

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ  
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
КУБАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ МЕДИЦИНСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ  
МИНИСТЕРСТВА ЗДРАВООХРАНЕНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

*На правах рукописи*

**Ясакова Елена Петровна**

**ОПТИМИЗАЦИЯ МЕТОДА МУЛЬТИСПИРАЛЬНОЙ  
КОМПЬЮТЕРНОЙ ТОМОГРАФИИ В ДИАГНОСТИКЕ ПАТОЛОГИИ  
ВОСХОДЯЩЕГО ОТДЕЛА АОРТЫ**

14.01.13 – Лучевая диагностика и лучевая терапия

**ДИССЕРТАЦИЯ**

на соискание ученой степени кандидата медицинских наук

Научный руководитель:

доктор медицинский наук, профессор

Поморцев Алексей Викторович

Краснодар, 2020г.

## ОГЛАВЛЕНИЕ

Список сокращений и условных обозначений.....	5
Введение.....	7
Глава 1. Обзор литературы.....	15
1.1. Актуальность.....	15
1.2. Функциональная анатомия корня и восходящего отдела аорты.....	17
1.3. Патология восходящего отдела аорты и связь с изменением геометрии аортального клапана.....	23
1.4. Методы исследования восходящего отдела аорты и сопутствующей аортальной недостаточности.....	26
1.4.1. Рентгенография.....	26
1.4.2. Ангиография.....	27
1.4.3. Эхокардиография.....	28
1.4.4. Компьютерная томография.....	31
1.5. Хирургические вмешательства при патологии восходящего отдела аорты.....	34
1.5.1. МСКТ на дооперационном этапе.....	36
1.5.2. МСКТ после хирургических вмешательств на восходящем отделе аорты.....	42
1.6. Заключение.....	45
Глава 2. Материал и методы исследования.....	47
2.1. Общая характеристика пациентов.....	47
2.2. Методы обследования пациентов.....	53
2.2.1. Электрокардиографическое исследование.....	53
2.2.2. Рентгенография органов грудной клетки.....	54
2.2.3. Эхокардиографическое исследование.....	55
2.2.4. Компьютерная томография.....	59
2.2.5. Основные КТ-плоскости реконструкции при исследовании восходящего отдела аорты и аортального клапана.....	60

2.2.6. КТ – исследование после реконструктивных вмешательств на восходящем отделе аорты.....	65
2.3. Методы статистической обработки данных.....	66
Глава 3. Результаты исследования.....	68
3.1. Разработка и апробация применения МСКТ – протокола исследования корня аорты.....	68
3.2. Результаты применения МСКТ – протокола исследования корня аорты в предоперационном обследовании пациентов с аневризмами восходящего отдела аорты.....	72
3.3. Результат применения МСКТ – протокола исследования корня аорты в предоперационном обследовании пациентов с расслоением восходящего отдела аорты.....	83
3.4. Результаты применения алгоритма подбора необходимых параметров кондуита для реконструкций корня аорты, основанном на результатах МСКТ – исследования.....	90
3.5. МСКТ исследование корня аорты в оценке послеоперационного периода.....	101
Глава 4. Заключение. Обсуждение полученных результатов.....	103
Выводы.....	112
Практические рекомендации.....	113
Список литературы.....	114

