // Journal of Vascular Surgery. – 2018. – Vol. 67. – P. 1227–1233.
45. Experiences of intentional carotid stenting in endovascular repair of aortic arch aneurysms—two case reports / T. Larzon, G. Gruber, O. Friberg [et al.] // Eur J Vasc Endovasc Surgery. – 2005. – Vol. 30, №2. – P. 147-151.

46. Experimental Analysis of the Quality of Needle-Assisted Fenestration in Aortic Stent-Grafts and the Differences Between Gradual and Rapid Balloon Dilation / D. Li, Q. Zeng, Y. Xiang [et al.] // The Journal of Endovascular Therapy. – 2021. – Vol. 28, №1. – P. 44-52.
47. Fenestrated stent-grafts for preserving visceral arterial branches in the treatment of abdominal aortic aneurysms: Preliminary experience / J.H. Park, J.W. Chung, I.W. Choo [et al.] // Journal of Vascular and Interventional Radiology. – 1996. – Vol. 7, №6. – P. 819-823.
48. German Heart Surgery Report 2021: the annual updated registry of the German Society for Thoracic and Cardiovascular Surgery / A. Beckmann, R. Meyer, J. Lewandowski [et al.] // The Journal of Thoracic and Cardiovascular Surgery. – 2022. – Vol. 70. – P. 362–76.
49. Global experience with an inner branched arch endograft / S. Haulon, R.K. Greenberg, R. Spear [et al.] // The Journal of Thoracic and Cardiovascular Surgery. – 2014. – Vol. 148. – P. 1709-1716
50. Hughes, G.C. Current state of hybrid solutions for aortic arch aneurysms / G.C. Hughes, A. Vekstein // The Annals of Cardiothoracic Surgery. – 2021. – Vol. 10, №6. – P. 731-743.
51. Hybrid Approach in Acute and Chronic Aortic Disease / M. Murzi, P.A. Farneti, A. Rizza [et al.] // Medicina. – 2022. – Vol. 58, №1. – P. 49.
52. Iida, Y. Successful treatment of chronic type B aortic dissection complicated by disseminated intravascular coagulopathy with recombinant human soluble thrombomodulin after thoracic endovascular aortic repair / Y. Iida, R. Asano, T. Hachiya // Vascular. – 2022. – Vol. 30, №1. – P. 38-41.
53. Impact of time between diagnosis to treatment in acute type A aortic dissection. Scientific Reports / C.R. Matthews, M. Madison, L.R. Timsina [et al.] // Scientific Reports. – 2021. – Vol.11, №1. – P. 3519.
54. In Situ Fenestration and Carotid-Subclavian Bypass for Left Subclavian Artery Revascularization During Thoracic Endovascular Aortic Repair / B. Fan, K. Fang, C. Tian [et al.] // CardioVascular and Interventional Radiology. – 2024. – Vol. 47. – P. 717–727.
55. In situ laser fenestration is a feasible method for revascularization of aortic arch during thoracic endovascular aortic repair / J. Qin, Z. Zhao, R. Wang [et al.] // Journal of the American Heart Association. – 2017. – Vol. 6, №4. – P. 11.
56. In situ stent-graft fenestration to preserve the left subclavian artery / R.G. McWilliams, M. Murphy, D. Hartley [et al.] // The Journal of Endovascular Therapy. – 2004. – Vol. 11, №2. – P. 170-174.
57. In vitro fenestration of aortic stent-grafts: implications of puncture methods for in situ fenestration durability / C.V. Riga, C.D. Bicknell, M. Basra [et al.] // The Journal of Endovascular Therapy. – 2013. – Vol. 20, №4. – P. 536–54.
58. Late open conversion following failure of EVAR and TEVAR: "State of the Art" / E. Rinaldi, A. Kahlberg, N. Carta [et al.] // Cardiovascular and Interventional Radiology. – 2020. – Vol. 43, №12. – P. 1855–1864.

59. Longo, G.M. Endovascular techniques for arch vessel reconstruction / G.M. Longo, II. Pipinos // *Journal of Vascular Surgery*. – 2010. – Vol. 5. – P. 77–81.
60. Manetta, F. Indications for thoracic endovascular aortic repair (TEVAR): a brief review. / F. Manetta, J. Newman, A. Mattia // *International Angiology*. – 2018. – Vol. 27, №4. – P. 177–184.
