

Филиппов Алексей Александрович

**ВОЗМОЖНОСТИ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ОТДАЛЕННЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ
КЛАПАНСОХРАНЯЮЩИХ РЕКОНСТРУКТИВНЫХ ОПЕРАЦИЙ НА КОРНЕ
АОРТЫ**

3.1.15 – сердечно-сосудистая хирургия

АВТОРЕФЕРАТ

Диссертации на соискание ученой степени

кандидата медицинских наук

Санкт-Петербург

2022

Работа выполнена в Федеральном государственном бюджетном учреждении «Национальный медицинский исследовательский центр им. В.А. Алмазова» Министерства здравоохранения Российской Федерации

Научный руководитель:

Гордеев Михаил Леонидович - доктор медицинских наук, профессор

Официальные оппоненты:

Хубулава Геннадий Григорьевич - доктор медицинских наук, профессор, академик РАН, Федеральное государственное бюджетное военное образовательное учреждение высшего образования «Военно-медицинская академия им. С.М. Кирова» Министерства обороны Российской Федерации, 1-я кафедра и клиника (хирургии усовершенствования врачей), заведующий

Чарчян Эдуард Рафаэлович - доктор медицинских наук, профессор, член-корреспондент РАН, Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Российский научный центр хирургии им. Академика Б.В. Петровского», отделение реконструктивно-восстановительной сердечно-сосудистой хирургии, заведующий

Ведущая организация: Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Томский национальный исследовательский медицинский центр Российской академии наук»

Защита состоится 31 октября 2022г. в 13:15 часов на заседании диссертационного совета 21.1.028.02 (Д 208.054.04) на базе Федерального государственного бюджетного учреждения «Национальный медицинский исследовательский центр им. В.А. Алмазова» Министерства здравоохранения Российской Федерации (197341, г. Санкт-Петербург, ул. Аккуратова, д. 2)

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке и на официальном сайте Федерального государственного бюджетного учреждения «Национальный медицинский исследовательский центр им. В.А. Алмазова» Министерства здравоохранения Российской Федерации (197341, г. Санкт-Петербург, ул. Аккуратова, д. 2, адрес сайта: <http://www.almazovcentre.ru>).

Автореферат разослан «___» _____ 2022г.

Ученый секретарь

диссертационного совета

21.1.028.02 (Д 208.054.04)

доктор медицинских наук, профессор



Недошивин Александр Олегович

Общая характеристика работы

Актуальность и степень разработанности темы исследования

Аневризма корня и восходящего отдела аорты является распространенным во всем мире заболеванием сердечно-сосудистой системы с частотой встречаемости от 60 до 100 случаев на один миллион населения ежегодно. Наиболее опасным осложнением аневризмы восходящего отдела аорты является ее расслоение и разрыв. Летальность при разрыве аневризмы крайне высока и достигает 75% в течение 14 дней (Русанов Н.И., 2003). В тех случаях, когда в формирование аневризмы вовлечен не только восходящий отдел аорты, но и ее корень, течение заболевания, как правило, осложняется явлениями недостаточности аортального клапана (Чернявский А.М., 2004). Зачастую, именно клинические проявления аортальной недостаточности заставляют пациента с аневризмой корня и восходящего отдела аорты впервые обратиться за медицинской помощью.

Единственным эффективным методом лечения аневризм корня и восходящего отдела аорты является протезирование аневризматически расширенного участка в условиях экстракорпорального кровообращения, кардиopleгии, и в ряде случаев – глубокой гипотермии и циркуляторного ареста. Потенциальные преимущества сохранения нативного аортального клапана и устранение недостатков его замещения механическим протезом привели к разработке клапансохраняющих методик протезирования корня аорты в 80-х – 90-х годах прошлого века. В 1984 году М. Yasoub впервые в мире выполнил ремоделирование корня аорты с сохранением аортального клапана. В 1989 году Т.Е. David впервые выполнил операцию реимплантации аортального клапана в синтетический протез корня и восходящего отдела аорты. Методика отличается высокой технической сложностью исполнения, однако показывает очень хорошие непосредственные и отдаленные результаты. По результатам наблюдения 333 пациентов, оперированных автором методики, отсутствие тяжелой аортальной недостаточности на реимплантированном клапане составила более 95% в течение 20 лет после операции, а частота инфекционных и тромбоэмболических осложнений в зоне операции была крайне низкой (David TE, 2018). Параллельно с операцией David развивались и совершенствовались и другие клапансохраняющие операции, однако большинство хирургов в мире отдают предпочтение именно методике Т. David вследствие ее большей надежности и лучших отдаленных результатов.

Ежегодно число выполняемых в мире клапансохраняющих протезирований корня аорты растет, но несмотря на очевидные преимущества, их доля в структуре хирургии корня аорты остается небольшой (Белов Ю.В., 2008). Этот факт объясняется тем, что функционирование реимплантированного аортального клапана в послеоперационном периоде гораздо менее предсказуемо в сравнении с клапанным протезом, а оценка результатов реконструкции в ходе операции во многом носит визуальный характер и зависит, в том числе, от опыта хирурга (Schafers HJ, 2015). Начиная с первых лет после появления операции David, пристальное внимание исследователей было приковано к факторам риска рецидива недостаточности реимплантированного АК (Berdajs D., 2002). Ряд клинических и периоперационных факторов были признаны предикторами высокого риска возникновения рецидива АН: высокая артериальная гипертензия, соединительнотканная дисплазия створок аортального клапана, ошибки в выборе размера протеза аорты и реимплантации в него аортального клапана (Kunihara T., 2012).

В течение последнего десятилетия большой интерес вызывают стереометрические параметры элементов корня аорты, влияние которых на возникновение и прогрессирование аортальной недостаточности прежде не было детально изучено. С одной стороны, такие основные линейные параметры аортального клапана, как диаметр фиброзного кольца, высота зоны коаптации створок и высоты комиссур клапана были

хорошо изучены еще в XX веке и легли в основу интра- и периоперационной оценки реимплантации аортального клапана (Berdajs D, 2002). С другой стороны, ряд исследовательских групп обратили внимание на то, что не меньшее значение для функции АК в отдаленном периоде имеют такие дооперационные характеристики аортального клапана, как площадь и геометрическая высота каждой из створок, площади синусов аорты, периметр фиброзного кольца аортального клапана и другие параметры (Вах JJ, 2017; Izzat MB, 2017). Точное определение этих значений стало возможно лишь в последние несколько лет, благодаря разработке программного и аппаратного обеспечения для построения высокоточных трехмерных реконструкций клапанно-аортального комплекса на основании данных дооперационной МСКТ (Kim DH, 2014; Ruan Y, 2020). К сожалению, существующие на настоящий момент исследования стереометрических параметров корня аорты ограничиваются небольшими группами больных или единичными клиническими случаями, поэтому их данные не могут быть экстраполированы на всю популяцию больных, перенесших клапансохраняющие операции (Matsushima S, 2020).

Эта работа была задумана как попытка выявить наиболее значимые прогностические факторы возникновения рецидива аортальной недостаточности после выполнения клапансохраняющего протезирования корня аорты по методике T. David, взглянув на эту проблему через призму накопившихся за последние годы знаний о геометрических параметрах корня аорты. Новым подходом, примененным в данной работе, является разработка системы построения трехмерных реконструкций корня аорты, позволяющей с высокой точностью определять значения стереометрических параметров элементов клапанно-аортального комплекса. Мы надеемся, что полученные нами результаты позволят пополнить багаж знаний о функционировании реимплантированного в протез аортального клапана, выявить новые причины возникновения рецидива аортальной недостаточности, определить новые показания к клапансохраняющему хирургическому лечению аневризм восходящей аорты и улучшить его результаты.