## **СПИСОК СОКРАЩЕНИЙ И УСЛОВНЫХ ОБОЗНАЧЕНИЙ**

АГ – артериальная гипертензия

АО – аорта

АК – аортальный клапан

ВТЛЖ – выходной тракт левого желудочка

КТ – компьютерная томография

КГ - кардиография

МСКТ – мультиспиральная компьютерная томография

ИБС – ишемическая болезнь сердца

ИМТ – индекс массы тела

ИК – искусственное кровообращение

ИМ – ишемия миокарда

КДО – конечно-диастолический объём

КСО – конечно-систолический объём

ЛЖ – левый желудочек

ОНМК – острое нарушение мозгового кровообращения

ОСН – острая сердечная недостаточность

ПИМ – периперационный инфаркт миокарда

ПРАК – площадь регургитации аортального клапана

РА – расслоение аорты

СТГ – синотубулярный гребень

ТТЭХОКГ – трансторакальная эхокардиография

ФАК – функция аортального клапана

ФВ ЛЖ – фракция выброса левого желудочка

ФК – функциональный класс

ХОБЛ – хроническая обструктивная болезнь лёгких

ХСН – хроническая сердечная недостаточность

ЧПЭХО-КГ – чреспищеводная эхокардиография

ЭКГ – электрокардиография

ЭКК – экстракорпоральное кровообращение

ЭХОКС – эхокардиоскопия

NYHA – New York Heart Association

## ВВЕДЕНИЕ

Аневризма восходящего отдела аорты - заболевание, при минимально выраженных клинических проявлениях которого, существует высокая вероятность опасных, зачастую фатальных осложнений, основными из которых являются разрыв и/или расслоение аорты [Белов Ю.В., 2008]. При этом встречаемость аневризм грудного отдела аорты в популяции составляет 16,3 на 100 000 у мужчин и 9,1 на 100 000 у женщин [Cormack SM et al., 2012], а частота развития расслоения грудной аорты в мире в среднем - 3-8 случаев на 100000 населения в год [Howard D.P., 2013, Melvinsdottir H.I., 2016, Wang S-H., 2014]. Распространенность поражения аортального клапана (АК) в сочетании с дилатацией корня аорты в популяции велика, и уровень остается стабильно высоким [Белов Ю.В., Степанов А.Б., 2004]. В подавляющем большинстве случаев (две трети всех пациентов) патология восходящего отдела аорты сопровождается недостаточностью аортального клапана [Bavaria J.E., Carl L., Brindis R.D, et. all., 2018, Gil Marom, 2006].

За прошедшие несколько десятков лет подход к оперативному лечению патологии восходящего отдела и корня аорты существенно изменился: появились новые способы и модификации реконструктивной хирургии с сохранением нативного аортального клапана [Miller DC., 2007, Silva V.F]. С развитием новых видов реконструкции грудного отдела аорты, реимплантации аортального клапана, возрастает роль и значимость лучевых методов диагностики.

Хирургическое лечение пациентов с аневризмой и расслоением восходящего отдела аорты является сложной и до сих пор не до конца решённой проблемой современной сердечно-сосудистой хирургии. Реконструктивные вмешательства при расслоениях грудного отдела аорты относятся к категории наиболее сложно выполнимых и могут сопровождаться большой частотой периоперационных осложнений и высокой летальностью [Барбухатти К.О., 2016, Белов Ю.В., 2015, Бокерия Л.А., 2017]. Существует два основных подхода к оперативному лечению патологии восходящего отдела и корня аорты: протезирование с использованием клапаносодержащего кондуита и клапаносохраняющие, так называемые,

реконструктивные операции. В связи с высоким риском развития протезозависимых осложнений (необходимость пожизненного приёма антикоагулянтов, риск кровотечений, тромбоэмболий и инфекционного эндокардита) предпочтение отдаётся клапаносохраняющим операциям. При этом важным вопросом в клапаносохраняющей хирургии корня аорты является выбор сосудистого протеза нужного диаметра, осуществляемый на основании интраоперационных измерений высоты створки клапана, треугольника Генле [Белов Ю.В, Чернявский А.М, 2016, Болдырев С.Ю., 2012].