61. Midterm results of retrograde in situ needle fenestration during thoracic endovascular aortic repair of aortic arch pathologies / M. Luo, K. Fang, B. Fan [et al.] // *The Journal of Endovascular Therapy*. – 2021. – Vol. 28. – P. 36–43.
62. Morphological risk factors of stroke during thoracic endovascular aortic repair / D. Kotelis, M.S. Bischoff, B. Jobst [et al.] // *Langenbeck's Archives of Surgery*. – 2012. – Vol. 397, №8. – P. 1267–73.
63. Multicentre analysis of current strategies and outcomes in open aortic arch surgery: heterogeneity is still an issue / P.P. Urbanski, M. Luehr, R. Di Bartolomeo [et al.] // *European Journal of Cardio-Thoracic Surgery*. – 2016. – Vol. 50. – P. 249–255.
64. Multicenter analysis of endovascular aortic arch in situ stent-graft fenestrations for aortic arch pathologies / R. Kopp, Y. Katada, S. Kondo [et al.] // *Annals of Vascular Surgery*. – 2019. – Vol. 59. – P. 36–47.
65. Neri, E. The “elephant trunk” technique made easier. / E. Neri, M. Massetti, G. Sani. // *Ann Thorac Surg*. – 2004. – Vol. 78. – P. 17–18.
66. Oderich, G.S. Endovascular Aortic Repair. Current Techniques with Fenestrated, Branched and Parallel Stent-Grafts / G.S. Oderich – Springer Publishing, 2017.
67. Orozco-Sevilla, V. Surgical strategies in the management of chronic dissection of the thoracoabdominal aorta / V. Orozco-Sevilla, J.S. Coselli // *Journal of cardiovascular surgery (Torino)*. – 2021. Vol. 62, №4. – P. 302–315.
68. Outcomes of chimney technique for aortic arch diseases: a single-center experience with 226 cases / W. Huang, H. Ding, M. Jiang [et al.] // *Clinical Interventions in Aging*. – 2019. – Vol. 14. – P. 1829–1840.
69. Outcomes of emergency in situ laser fenestration-assisted thoracic endovascular aortic repair in patients with acute stanford type A aortic dissection unfit for open surgery / D. Yan, H. Shi, J. Qin [et al.] // *Journal of Vascular Surgery*. – 2020. – Vol. 71. – P. 1472–1479.
70. Ouzounian, M. Open aortic arch repair: state-of-the-art and future perspectives. / M. Ouzounian, S.A. LeMaire, J.S. Coselli // *Seminars in Thoracic and Cardiovascular Surgery*. – 2013. – Vol.25. – P. 107–115.
71. Patel, H.J. Ascending and arch aorta: pathology, natural history, and treatment / H.J. Patel, G.M. Deeb // *Circulation*. – 2008. – Vol. 118. – P. 188–195.

72. Physician-Modified Thoracic Stent Grafts for the Arch After Surgical Treatment of Type A Dissection / T. Gendet, B.A. Ozdemir, L.C. Trubert // The Annals of Cardiothoracic Surgery. – 2019. – Vol.108, №2. – P. 491-498.
73. Projection of global burden and risk factors for aortic aneurysm—timely warning for greater emphasis on managing blood pressure / X. Huang, Z. Wang, Z. Shen [et al.] // Annals of Medicine. – 2022. – Vol. 54. – P. 553–564.
74. Prosthetic replacement of the aortic arch / R.B. Griep, E.B. Stinson, J.F. Hollingsworth [et al.] // The Journal of Thoracic and Cardiovascular Surgery. – 1975. – Vol. 70, №6. – P. 1051–1063.
75. Quantification of Respiratory Movement of the Aorta and Side Branches / M.A. Sailer, B.A.J.M Wagemans, M. Das [et al.] // The Journal of Endovascular Therapy. – 2015. – Vol. 22, №6. – P. 905-11.
76. Resection and graft replacement of aneurysms involving the transverse arch of the aorta / M.E. De Bakey, A.C. Beall, D.A. Cooley [et al.] // Surgical Clinics of North America. – 1966. – Vol. 46. – P. 1057-1071.
77. Risk Factor Analysis for the Mal-Positioning of Thoracic Aortic Stent Grafts / M. Boufi, C. Guivier-Curien, B. Dona [et al.] // European Journal of Vascular and Endovascular Surgery. – 2016. – Vol. 52, №1. – P. 56-63.