Цель работы

Усовершенствование тактики хирургического лечения больных с аневризмой корня аорты и сохранным аортальным клапаном путем точного прогнозирования результатов клапансохраняющей оперативной коррекции аортальной недостаточности на основании клинических данных и анализа геометрических параметров корня аорты.

Задачи исследования

1. Используя исходные данные мультиспиральной компьютерной томографии - ангиографии пациентов, перенесших клапансохраняющую операцию на корне аорты по методике David I, разработать универсальный и легко воспроизводимый способ построения высокоточных трехмерных реконструкций всех структур клапанно-аортального комплекса. Используя разработанный способ, построить в средах автоматизированного проектирования дооперационные трехмерные графические реконструкции корня аорты.
2. Определить дооперационные анатомические параметры корня аорты, оказывающие наибольшее влияние на отдаленные результаты клапаносохраняющей хирургической коррекции аортальной недостаточности методом David I при патологии восходящего отдела аорты.
3. Оптимизировать выбор размера протеза корня аорты для реимплантации аортального клапана в ходе операции David I на основании измерения структур корня аорты на полученных высокоточных реконструкциях.
4. Оценить результаты клапаносохраняющих методов хирургической коррекции аортальной недостаточности в отдаленном периоде и выявить наиболее значимые предикторы рецидива аортальной регургитации и прогрессирования хронической

сердечной недостаточности на основании анализа геометрических параметров структур корня аорты.

Научная новизна исследования

Впервые выполнено ретро-проспективное исследование по поиску прогностических факторов прогрессирования рецидивирующей аортальной недостаточности после выполнения операции David I, с анализом геометрических (планиметрических и стереометрических) дооперационных параметров клапанно-аортального комплекса. Разработана оригинальная, универсальная и легко воспроизводимая методика построения высокоточных трехмерных реконструкций всех структур корня аорты в средах автоматизированного проектирования. Созданный метод позволяет измерять все известные на сегодняшний день геометрические параметры корня аорты, а также осуществить выбор диаметра протеза для реимплантации аортального клапана в ходе операции David I на дооперационном этапе без использования сложных методик расчета и специальных инструментов. Выявлены факторы риска прогрессирования хронической сердечной недостаточности в отдаленном периоде после выполнения операции реимплантации аортального клапана по методике David I.

Теоретическая и практическая значимость работы

1. Разработан способ построения трехмерных графических реконструкций корня аорты, позволяющий рассчитывать и оценивать все известные в настоящее время линейные и стереометрические параметры структур корня аорты, и использовать полученные данные в клинической практике.
2. Установлены предикторы возникновения рецидивирующей аортальной недостаточности в отдаленном периоде после клапансохраняющего протезирования корня аорты по методике David I: асимметричный характер расширения корня аорты в сочетании с расширением синотубулярной зоны сопровождаются значимым увеличением риска прогрессирования аортальной недостаточности. Предложена формула регрессии для расчета индивидуального риска возникновения рецидива аортальной недостаточности у каждого пациента при планировании клапансохраняющего вмешательства по методу David I.
3. Предложена методика выбора диаметра сосудистого протеза для реимплантации аортального клапана, не уступающая по точности интраоперационной оценке клапанно-аортального комплекса, и позволяющая производить все измерения на дооперационном этапе.

Методология и методы исследования

В исследовании принимали участие 50 пациентов с диагнозом аневризмы корня аорты, осложненной аортальной недостаточностью. Всем пациентам было выполнено клапансохраняющее протезирование корня аорты по методике David I в отделении сердечно-сосудистой хирургии №1 ФГБУ «НМИЦ им. В. А. Алмазова» в период с 2017 по 2021 г.г. Для оценки состояния пациентов использовались клинические, лабораторные и инструментальные методы исследования, рутинно применяющиеся при лечении и обследовании пациентов кардиохирургического профиля. Для оценки анатомических планиметрических и стереометрических параметров корня аорты использовалось построение высокоточных трехмерных реконструкций в средах автоматизированного проектирования. Используемые методы статистической обработки данных, а именно модель логистической регрессии, отвечают поставленной цели и задачам исследования.

Основные положения, выносимые на защиту

1. Для оценки риска рецидива аортальной недостаточности, а также прогрессирования явлений хронической сердечной недостаточности после клапансохраняющего протезирования корня аорты по методике David I, на дооперационном этапе необходимо изучение анатомических (планиметрических и стереометрических) параметров корня аорты, а также клинических и морфофункциональных характеристик. Оценка всех стереометрических анатомических параметров корня аорты в аспекте их связи с функцией АК возможна только при использовании данных высокоточной трехмерной реконструкции, построенной в среде автоматизированного проектирования на основании данных мультиспиральной компьютерной томографии корня аорты. Использование данных высокоточной реконструкции позволяет также осуществить выбор диаметра сосудистого протеза для реимплантации корня аорты на дооперационном этапе. Точность измерений при этом не уступает интраоперационной оценке клапанно-аортального комплекса.
2. У пациентов с сочетанием исходного расширения синотубулярной зоны и асимметричного характера аневризматического расширения корня аорты наблюдается повышенный риск возникновения рецидива аортальной недостаточности в отдаленном периоде после клапансохраняющего протезирования корня аорты. С целью профилактики прогрессирования аортальной и хронической сердечной недостаточности в отдаленном периоде, у данной группы пациентов рекомендован контроль уровня диастолического артериального давления, а также медикаментозная терапия сердечной недостаточности, нацеленная на сохранение сократительной способности левого желудочка после операции.

Степень достоверности и апробация результатов

По теме диссертации опубликовано 4 печатных работы, из них 3 статьи в изданиях, включенных в перечень ведущих рецензируемых научных изданий Высшей Аттестационной Комиссии при Министерстве образования и науки Российской Федерации. Основные положения работы изложены, обсуждены и опубликованы в сборнике тезисов XXVI Всероссийского съезда сердечно-сосудистых хирургов (ФГБУ НЦССХ им. А.Н. Бакулева, Москва, 2020 г.), доложены и обсуждены на IV Инновационном Петербургском медицинском форуме (ФГБУ НМИЦ им. В.А. Алмазова, Санкт-Петербург, 2021 г.), на 281-м Заседании секции сердечно-сосудистых хирургов и ангиологов хирургического общества им. Н.И. Пирогова (ПСПбГМУ им. академика И.П. Павлова, Санкт-Петербург, 2022г.), а также на IX Международном конгрессе «Кардиоторакальная радиология» (Санкт-Петербург, 2022 г.).

Внедрение в практику

Научные положения и практические рекомендации, сформулированные по результатам диссертационного исследования, внедрены в клиническую практику и используются в отделении сердечно-сосудистой хирургии №1 ФГБУ «Национальный медицинский исследовательский центра имени В. А. Алмазова» (г. Санкт-Петербург).

Личный вклад автора

Автор принимал участие во всех этапах выполненного исследования, проводил обследование и отбор пациентов, участвовал в операциях в качестве ассистента оператора, проводил обследование пациентов в отдаленном послеоперационном периоде. Автором разработан метод построения и измерения высокоточных трехмерных реконструкций корня аорты, выполнено построение реконструкций корня аорты и аортального клапана всем пациентам, участвовавшим в исследовании. Автором выдвинуты научные гипотезы, проведен сбор архивного материала, анализ и интерпретация полученных данных..