На сегодняшний день «золотым стандартом» в диагностике патологии восходящего отдела аорты является компьютерно-томографическая ангиография, в то время как методом выбора в функциональной оценке аортального клапана принято считать эхокардиографию [Белов Ю.В., Чарчян Э.Р., 2009, Erbel, 2014]. Ультразвуковой метод даёт представление о наличии или отсутствии регургитации, степени деформации створок и их кальциноза. Однако, при дилатированном корне аорты, а также в условиях расслоения, метод эхокардиографии, зачастую не может дать полную информацию о пространственном взаимоотношении комплекса «корень аорты - аортальный клапан» и для более полного анализа возникает необходимость проведения транспищеводной эхокардиографии, а при наличии диссекции аорты, особенно острой, такой возможности нет. В этих ситуациях значительно возрастает диагностическая роль мультиспиральной компьютерной томографии (МСКТ), как метода, позволяющего провести точный количественный и качественный анализ геометрии корня аорты, определить уровень расслоения относительно фиброзного кольца аортального клапана, глубину и высоту коаптации створок. Эти данные являются ключевыми в принятии решения о возможности выполнения клапаносохраняющей операции, что в итоге позволяет хирургу выбрать оптимальную хирургическую тактику [Hoang JK et al., 2009];

С увеличением потребности в точной предоперационной диагностике с ограничением времени для её получения, малоинвазивном контроле результатов хирургического лечения возрастает потребность в оптимизации протоколов

компьютерно-томографических исследований с использованием методик синхронизации, внедрением новых критериев оценки, построением трёхмерных реконструкций [Budovec JW, Foley DW, 2009].

Мультidetекторная компьютерная томография с ЭКГ-синхронизацией стала признанным методом оценки пациентов с подозрением на ИБС. Однако способность ее получать трехмерный объемный набор данных всего сердца, аорты и других сосудов, которые могут быть восстановлены в любой точке сердечного цикла, означает, что ее также можно использовать для оценки многочисленных некоронарных структур делает этот метод важным в комплексной визуализации не только сердца, но и его клапанов, а также корня аорты [Manghat N.E.,2008].

Последнее поколение МСКТ сканеров, с их высоким пространственным и временным разрешением, позволяет получать изображения во время одной короткой задержки дыхания с высоким уровнем анатомической детализации [Константинов Б.А.,2006]. КТ-сканеры с ЭКГ - синхронизацией позволяют улучшить качество исследования, за счёт исключения артефактов и обеспечивают точное изображение сердца, коронарных артерий и корня аорты [Ховрин В.В.,2012].

Таким образом, в связи с повышенным интересом хирургов в течение последних лет к реконструктивным операциям представляется целесообразным определить возможности МСКТ-диагностики пациентов с патологией восходящей аорты в оценке геометрии ее корня и состояния аортального клапана для выбора оптимального варианта оперативного лечения и оценки послеоперационных результатов.

### **Степень разработанности темы**

В последние два десятилетия стали появляться публикации, посвящённые использованию МСКТ с ЭКГ-синхронизацией для оценки патологии грудного отдела аорты с сопутствующей визуализацией аортального клапана [D.Fleischmann, D.C.Miller, 2007], что обусловлено не только появлением новых КТ-сканеров, но и развитием реконструктивной хирургии, появлением новых эндоваскулярных вмешательств [Gardner T.J., 2004]. Большое количество современных публикаций

посвящено сравнительному анализу результатов применения методов КТ и УЗИ у пациентов с наличием патологии аортального клапана [Gudrun M.,2008, Christopher J. Bennett, 2012, Edward T.D.,2014], в которых продемонстрировано, что метод КТ с применением ЭКГ-синхронизации обладает высокой точностью, чувствительностью и специфичностью в выявлении аортальной регургитации различной степени (99%, 95% и 100% соответственно) и сопоставим по эффективности с трансэзофагеальным ультразвуковым исследованием ( $p < 0.001$ ). Ряд работ описывает важность пред- и интраоперационной оценки структур восходящей аорты, аортального клапана для планирования клапаносохраняющих операций при диссекциях и аневризмах аорты с оптимальным восстановлением геометрии корня аорты [Чарчян Э.р., Белов Ю.В., 2016, Schafers, 2012]. При этом даже в доступной литературе ограничено количество исследований по использованию морфометрических параметров при выполнении МСКТ с ЭКГ-синхронизацией [Хубулава Г.Г,2018]. По этой причине не существует оптимизированного диагностического алгоритма при выполнении предоперационного КТ-исследования у пациентов с наличием диссекций и аневризм восходящего отдела аорты на дооперационном этапе.