78. Salameh, M.J. Thoracic aortic aneurysm / M.J. Salameh, J.H. Black, E.V. Ratchford // Vascular Medicine. – 2018. – Vol.23, №6. – P. 573-578.
79. Scott, A.D. Motion in cardiovascular MR imaging / A.D. Scott, J. Keegan, D.N. Firmin // Radiology. – 2009. – Vol. 250. – P. 331–351.
80. Sethi, S. Aortic Arch Aneurysm [Электронный ресурс] / S. Sethi, U. Parekh // In: StatPearls [Internet]. Режим доступа: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK563170>.
81. Should patients with challenging anatomy be offered endovascular aneurysm repair? / R.K. Greenberg, D. Clair, S. Srivastava [et al.] // Journal of Vascular Surgery. – 2003. – Vol. 38, №5. – P. 990-996.
82. Successful resection of a large aneurysm of the upper abdominal aorta and replacement with homograft / S.N. Etheredge, J. Yee, J.V. Smith [et al.] // Surgery. – 1955. – Vol. 38, №6. – P. 1071–1081.
83. Systematic review of clinical outcomes in hybrid procedures for aortic arch dissections and other arch diseases / P. Cao, P. De Rango, M. Czerny [et al.] // The Journal of Thoracic and Cardiovascular Surgery. – 2012. – Vol. 144. – P. 1286-1300.
84. Technical details of thoracic endovascular aortic repair with fenestrations for thoracic aortic pathologies involving the aortic arch: A Chinese expert consensus / C. Qiu, Z. Li, X. Dai [et al.] // Frontiers in Cardiovascular Medicine. – 2022. – Vol. 9. – P. 7.

85. The chimney-graft technique for preserving supra-aortic branches: a review / K.G. Moulakakis, S.N. Mylonas, I. Dalainas [et al.] // The Annals of Cardiothoracic Surgery. – 2013. – Vol. 2. – P. 339–346.
86. The value of the oblique groin incision for femoral artery access during endovascular procedures / J.M. Caiati, D. Kaplan, D. Gitlitz [et al.] // Annals of Vascular Surgery. – 2010. – Vol. 14, №3. – P. 248-253.
87. Thoracic endovascular aortic repair with single/double chimney technique for aortic arch pathologies / T. Wang, C. Shu, M. Li [et al.] // The Journal of Endovascular Therapy. – 2017. – Vol. 24, №3. – P. 383-393.
88. Three-Dimensional Printing Assisted Physician-Modified Fenestrated Endografts for Thoracic Endovascular Aortic Aneurysm Repair in Zone 1 / Z. Zhao, Y. Han, C. Pan [et al.] // Journal of Visualized Experiments. – 2025. – Vol. 4, № 218. – P. 12.
89. Tsilimparis, N.K. Endovascular aortic arch repair [Электронный ресурс] / N.K. Tsilimparis, K. Ivancev, T. Kolbel // Endovascular today. – 2015. Режим доступа: <https://evtoday.com/articles/2015-nov-supplement/endovascular-aortic-arch-repair>
90. Type 1A Endoleak after TEVAR in the Aortic Arch: A Review of the Literature / L. Scurto, N. Peluso, F. Pascucci [et al.] // Journal of Personalized Medicine. – 2022. – Vol. 12, №8. – P. 1279.
91. Vertical or transverse incisions for access to the femoral artery: a randomized control study / J. Swinnen, A. Chao, J. Crozier [et al.] // Annals of Vascular Surgery. – 2010. – Vol. 24, №3. – P. 336-341.
92. Voorhees, AB. The use of tubes constructed from vinyon “N” cloth in bridging arterial defects / A.B. Voorhees, A. Jaretzki, A.H. Blakemore // The Annals of Surgery. – 1952. – Vol. 135, №3. – P. 332–336.
93. What is the best method to achieve safe and precise stent-graft deployment in patients undergoing TEVAR? / R. Gottardi, T. Berger, A. Voetsch [et al.] // The Journal of Thoracic and Cardiovascular Surgery. – 2021. – Vol. 69, №4. – P. 357-361.
94. Yiu, R.S. Natural history and risk factors for rupture of thoracic aortic arch aneurysms / R.S. Yiu, S.W. Cheng // Journal of Vascular Surgery. – 2016. – Vol. 63. – P. 1189–1194.