Структура и объем диссертации

Диссертация изложена на 131 странице печатного текста, состоит из введения, обзора литературы, глав описания материалов и методов исследования, методики измерения стереометрических параметров корня аорты на основании высокоточных трехмерных реконструкций, результатов исследования, раздела обсуждения полученных данных, заключения, выводов, практических рекомендаций и списка сокращений. Список литературы включает 134 источника: из них 17 отечественных и 117 иностранных. Диссертация иллюстрирована 26 рисунками и 19 таблицами.

Содержание работы

Материалы и методы исследования

Для реализации поставленных задач проведено ретро-проспективное исследование, в ходе которого выполнен анализ исходного состояния и отдаленных результатов 50 случаев хирургической коррекции аневризмы восходящей аорты с сохранением нативного аортального клапана. В качестве способа хирургической клапансохраняющей хирургической коррекции аневризмы восходящего отдела аорты в нашем центре была избрана операция David I.

Диссертационное исследование проводилось в отделении сердечно-сосудистой хирургии №1 с 2017г. по 2021г. на базе Федерального государственного бюджетного учреждения «Национальный медицинский исследовательский центр имени В.А. Алмазова» Министерства здравоохранения Российской Федерации.

В исследование были включены 50 пациентов с верифицированным диагнозом аневризмы корня и восходящего отдела аорты, осложненной недостаточностью аортального клапана 2 или 3 степени. Диагноз и показания к оперативному лечению для каждого пациента были определены на основании клинической картины заболевания, а также данных ЭХОКГ и МСКТ. В таблице 1 приведена половозрастная и клиническая характеристика пациентов исследуемых групп.

Таблица 1 - Клиническая характеристика пациентов

Показатели		Мужчины (n=43)	Женщины (n=7)
Средний возраст, лет		60 (37; 69)	54 (44; 61)
Индекс массы тела		29,7	27,2
ХСН \geq II ФК (NYHA), n (%)		43 (86%)	
ИБС	Стенокардия напряжения II ФК, n (%)	3 (6%)	
	Стенокардия напряжения III ФК, n (%)	1 (2%)	
Сахарный диабет 2 типа, n (%)		11; (22,0%)	
ИМ в анамнезе		5; (10,0)%	

Сокращения: ХСН – хроническая сердечная недостаточность, ФК – функциональный класс; ИМ – инфаркт миокарда, n – число пациентов. В таблице отражено медианное значение параметров возраста и ИМТ.

86% исследуемых имели II или III функциональный класс сердечной недостаточности вследствие естественного течения длительно существующего порока аортального клапана (аортальной недостаточности). Из сопутствующей патологии наиболее распространенным заболеванием являлся сахарный диабет 2 типа (22% наблюдений).

Методы исследований

Сбор клинических данных и оценка исходного состояния пациентов перед операцией осуществлялась посредством опроса, стандартного физикального обследования, лабораторных и инструментальных методов исследования в соответствии с протоколом обследования пациентов перед оперативным вмешательством на сердце, применяемым в ФГБУ «НМИЦ им В.А. Алмазова» Минздрава России. Определение функционального класса сердечной недостаточности производилось согласно классификации Нью-Йоркской Ассоциации Сердца (NYHA), функционального класса стенокардии – по классификации Канадского Сердечно-сосудистого Общества (CCS).

Основными методами инструментальной диагностики, примененными в ходе исследования, были трансторакальная эхокардиография, мультиспиральная компьютерная томография грудной аорты с внутривенным контрастированием, коронароангиография, манометрия правых камер сердца, электрокардиография (в двенадцати отведениях), обзорная рентгенография органов грудной клетки (в двух проекциях). Материал, полученный интраоперационно (иссеченные стенки синусов аорты) отправляли на гистологическое исследование в ходе основного этапа выполнения оперативного вмешательства.

С целью расчета анатомических (стереометрических и планиметрических) характеристик корня аорты использовался метод построения высокоточных трехмерных реконструкций клапанно-аортального комплекса. На основании дооперационных данных МСКТ-ангиографии аорты для каждого пациента была создана трехмерная реконструкция корня и восходящего отдела аорты в двух средах автоматизированного проектирования (САП): In Vesalius v 3.1.1 (Centro de Tecnologia da Informação Renato Archer (CTI)) и 3-Matic v. 13.0 (Materialise, Leuven, Belgium).

Оперативное лечение по методике David I осуществлялось следующим образом: после выполнения хирургического доступа к сердцу (срединная стернотомия), инициации искусственного кровообращения и кровяной изотермической кардиopleгии, выполнялось иссечение стенок расширенной аорты вместе с синусами Вальсальвы. Сосудистый протез корня аорты фиксировался к выходному отделу левого желудочка одиночными П-образными швами на прокладках, а створки клапана на комиссурах ресуспензировались внутри протеза непрерывным обвивным швом. Устья коронарных артерий реимплантировались в просвет протеза на «площадках» из стенки иссеченной аорты. На завершающем этапе операции производилось восстановление сердечной деятельности, профилактика воздушной эмболии, гемостаз, послойное закрытие операционной раны.

В отдаленном (12-18 месяцев) послеоперационном периоде всем пациентам была выполнена контрольная трансторакальная ЭХОКГ для оценки функции реимплантированного аортального клапана с детальной оценкой следующих параметров: 1) характер коаптации створок клапана и направление потока регургитации (если имеется); 2) объем и площадь потока регургитации, 3) ширина «vena contracta», 4) фракция регургитации, 5) увеличение размеров левого желудочка. Полученные данные ЭхоКГ сопоставлялись с аналогичными показателями, полученными на ранних сроках (7-10 дней) после операции. Выявлены пациенты, у которых наблюдалось значимое прогрессирование аортальной недостаточности в отдаленном периоде. Многофакторный анализ (логистическая регрессия) всех геометрических параметров клапанно-аортального

комплекса на основании полученных данных выполнялся с целью определения изменений корня аорты, наиболее часто сочетающихся с рецидивом аортальной регургитации в послеоперационном периоде. Кроме того, в ходе исследования проведен анализ влияния клинических и гистологических факторов на прогрессирование аортальной недостаточности в отдаленном послеоперационном периоде. На основании анализа анамнеза и медицинской документации были оценены следующие клинические факторы возникновения аортальной недостаточности: уровень артериального давления после операции (среднее и максимальное за период наблюдения), наличие тахисистолических нарушений ритма (все формы фибрилляции предсердий, желудочковая экстрасистолия), наличие предсердно-желудочковой блокады I и более степени, имплантация постоянного ЭКС в послеоперационном периоде, показатели сократительной способности левого желудочка по данным ЭхоКГ (КДО, КСО, фракция выброса), выполнение пликаций любой из створок аортального клапана в ходе операции, наличие сочетанного поражения митрального и трикуспидального клапанов и его хирургическая коррекция. По данным гистологического исследования операционного материала в расчеты регрессии были включены следующие параметры: наличие кистозного медианекроза стенки аорты, наличие синдромов дисплазии соединительной ткани, атеросклероз аорты, гемодинамическая аневризма восходящей аорты.