**ЦЕЛЬ ИССЛЕДОВАНИЯ** – оптимизировать диагностический алгоритм использования рентгеновской компьютерной томографии в оценке корня аорты для обеспечения индивидуализации выбора и повышения результатов реконструктивных вмешательств.

#### **Задачи исследования:**

1. Изучить диагностические возможности МСКТ в оценке геометрии корня аорты в норме и при патологии, провести сравнительный анализ полученных данных с результатами ультразвукового метода.
2. Оптимизировать протокол МСКТ-исследования для проведения дооперационной оценки основных параметров корня аорты у пациентов с патологией восходящего отдела аорты.

3. На основании данных МСКТ разработать оптимальный алгоритм подбора параметров кондуита для реконструкции корня аорты у больных с патологией восходящего отдела аорты.

4. Оценить результаты реконструктивного хирургического лечения пациентов с патологией восходящего отдела аорты на основании оптимизированного послеоперационного МСКТ–протокола.

### **Объект исследования**

Пациенты с патологией восходящего отдела и корня аорты.

### **Предмет исследования**

Восходящий отдел, корень аорты, аортальный клапан

### **Научная новизна исследования**

Разработан и обоснован алгоритм выбора и моделирования сосудистых протезов при хирургической коррекции патологии корня аорты на основе МСКТ оценки количественных и качественных критериев восходящего отдела аорты.

Продемонстрирована существенная корреляция между результатами двух методов: МСКТ и УЗИ в оценке анатомии корня аорты, а также интраоперационными измерениями у пациентов с аневризмой и/или расслоением восходящей аорты, что делает возможным планирование хирургического лечения на основании данных МСКТ.

Предложены новые диагностические критерии (глубина, высота коаптации, площадь регургитации аортального клапана, площадь коаптации аортального клапана) оценки аортального клапана у пациентов с патологией восходящего отдела аорты на основании оптимизированного протокола компьютерной томографии.

Впервые дана сравнительная оценка диагностических возможностей КТ и УЗИ у пациентов после реконструктивных вмешательств на корне аорты, и продемонстрировано повышение эффективности результатов хирургического лечения больных с заболеваниями восходящего отдела аорты в ближайшем и отдалённом периодах при применении разработанного и внедрённого способа предоперационного моделирования кондуита, за счёт сокращения времени

вмешательства, уменьшения количества осложнений.

### **Теоретическая и практическая значимость работы**

Настоящее исследование дополняет и конкретизирует возможности МСКТ диагностики в выявлении особенностей анатомии корня аорты у пациентов с патологией восходящей аорты и сопутствующей недостаточностью аортального клапана.

Оптимизирован и научно обоснован МСКТ-протокол исследования с использованием измерений корня аорты и аортального клапана (глубина, высота коаптации, площадь регургитации и площадь коаптации аортального клапана), позволяющий сократить время диагностического поиска у пациентов с патологией восходящего отдела аорты.

Предложен «Способ подбора линейных сосудистых протезов при клапаносохраняющих операциях на восходящем отделе аорты» на основе МСКТ. Патент на изобретение № 2676666 от 09.01.2019.

Применение оптимизированного протокола МСКТ позволяет обеспечить своевременную качественную диагностику, сокращение сроков оперативного вмешательства (время ишемии миокарда и искусственного кровообращения уменьшаются в среднем на 10%) и, как следствие, уменьшение количества послеоперационных осложнений (в среднем на 15%) у больных с аневризмами и диссекциями восходящего отдела аорты, подвергающихся хирургическому лечению.