Методика создания высокоточной 3D-реконструкции корня аорты

Для создания 3D-реконструкции аортального клапана и восходящей аорты использовались данные МСКТ в формате DICOM. Всем пациентам до операции выполнялась МСКТ-ангиография грудной аорты с ЭКГ-синхронизацией (томограф Somatom Definition, "Siemens" – 128 slices). Все срезы КТ имели разрешение 512×512 пикселей и средний размер пикселя составил 0.8 ± 0.01 мм. Толщина среза составила 0.82 ± 0.01 мм.

Данные КТ были импортированы в программу InVesalius 3.1.1. Первым этапом была проведена первичная сегментация аортального клапана. Для этого сформирована первичная реконструкция аорты и выполнено выделение корня аорты из изображений органокомплекса грудной клетки с удалением всех находящихся в непосредственной близости структур: камеры сердца, трахея, бронхи, пищевод, легкие. При неполном отображении структур корня аорты или наличии дефектов створок необходимо повторно осуществить подбор их рентгеновской плотности до получения изображения соответствующего качества. Далее вручную выполняется удаление с плоскостных срезов МСКТ всех структур грудной клетки вокруг корня и восходящей аорты. Искажения в просвете аорты также, по возможности, подлежат ручному удалению. При наличии на структурах корня аорты образований, значительно отличающихся по рентгеновской плотности от тканей аорты (кальцинаты, вегетации, полости абсцессов), возможно их отдельное выделение путем подбора соответствующего значения рентгеновской плотности с последующим созданием их реконструкции. Далее работа осуществляется в среде автоматизированного проектирования 3-Matic (Materialise, Leuven, Belgium). В программу 3-Matic v. 13.0 (номер лицензии программы: 6D12-F6AA-68A1-BF4D) загружается первичная трехмерная реконструкция корня аорты (файл в формате STL). Далее выполняется удаление всех оставшихся искажений и артефактов в просвете аорты и со стороны желудочковой поверхности створок аортального клапана. Категорически запрещается обрабатывать таким образом структуры с максимальным размером более 0,3 мм. После этого осуществляется выделение из целостной модели аорты створок аортального клапана. Необходимо помнить, что фиксированный край каждой створки прикрепляется к фиброзному кольцу, а свободный располагается в просвете аорты и коаперирует (смыкается) с соседними створками. Общий вид трехмерной реконструкции восходящей аорты после обработки в среде автоматизированного проектирования 3-Matic

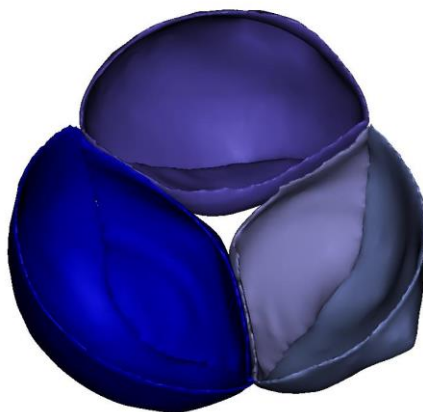


Рисунок 1 - Общий вид трехмерной реконструкции корня аорты после обработки в двух средах автоматизированного проектирования

Методика измерения параметров клапанно-аортального комплекса

Все измерения выполнялись в среде программы In Vesalius v 3.1.1 (Centro de Tecnologia da Informação Renato Archer (СТИ)). Определяемые нами параметры фиброзного кольца включали в себя измерение диаметра виртуального фиброзного кольца, анатомического фиброзного кольца (на уровне аорто-желудочкового соединения) и синотубулярного соединения. Диаметр виртуального фиброзного кольца измерялся на уровне оснований створок аортального клапана. Также выполнялось измерение максимального диаметра синусов Вальсальвы в зоне фиброзного кольца путем расчета диаметра описанной вокруг корня аорты окружности, центром которой являлся центр зоны коаптации (рисунок 2).

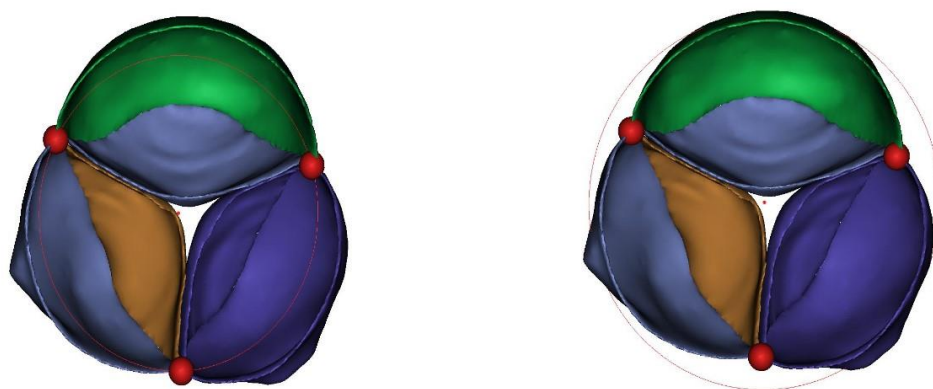


Рисунок 2 - Диаметр фиброзного кольца на уровне синотубулярного соединения (слева) и максимальный диаметр корня аорты (справа)

Периметр фиброзного кольца определялся как сумма длин фиксированных краев полулунных створок (рисунок 3). Площади створок аортального клапана определялись программой автоматически, при этом точность определения площади напрямую зависит от точности проведения первичной сегментации створок клапана.

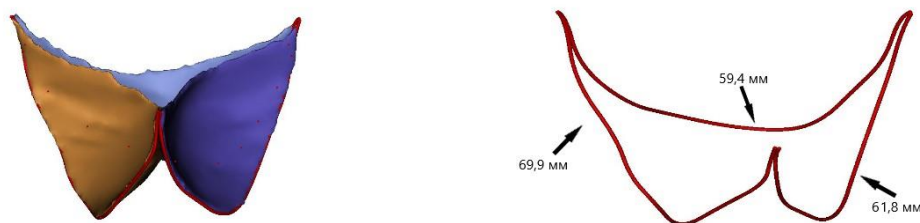


Рисунок 3 - Измерение периметра фиброзного кольца; $P=59.4+69.9+61.8=191.1$

Для определения длин свободных краев створок клапана, между двумя точками прикрепления створок к стенке аорты строилась кривая линия по верхней границе соответствующей створки при помощи инструмента “Измерить расстояние” (рисунок 4). Далее ее длина определялась автоматически и принималась за длину свободного края створки.

Высоты комиссур АК определялись как наименьшее расстояние от точек прикрепления полулунных створок до плоскости виртуального фиброзного кольца. За максимальное расстояние от геометрического центра аорты до синуса Вальсальвы принимался радиус сферы, описывающей синус в границах синотубулярного соединения с центром, совпадающим с геометрическим центром зоны коаптации.

Методы статистического анализа результатов исследования

Статистическая обработка данных проводилась в среде программирования R. Выполнен многомерный анализ (логистическая регрессия) влияния клинических, гистологических и анатомических факторов на показатели аортальной недостаточности в отдаленном послеоперационном периоде. Первичная конечная точка исследования – наличие прогрессирования аортальной недостаточности в отдаленном послеоперационном периоде по данным контрольного инструментального исследования. Вторичная конечная точка исследования - наличие прогрессирования хронической сердечной недостаточности в отдаленном послеоперационном периоде.

Результаты исследования

Анализ функции аортального клапана и геометрических параметров корня аорты в дооперационном периоде

Функциональная оценка аортального клапана

По данным трансторакальной ЭХОКГ на дооперационном этапе, у всех больных отмечалась умеренная гипертрофия ЛЖ и увеличение его размера. Диаметр восходящего отдела аорты на уровне синусов Вальсальвы по данным МСКТ был значительно увеличен и составил от 47 до 59 мм. Также у большинства пациентов отмечалось расширение аорты на уровне синотубулярного соединения и тубулярной части. Скорость кровотока на АК и пиковый градиент давления не были существенно изменены. По характеру нарушения кровотока на АК полностью превалировала недостаточность. (Таблица 2).

Таблица 2 - Данные трансторакальной эхокардиографии и мультиспиральной компьютерной томографии - ангиографии перед оперативным вмешательством

Параметр ТТ ЭхоКГ	Значение (n=50 больных)
КДО ЛЖ, мл	172 (120; 242)

КСО ЛЖ, мл	78; (36; 136)
Ударный объем ЛЖ, мл	90,5; (72; 124)
Фракция выброса ЛЖ (Teichholz), %	57,7; (47,5; 69,6)
ФК АК, мм	25; (23,5; 28)
Синусы Вальсальвы, мм	51,5; (47; 59)
Скорость кровотока на АК, м/с	2,3; (1,7; 2,6)
Средний градиент на АК, мм рт ст	9; (6; 12)

Сокращения: ЛЖ – левый желудочек, КДО – конечно-диастолический объем, КСО – конечно-систолический объем, ФК АК – фиброзное кольцо аортального клапана.

Примечание: в таблице отражена медиана, минимальное и максимальное значение параметров.

Тяжесть аортальной недостаточности варьировала от умеренной у 7 пациентов (14%) до максимальной у 5 пациентов (10%). У большинства больных (76%) наблюдалась тяжелая аортальная недостаточность. У 28 пациентов отмечалась центральная регургитация, в 22 случаях был обнаружен эксцентричный характер обратного тока крови через клапан. Наличие эксцентричной регургитации у 44% пациентов было обусловлено асимметричным расширением корня аорты, приводившим к нарушению стереометрических взаимоотношений структур корня аорты, пролабированию или ретракции створок аортального клапана, а также смещению вершин его комиссур. Эксцентричный обратный ток крови в 12 случаях был направлен в сторону передней створки митрального клапана, в 8 случаях – в сторону межжелудочковой перегородки и в 2 случаях формировался по комиссуре между правой и некоронарной створками, имея направление в сторону верхушки ЛЖ.

Оценка геометрических параметров корня аорты

На основании измерения построенных высокоточных трехмерных реконструкций у всех пациентов были измерены планиметрические и стереометрические дооперационные параметры клапанно-аортального комплекса. Планиметрические параметры корня аорты были представлены эффективной высотой, минимальным и максимальным значением геометрической высоты створок АК, высотами всех комиссур, а также максимальным диаметром фиброзного кольца на основных уровнях (таблица 3).

Таблица 3 - Планиметрические параметры корня аорты

Планиметрические параметры корня аорты		Значение
Эффективная высота, мм		10,8 (6,0; 18,0)
Геометрическая высота мин., мм		18,8 (10,0; 23,0)
Геометрическая высота макс., мм		21,7 (10,0; 27,0)
Высоты комиссур АК, мм	некоронарная/правая	21,8; (9,8; 25,4)
	некоронарная/левая	18,1; (7,1,0; 21,0)
	левая/правая	18,5; (7,6,0; 22,1)
Диаметр виртуального ФК АК, мм		24,6 (21,0; 29,1)
Диаметр ФК АК на уровне аорто-желудочкового соединения, мм		25,9 (21,3; 29,6)

Диаметр ФК АК на уровне вершин комиссур, мм	28,6 (24,9; 33,1)
---	-------------------

Примечание: в таблице отражена медиана, минимальное и максимальное значение параметров.

При анализе планиметрических параметров у подавляющего большинства пациентов отмечалось значительное расширение фиброзного кольца на уровне аорчных дуг (виртуальное ФК) и аорто-желудочкового соединения. Также отмечалось неравенство высот комиссур АК – у большинства исследуемых пациентов комиссура между правой и некоронарной створкой превосходила по высоте соседние комиссуры более чем на 3 мм (15%), что свидетельствует о несимметричном расширении фиброзного кольца и корня аорты. Геометрические и эффективные высоты створок аортального клапана имели достаточные значения для выполнения клапансохраняющего вмешательства.

Вычисление стереометрических параметров корня аорты включало расчет следующих значений: периметр фиброзного кольца АК, длины свободных краев каждой створки АК, площади створок АК, максимальные расстояния между центром зоны коаптации и максимально удаленными точками каждого из синусов аорты (таблица 4).

Таблица 4 - Стереометрические параметры корня аорты

Стереометрические параметры корня аорты		Значение
Длины свободных краев створок, мм	правая	27,2; (20,8; 37,6)
	левая	34,2; (25,0; 39,2)
	некоронарная	34,5; (24,3; 37,1)
Площади створок, мм ²	правая	336; (284; 439)
	левая	381; (276; 502)
	некоронарная	301; (198; 457)
Макс. расстояние от центра дуги СВ до центра зоны коаптации, мм	правый	24,7; (22,8; 29,4)
	левый	28,1; (23,2; 31,0)
	некоронарный	25,2; (23,6; 29,1)
Периметр фиброзного кольца АК, мм		182 (138; 231)

Примечание: в таблице отражена медиана, минимальное и максимальное значение параметров.

При анализе полученных данных, в ряде случаев обратило на себя внимание неравномерное увеличение площади левой коронарной створки (ЛКС) в сравнении с соседними створками. Медианное и минимальное значение ее площади составляло 381 и 276 мм², соответственно. Эти значения были на 10-27% больше аналогичных параметров правой (ПКС) и некоронарной (НКС) створок. Похожая картина наблюдалась при сравнении расстояний между центром зоны коаптации и максимально удаленными от него точками синусов Вальсальвы. Максимальное и медианное значение этого параметра для левого коронарного синуса составило 28,2 и 31,0 мм соответственно, что также превосходило аналогичные параметры соседних синусов Вальсальвы на 15-22%. С другой стороны, среди исследуемых отмечалась относительно небольшая средняя длина свободного края правой коронарной створки, составившая лишь 27,2 мм. У отдельных пациентов это значение составило лишь чуть более 20 мм, что оказалось практически вдвое меньше длин свободных краев ЛКС или НКС. Полученные данные свидетельствовали о несимметричном расширении корня аорты у ряда пациентов. Это приводило к грубому нарушению пропорциональных соотношений элементов клапанно-аортального комплекса и, как следствие, возникновению эксцентричной аортальной регургитации.

Интраоперационный и ранний послеоперационный периоды

Во время операции признаков инфекционного эндокардита не было обнаружено ни у одного пациента. Всем больным интраоперационно выполнялась чреспищеводная ЭХОКГ. Данные чреспищеводной ЭХОКГ преимущественно совпадали с данными, полученными на дооперационном этапе с помощью трансторакальной ЭХОКГ. У части больных при наличии соответствующих показаний выполнялись сопутствующие оперативные вмешательства, представленные в таблице 5.

Таблица 5 - Сопутствующие оперативные вмешательства

Дополнительная процедура/ манипуляция	Количество
АКШ	7
Пластика МК по R.Batista	6
Пластика ТК по R.Batista	2
Реконструкция дуги по типу «Hemiarch»	5

Сокращения: АКШ – аорто-коронарное шунтирование, МК – митральный клапан, ТК – трикуспидальный клапан.