### **Методология и методы исследований**

Методологической особенностью работы является компьютерно-томографическое и ультразвуковое исследование пациентов с наличием патологии восходящего отдела, корня аорты. Все исследования выполнены на высоком методологическом уровне с использованием сертифицированного оборудования. Для анализа полученных результатов применялся статистический метод с использованием пакета прикладных статистических программ.

### **Положения, выносимые на защиту**

1. Применение оптимизированного протокола МСКТ обследования пациентов позволяет получить высокоинформативные изображения восходящего отдела и корня аорты, повысить эффективность диагностики, расширить возможности методов компьютерной томографии, с высокой корреляцией полученных данных, результатами традиционного ультразвукового исследования и интраоперационными измерениями.

2. Впервые используемые параметры МСКТ - оценки коаптации и регургитации демонстрируют степень и характер изменений аортального клапана, выявление которых позволяет определить требуемый тип оперативного вмешательства на дооперационном этапе и обеспечить объективную оценку эффективности реконструктивных вмешательств в послеоперационном периоде.

3. Разработанный алгоритм подбора параметров кондуита для реконструкции корня аорты у больных с патологией восходящего отдела аорты на дооперационном этапе позволяет расширить возможности хирургического лечения, сократить время, требуемое для подбора сосудистого протеза, снизить количество периоперационных осложнений.

### **Соответствие диссертации паспорту научной специальности**

Основные научные положения диссертации соответствуют п. 1. «Лучевая диагностика: диагностика патологических состояний различных органов и систем человека путем формирования и изучения изображений в различных физических полях (электромагнитных, корпускулярных, ультразвуковых и др.)» и п. 3. «Область применения: диагностика любых заболеваний; лечение в основном злокачественных онкологических заболеваний», паспорта специальности 14.01.13 «Лучевая диагностика, лучевая терапия».

### **Степень достоверности и апробация результатов исследования**

Достоверность результатов исследования, обоснованность выводов и практических рекомендаций базируется на достаточном количестве клинических наблюдений и использовании адекватных методов статистической обработки материала.

Проведение диссертационного исследования одобрено Этическим комитетом ФГБОУ ВО КубГМУ Минздрава России (Протокол №80 от 27.09.2019).

Апробация диссертации состоялась на расширенном заседании кафедры лучевой диагностики ФГБОУ ВО КубГМУ Минздрава России 23 января 2020 г., протокол № 4.

Результаты исследования представлены в виде устных докладов на международных и всероссийских научно-практических конференциях, и конгрессах: XVII Всероссийском съезде сердечно - сосудистых хирургов НЦССХ им. А. Н. Бакулева РАМН (г. Москва, 2011), Всероссийской конференции «Радиология 2011» (г. Москва, 2011), Европейских съездах лучевых диагностов (г. Амстердам, 2011, г. Лондон 2013, г. Вена 2019), Всероссийских конгрессах «Торакальная радиология» (г. Санкт-Петербург, 2012 г. Москва, 2018), «Кардиоторакальная радиология» (г. Москва, 2018, г. Санкт-Петербург 2019 гг.). Результаты диссертационного исследования отмечены особой заслугой Европейским обществом кардиорадиологов «ESCR 2013» (г. Лондон, Великобритания, 2013 г.), «ESCR 2012» (г. Барселона, Испания, 2012).

Практическая значимость результатов диссертационной работы подтверждается также внедрением их в практику работы отделения лучевой диагностики Клиники федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Кубанский государственный медицинский университет» Министерства здравоохранения Российской Федерации, рентгеновского отделения государственного бюджетного учреждения здравоохранения «Научно-исследовательский институт – Краевая клиническая больница №1 им. проф. Очаповского С.В.» Министерства здравоохранения Краснодарского края, отделения лучевой диагностики государственного бюджетного учреждения здравоохранения «Краевая клиническая больница №2» Министерства здравоохранения Краснодарского края.