Для протезирования корня и восходящего отдела аорты использовались сосудистые протезы диаметром 28 и 30 мм производителей Vascutek, а также протезы с аналогами синусов Вальсальвы Gelweave Valsalva 28 и 30 мм. Протезы Gelweave Valsalva были использованы в 47 случаях, из них в 8 случаях использовались протезы диаметром 28 мм и в 39 случаях – протезы диаметром 30 мм. Линейные протезы Vascutek были имплантированы трем больным, из них двум – диаметром 28 мм и одному пациенту – диаметром 30 мм.

После выполнения оперативной коррекции ни у одного из пациентов не наблюдалось рецидива аортальной недостаточности в раннем послеоперационном периоде. Обращала внимание тенденция к уменьшению конечно-диастолического и конечно-систолического объемов у большинства пациентов, а также незначительное увеличение сократительной способности миокарда. Госпитальная летальность составила 0%.

Отдаленный послеоперационный период

В отдаленном периоде было прослежено 50 (100%) пациентов в сроки от 12 до 18 месяцев после оперативного лечения. Летальность в отдаленном периоде отсутствовала. У двух пациентов в отдаленном периоде отмечалась полная атриовентрикулярная блокада, потребовавшая имплантации постоянного ЭКС. В одном случае был диагностирован рецидив митральной недостаточности после выполненной пластики митрального клапана по R. Batista. Пациент был оперирован повторно, выполнено протезирование митрального клапана механическим протезом. Два пациента перенесли острый инфаркт миокарда через 10 и 15 месяцев после операции, соответственно. Причиной перенесенных ОИМ в обоих случаях явилось прогрессирование ИБС, атеросклероза коронарных артерий в отдаленном периоде.

По данным гистологического исследования операционного материала, синусы аорты в 30% имели неизменную гистоархитектонику. При этом синдромы дисплазии соединительной ткани в ней встречались чаще – в 38% случаев, и очень редко отмечались атеросклеротические изменения и дисконкомплексация мышечных волокон. Кистозный медианекроз был обнаружен в 27% случаев.

По результатам контрольной трансторакальной ЭхоКГ все показатели детальной оценки аортального клапана значительно варьировали у разных пациентов – от полного отсутствия данных за аортальную недостаточность до умеренной рецидивирующей АН (таблица 6).

Таблица 6 - Показатели детальной эхокардиографической оценки функции аортального клапана в отдаленном послеоперационном периоде

Показатель	Значение
Vena contracta, мм	2,4 (0,0; 6,0)
Rvol AP по PISA,мл	11,9; (0; 54)
Rvol AP по уравнению непрерывности потока MV SV-LVOT SV,мл	7,6; (0,0; 31)
EROA AP по PISA,см ²	0,076 (0,0; 0,5)
Фракция Регургитации по УНП, %	7,8 (0,0; 53)

Сокращения: Rvol – объем регургитации, AP – аортальная регургитация, EROA – площадь потока регургитации, УНП – уравнение непрерывности потока. В таблице отражена медиана, минимальное и максимальное значение параметров.

Степень аортальной недостаточности в отдаленном периоде колебалась в широком диапазоне: у 14 (28%) пациентов отмечалась незначительная АН (до 1 степени); у 9 (18%) больных отмечалась умеренная АН (до 2 степени); у 27 (54%) больных АН отсутствовала. Ни у одного больного аортальная недостаточность не превышала вторую степень.

Оценка проявлений хронической сердечной недостаточности (ХСН) в отдаленном периоде проводилась в ходе расспроса и физикального исследования в ходе визита пациентов в клинику НМИЦ им. В.А. Алмазова. Степень ХСН оценивалась по классификации New York Heart Association (NYHA). По результатам обследования 34 пациента (68%) не имели клинических проявлений ХСН, 10 пациентов (20%) имели проявления ХСН на уровне первого и 6 (12%) – на уровне второго функционального класса (ф.кл.). Прогрессирование явлений ХСН в сравнении с ранним послеоперационным периодом было диагностировано у пяти (10%) пациентов.

Оценка зависимости прогрессирования аортальной недостаточности в отдаленном периоде от анатомических, клинических и гистологических факторов.

Для оценки зависимости прогрессирования аортальной недостаточности в отдаленном послеоперационном периоде от различных факторов был использован метод логистической регрессии. В качестве факторов, оказывающих влияние на прогрессирование АН были отобраны все анатомические параметры корня аорты, вычисленные на основании анализа трехмерных реконструкций, а также клинические и гистологические параметры, перечисленные в главе 2.

Используя данные факторы была разработана модель прогноза рецидива аортальной недостаточности:

$$P = 1/(1+e^{-z}), (1)$$

где P – прогностический уровень риска возникновения рецидива АН;

e – основание натуральных логарифмов, e = 2,72;

z – коэффициент регрессии.

$$Z = -0,2 * L_{пкс} - 0,16 * P_{пкс} + 0,17 * D_{пкс} + 0,27 * C_{тс}, (2)$$

где $L_{пкс}$ – длина свободного края правой коронарной створки,

$P_{пкс}$ – доля площади некоронарной створки в общей площади аортального клапана,

$D_{пкс}$ – расстояние от центра дуги левого коронарного синуса Вальсальвы до центра зоны коаптации,

$C_{тс}$ – диаметр аорты на уровне синутубулярного соединения.

Коэффициент детерминации R^2 составил = 0.87 ($p < 0.01$), что говорит о высокой корреляции выбранных факторов и итоговой переменной. Все коэффициенты в модели статистически значимы. Модель может быть интерпретирована следующим образом: расширение синотубулярной зоны и области вершин комиссур аортального клапана, а также асимметричный характер расширения корня аорты, приводивший, с одной стороны, к увеличению размеров левого коронарного синуса и левой коронарной створки аортального клапана, а с другой – к относительному уменьшению площадей и длин свободных краев правой и некоронарной створок в сравнении с общей площадью аортального клапана – сопровождалось увеличением риска возникновения аортальной недостаточности в отдаленном периоде после клапансохраняющего протезирования аорты. Чувствительность разработанной модели составила 100% (11 верно предсказанных случаев прогрессирования АН из 11 фактических), специфичность – 91,3% (21 верно предсказанный случай отсутствия прогрессирования АН из 23 фактических). Разделяющее значение логистической функции P составило 0,5. При значениях вероятности P менее 0,5 прогнозировался низкий риск развития АН. При значениях P более 0,5 риск рецидива АН оценивался как высокий.

Оценка зависимости прогрессирования хронической сердечной недостаточности в отдаленном периоде от анатомических, клинических и гистологических факторов.

Для оценки вероятности прогрессирования ХСН в отдаленном послеоперационном периоде также был использован метод логистической регрессии. В качестве факторов, оказывающих влияние на прогрессирование ХСН, были использованы те же факторы, которые использовались для расчета зависимости прогрессирования АН.

Используя данные факторы была разработана модель прогноза прогрессии ХСН:

$$P = 1 / (1 + e^{-z}), (3)$$

где P – прогностический уровень риска прогрессирования ХСН;

e – основание натуральных логарифмов, $e = 2,72$;

z – коэффициент регрессии.

$$Z = 0,01 * K_{ДР} + 0,8 * ФВ(S) + 0,04 * L_{лкс} - 0,22 * D_{пкс} + 0,04 * C_{рДАД}, (4)$$

Где $K_{ДР}$ – конечно-диастолический размер ЛЖ,

$ФВ(S)$ – фракция выброса левого желудочка по Simpson,

$L_{лкс}$ – длина свободного края левой коронарной створки,

$D_{пкс}$ – расстояние от центра дуги некоронарного синуса Вальсальвы до центра зоны коаптации,

СрДАД – среднее «рабочее» диастолическое артериальное давление в послеоперационном периоде.

Коэффициент детерминации R^2 составил 0.853 ($p < 0.01$), что говорит о высокой корреляции выбранных факторов и итоговой переменной. Все коэффициенты в модели статистически значимы. Модель может быть интерпретирована следующим образом. Наибольшее влияние на увеличение риска прогрессирования ХСН в отдаленном периоде оказывало снижение сократительной способности (глобальной фракции выброса ЛЖ). Значимое влияние также оказывал повышенный уровень диастолического артериального давления и увеличение размеров (КДР) ЛЖ. Геометрические параметры корня аорты также играли важную роль в прогрессировании ХСН – увеличение длины свободного края левой коронарной створки и относительное уменьшение размеров правого синуса Вальсальвы приводило к риску прогрессирования ХСН за счет возникновения рецидивирующей аортальной недостаточности. Чувствительность разработанной модели составила 80% (4 верно предсказанных случаев прогрессирования АН из 5 фактических), специфичность – 100% (25 верно предсказанных случаев отсутствия прогрессирования АН из 25 фактических). Разделяющее значение логистической функции P составило 0,4. При значениях вероятности P менее 0,4 прогнозировался низкий риск развития АН. При значениях P более 0,4 риск рецидива АН оценивался как высокий.

Обсуждение результатов

В отдаленном периоде у большинства пациентов отсутствовали серьезные осложнения, способные значимо повлиять на качество жизни: отмечались лишь единичные случаи полной предсердно-желудочковой блокады (4%), рецидивирующей митральной недостаточности (2%) и острых инфарктов миокарда (4%). Летальность в отдаленном периоде составила 0%. Тем не менее, по данным контрольной эхокардиографической оценки, у 12 пациентов (24%) наблюдалось прогрессирование аортальной недостаточности на реимплантированном клапане, при этом у 9 пациентов (18%) аортальная недостаточность достигала 1-2 степени. Эти результаты в целом согласуются с результатами исследования группы под руководством Т.Е. David, в котором представлены результаты 20-летнего наблюдения трехсот пациентов после подобных вмешательств. Важно отметить, что в нашем исследовании не было обнаружено ни одного случая аортальной недостаточности более 2 степени, что также согласуется с результатами цитируемых авторов (не более 2% случаев тяжелой АН за 20-летний период наблюдения). Кроме того, как в нашем, так и в цитируемом исследовании отмечается небольшое количество случаев (10%) прогрессирования клинических проявлений сердечной недостаточности. Вероятно, это различие связано с не более чем умеренной АН у всех наблюдаемых больных, а также с корректным и своевременным подбором медикаментозной терапии сердечной недостаточности. Таким образом, результаты нашего наблюдения позволяют сделать вывод о хороших отдаленных результатах клапансохраняющего протезирования корня аорты по методке Т. David.

В рамках выполнения исследования был создан метод построения трехмерной реконструкции корня аорты высокого разрешения с возможностью выполнения измерений всех его структур с максимальной точностью. Это позволяет оптимизировать кардиохирургическую тактику на дооперационном этапе, безошибочно осуществить выбор диаметра клапанного протеза при протезировании АК, или протеза аорты для реимплантации нативного аортального клапана (операция David). Также возможно прогнозирование отдаленных результатов клапансохраняющих операций на основании анализа асимметрии корня аорты по данным измерений созданных реконструкций. В отличие от всех известных аналогов, использование в нашем способе сочетанного последовательного применения двух сред автоматизированного проектирования для обработки данных МСКТ восходящей аорты позволило создать значительно более точные

и детальные трехмерные реконструкции данной зоны, а также выделять из целостной модели отдельные структуры (например, каждую створку аортального клапана, фиброзное кольцо и синусы аорты). Метод позволяет измерять линейные и объемные параметры всех вышеуказанных структур (например, длины свободных краев створок АК, высоты комиссур АК, площади створок и синусов аорты) с точностью, значительно превышающей таковую у стандартных компьютерных томограмм, а также не требует использования дорогостоящих методов диагностики, таких как четырехмерная МСКТ-ангиография.

Анализ влияния различных анатомических и клинических факторов на прогрессирование аортальной недостаточности показал, что ведущую роль в прогрессировании АН после операции сыграло асимметричное расширение корня аорты при формировании аневризмы, до этапа оперативного лечения. У шести больных доля левой коронарной створки (ЛКС) в общей площади клапана составляла от 51% до 61%, при этом площадь НКС и ПКС была соответственно в 1,5-2 раза меньше. У двух больных наблюдалась схожая диспропорция с относительным увеличением правой коронарной створки и у одного – некоронарной створки. Соотношения площадей синусов аорты и расстояний между ними и центром зоны коаптации имели у этих пациентов схожие значения. При сопоставлении данных контрольной эхокардиографии в отдаленном периоде было обнаружено, что все пациенты с асимметричным расширением корня аорты имели рецидивы умеренной аортальной недостаточности после операции. Таким образом, попытка реимплантировать неравномерно расширенный клапанно-аортальный комплекс в симметричный протез восходящей аорты, очевидно, имеет большие риски развития рецидива АН в отдаленном периоде. Данное положение согласуется с работами ряда зарубежных авторов, исследовавших отдаленные результаты операции Девида (David 2019, Schafers et al. 2017, Kunihara et al. 2012). В нашем исследовании асимметричный характер расширения корня аорты заключался в увеличении левого коронарного синуса и левой коронарной створки аортального клапана при относительном уменьшении площадей и длин свободных краев правой и некоронарной створок в сравнении с общей площадью аортального клапана. В работах указанных авторов причиной прогрессирования аортальной недостаточности также служили неравномерно увеличенные створки и синусы аортального клапана, а также обусловленное этим изменение расстояний между комиссурами аортального клапана. Значительное уменьшение площади одной или нескольких створок аортального клапана в сравнении с соседней створкой также было названо предиктором рецидива аортальной недостаточности. Еще одним предиктором рецидива АН по результатам нашего исследования является значительное увеличение диаметра аорты на уровне синотубулярного соединения, что приводит к увеличению расстояния между вершинами комиссур аортального клапана, вызывает избыточное натяжение и нарушение коаптации свободных краев створок клапана. После реимплантации клапана в протез нарушение данных геометрических взаимоотношений устраняется, однако, вероятно, изменения створок вследствие длительно существовавшего натяжения их свободных краев приводят к рецидиву аортальной недостаточности в отдаленном периоде.