### **Публикации**

По теме диссертации опубликовано 10 научных работ, в том числе 6 статей в научных рецензируемых изданиях, соответствующих критериям и перечню

рецензируемых научных изданий, рекомендованных ВАК РФ. По теме диссертации получен патент на изобретение: «Способ подбора линейных сосудистых протезов при клапаносохраняющих операциях на восходящем отделе аорты» № 2676666 от 09.01.2019.

### **Структура диссертации**

Диссертация изложена на 132 печатных страницах, состоит из введения, 4 глав, выводов, практических рекомендаций, списка литературы, который включает 178 источников, из них - 29 отечественных и 149 иностранных авторов. Диссертация иллюстрирована 21 рисунком, содержит 17 таблиц.

## Глава I.

### ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ

#### 1.1. Актуальность

Аневризмы грудного отдела аорты, ежегодная заболеваемость которыми составляет 10,4 на 100 000 населения [27], как правило, клинически бессимптомны, но являются потенциально опасным состоянием, поскольку им свойственно прогрессировать, осложняясь расслоением или разрывом. Понимание этиологии аневризм и диссекций грудной аорты быстро продвинулась с идентификацией гена FBN1 как причины синдрома Марфана в 1991 году [98] и открытия семейной предрасположенности к аневризмам в конце 1990-х годов. В то время как исследования показывают, что 20% людей с бессимптомными аневризмами имеют семейный анамнез [48] этот процент, является выражено заниженным по причине отсутствия рутинных исследований аорты (АО) у всех членов семей [1]. Диссекция является наиболее грозным осложнением аневризмы грудного отдела аорты, распространенность в популяции которого, по последним данным, составляет 6 случаев на 100000 населения [92], 9 случаев на 100000 среди женщин и 16,3 случая на 100000 среди мужчин [92].

Хирургическое лечение пациентов с аневризмой и расслоением восходящего отдела аорты является одной из не до конца решенных проблем современной сердечно - сосудистой хирургии. В оперативном вмешательстве по поводу аневризмы восходящего отдела аорты с аортальной недостаточностью нуждается подавляющее большинство больных, при этом до сих пор госпитальная летальность сохраняется на уровне 8-14% [30]. Еще сложнее ситуация с диссекциями аорты, где летальность в острый период заболевания без оказания хирургической помощи достигает 50% в первые двое суток от начала заболевания и 84% к концу первого месяца [58, 97,178]. Таким образом, высокая летальность, бесперспективность консервативной терапии требуют экстренного хирургического лечения при данной патологии.

В последние десятилетия оперативное лечение данных заболеваний значительно продвинулось в своем развитии. Появляются новые методики реконструкции грудного отдела аорты, аортального клапана. Возрастают требования к методам диагностики патологии АК и восходящей аорты. Реальная

клиническая практика диктует условия постановки диагноза в кратчайшие сроки, визуализации аорты на всем протяжении, всех структур ее корня, оценки геометрии и взаимоотношения комплекса «аортальный клапан - корень аорты» с минимальной инвазивностью. Всем этим требованиям отвечает метод мультисрезовой компьютерной томографии с ЭКГ – синхронизацией, играющий важную роль в диагностике патологии аорты, определении риска осложнений и выборе тактики лечения. Его преимущества перед другими способами визуализации заключаются в малом времени, необходимом для получения и обработки изображений, возможности получения полного набора 3D-параметров всей аорты, локализации места разрыва внутренней стенки аорты при диссекции, определении распространенности расслоения его на ветви и наличия осложнений [31,133,139].