По данным проведенного многофакторного анализа, значимое влияние на прогрессирование хронической сердечной недостаточности оказало снижение сократительной способности ЛЖ, увеличение его конечно-диастолического размера, а также высокий уровень диастолического артериального давления в отдаленном периоде наблюдения. Геометрические параметры клапанно-аортального комплекса также являлись значимыми предикторами прогрессирования ХСН. Как и в случае с аортальной недостаточностью, больший риск имели пациенты с асимметричным расширением левых отделов корня аорты и относительным уменьшением размеров некоронарного синуса Вальсальвы. Прогрессирование сердечной недостаточности было зафиксировано лишь у 5 (10%) пациентов. Полученные данные свидетельствуют о том, что рецидивирующая

умеренная аортальная недостаточность приводит к значимому снижению сократительной способности миокарда и клиническим проявлениям прогрессирующей ХСН менее чем в 40% случаев. Асимметрия реимплантированного аортального клапана является причиной возникновения эксцентричной аортальной регургитации, которая, в свою очередь, способствует снижению сократительной способности миокарда, увеличению размеров сердца и прогрессированию ХСН. К счастью, такой сценарий встречался у наших пациентов нечасто. Дополнительным фактором, способствовавшим прогрессированию ХСН, являлся высокий средний уровень системного диастолического артериального давления. Повышенные гемодинамические нагрузки на реимплантированный аортальный клапан в диастолу способствуют нарушению его функции, особенно если диастолическое АД остается повышенным в течение длительного времени. В связи с этим, медикаментозный контроль уровня артериальной гипертензии представляется важнейшим аспектом ведения больных в отдаленном периоде после клапансохраняющей операции.

Расчет диаметра протеза корня аорты выполнялся с помощью описанной методики высокоточных трехмерных реконструкций, а также путем прямого измерения фиброзного кольца АК в ходе операции. В подавляющем большинстве случаев (94%) мы использовали протезы с аналогами синусов Вальсальвы (Gelweave Valsalva graft) диаметром 28 или 30 мм. В 48 случаях из 50 (96%) выбор диаметра протеза по данным обоих методов оценки совпадал. В двух случаях, по данным измерения трехмерной реконструкции предпочтительнее была имплантация протеза диаметром 28 мм, однако учитывая интраоперационные данные, было принято решение об имплантации протеза диаметром 30 мм. В отдаленном периоде у обоих пациентов отмечался рецидив аортальной регургитации, прогрессирующей от отсутствующей АН в раннем послеоперационном периоде до незначительной АН в отдаленном. Вероятно, преимущество измерения диаметра фиброзного кольца и корня аорты с помощью высокоточной реконструкции заключается в возможности измерения структур в строго определенный момент сердечного цикла. Это позволяет более точно оценить их размеры и конфигурацию, особенно при нарушении симметрии клапанно-аортального комплекса.

Важно отметить, что выполненное исследование, как и все опубликованные в настоящее время данные литературы на эту тему, включают небольшое число пациентов и относительно непродолжительный период наблюдения. Дальнейшие исследования с привлечением больших групп оперированных пациентов необходимы для подтверждения полученных выводов.

Выводы

1. Способ построения высокоточных трехмерных графических реконструкций корня аорты может быть использован в клинической практике для уточнения показаний, противопоказаний и ограничений к выполнению клапансохраняющего протезирования корня аорты по методике David I; а также для оценки факторов риска рецидива аортальной недостаточности в отдаленном периоде после выполнения операции David I.
2. Исходное расширение синотубулярной зоны в сочетании с асимметричным характером аневризматического расширения корня аорты сопровождается увеличением риска возникновения рецидива аортальной недостаточности в отдаленном периоде после клапансохраняющего протезирования корня аорты. Рецидивы незначительной и умеренной аортальной недостаточности после оперативного лечения могут иметь до 25% оперированных пациентов, однако прогрессирования аортальной недостаточности до выраженной не встречалось.
3. Методика выбора диаметра сосудистого протеза для реимплантации корня аорты с помощью измерения параметров трехмерных реконструкций не уступает по точности

интраоперационной оценке корня аорты, и может быть использована на дооперационном этапе.

4. Основным предиктором прогрессирования хронической сердечной недостаточности в отдаленном периоде является сочетание снижения сократительной способности левого желудочка, высокого уровня диастолического артериального давления и асимметричного характера расширения клапанно-аортального комплекса. Прогрессирование клинических проявлений хронической сердечной недостаточности после клапансохраняющих вмешательств встречается не более чем в 10% случаев.

Практические рекомендации

1. При планировании клапансохраняющего вмешательства у пациентов с аневризмой корня аорты, осложненной аортальной недостаточностью, рекомендована оценка геометрических параметров клапанно-аортального комплекса аорты с использованием данных высокоточных трехмерных реконструкций.

2. У пациентов с сочетанием исходного расширения синотубулярной зоны и асимметричного характера аневризматического расширения корня аорты рекомендуется рассмотреть целесообразность отказа от выполнения клапансохраняющего вмешательства в связи с высокими рисками рецидива аортальной недостаточности в отдаленном периоде.

3. При выборе размера сосудистого протеза для реимплантации корня аорты (операция David I) рекомендована оценка диаметра фиброзного кольца аортального клапана по данным трехмерной реконструкции на дооперационном этапе.

4. С целью профилактики прогрессирования аортальной и хронической сердечной недостаточности у пациентов с высоким риском рецидива аортальной недостаточности, в послеоперационном периоде рекомендован контроль уровня диастолического артериального давления, а также медикаментозная терапия сердечной недостаточности, нацеленная на сохранение сократительной способности левого желудочка.

Перспективы дальнейшей разработки темы

Наличие высокоточной 3D-реконструкции открывает дополнительные возможности в области оперативного лечения патологии корня аорты и аортального клапана: преимущества в выборе индивидуальной пациент-ориентированной тактики оперативного лечения, в выборе параметров имплантируемого операционного материала и/или устройства. С целью дальнейшего совершенствования хирургической тактики и улучшения результатов клапансохраняющих операций на корне аорты, целесообразно дальнейшее изучение факторов риска и предикторов возникновения рецидива аортальной недостаточности у более многочисленных групп пациентов. Кроме того, перспективным представляется дальнейшее наблюдение за пациентами, перенесшими клапансохраняющее протезирование корня аорты по методике David I с целью оценки функции реимплантированного аортального клапана на более поздних сроках после оперативного лечения.

Список работ, опубликованных по материалам диссертации

1. Гуршенков А.В., Дьяченко Я.А., Майстренко А.Д., Успенский В.Е., Ибрагимов А.Н., Филиппов А.А., Гордеев М.Л. Доступ к межжелудочковой перегородке с пересечением и восстановлением фиброзного кольца аортального клапана (экспериментальное исследование). // Сибирский журнал клинической и экспериментальной медицины. 2021;36(1):134-140.

2. Филиппов А.А., Щербинин Т.С., Гордеев М.Л. Динамика расширения корня аорты после протезирования двустворчатого аортального клапана и хирургической коррекции расширения восходящей аорты. Кардиология и сердечно-сосудистая хирургия. 2021;14(6):464–470.

3. Филиппов А.А., Грубенко Г.А., Щербинин Т.С., Гурщенков А.В., Кучеренко В.С., Гордеев М.Л. Измерение структур корня аорты на основании высокоточных трехмерных реконструкций. Кардиология и сердечно-сосудистая хирургия. 2022;15(2):167–171.

СПИСОК СОКРАЩЕНИЙ И УСЛОВНЫХ ОБОЗНАЧЕНИЙ

АК – аортальный клапан. АН – аортальная недостаточность. КДО – конечно-диастолический объем. КСО – конечно-систолический объем. КСР – конечно-систолический размер. ЛЖ – левый желудочек. МСКТ – мультиспиральная компьютерная томография. САП – среда автоматизированного проектирования. УО – ударный объем. ФВ – фракция выброса. ФК – фиброзное кольцо.