Методом выбора для оценки АК долгое время является трансторакальная эхокардиография, позволяющая визуализировать клапан в разных проекциях, выявлять его стеноз и недостаточность. Однако, в ряде случаев, бывает затруднительно точно выявить все изменения при наличии выражено расширенных корня аорты, фиброзного кольца (ФК), наличия дефекта интимы, избыточно развитой подкожной жировой клетчатки у пациентов. Кроме того ультразвуковой метод ограничен в исследовании дистального отдела дуги и нисходящего сегмента аорты. Мультидетекторная КТ - это метод выбора при оценке аортального кольца, корня и восходящего отдела аорты [51,149], демонстрирующий превосходство над другими методами [102]. Высокое пространственное и временное разрешение МСКТ позволяет всестороннее визуализировать корень аорты, а возможность получения трехмерных многоплоскостных преобразований дает уникальные преимущества при исследовании АК, что приводит к получению максимально точных измерений [167]. Измерение структур АК в разные фазы сердечного цикла, диаметра аорты на разных уровнях помогает хирургам выбрать верную тактику хирургического лечения при аневризмах и расслоениях, подобрать графты соответствующих размеров, а также оценить эффективность выполненного вмешательства в ближайшем и отдаленном периодах.

## **1.2. Функциональная анатомия корня аорты и восходящего отдела аорты**

Грудной отдел аорты берет начало от левого желудочка на уровне третьего грудинно - реберного сочленения. Далее аорта направлена вверх, несколько правее уровня второго грудинно - реберного сочленения и изгибается косо влево и кзади, достигая нижнего края четвертого грудного позвонка. Впоследствии аорта проходит в заднем средостении по левому краю от пятого до двенадцатого позвонка, где на этом же уровне распространяется через отверстие в диафрагме, переходя в брюшной отдел. Принимая во внимание три разных направления в грудной полости, аорту подразделяют на три соответствующих части: восходящий отдел, дуга и нисходящий отдел. Каждый из сегментов включает отходящие от него ветви и имеет особое расположение по отношению к прилежащим структурам [82].

Восходящий отдел аорты находится в пределах фиброзного перикарда и состоит из нескольких сегментов: корня аорты и тубулярной части. Корень аорты берет начало от фиброзного кольца и заканчивается на уровне синотубулярного соединения, где переходит в тубулярную часть. Высота восходящей аорты составляет в среднем 5-7 см, ширина – 2,5-3 см.

Корень аорты обеспечивает коммуникацию сердца с системным кровообращением и представляет собой очень сложно организованную структуру. Каждый компонент корня АО, хотя и прост в своей морфологии, имеет оптимальную макроскопическую и микроскопическую структуру, а также анатомическую архитектонику [124], которая способствует нормальному функционированию корня АО в целом: прерывистое, однонаправленное направление больших объемов жидкости при сохранении ламинарного потока, минимального сопротивления с наименьшим напряжением для исключения повреждения ткани при различных гемодинамических условиях и потребностях [172]. Было продемонстрировано, что хорошо скоординированная динамическая

работа всех компонентов корня аорты важна для характеристик кровотока, коронарной перфузии и функции левого желудочка [43,44,49,166]. Именно понимание сложности, масштабов и превосходства структуры нативной аорты над любым искусственным протезом и привело к разработке «щадящей» хирургии, т.е. методов, которые сохраняют функциональное и анатомическое строение отдельных частей корня аорты [55, 87,122,159].

Корень аорты представляет собой сложную композицию, состоящую из отдельных структур: створок аортального клапана, мест их прикрепления, синусов Вальсальвы, межстворчатых треугольников, синотубулярного соединения и фиброзного кольца [36,152].

Три створки образуют аортальный клапан и обеспечивают его основной механизм герметизации. Анатомически створки клапана можно разделить на три части: свободный край с утолщенным краевым узелком (узелок Аранциуса), который формирует зону коаптации вместе с соседними створками клапана, «живот» (средняя часть) створки, базальные части створок или места их прикрепления. Створки аортального клапана образуют гемодинамическое соединение и физическую границу между левым желудочком и аортой. Все структуры, дистальные по отношению к гемодинамическому соединению, подвержены артериальному давлению, тогда как все проксимальные части зависят от желудочковой гемодинамики. Трехстворчатая конструкция представляет собой оптимальное решение для открытия клапана с низким сопротивлением [72]. Никакая другая конфигурация клапана не может обеспечить подобные характеристики, что наглядно было продемонстрировано в работах при использовании модели двустворчатого АК, при котором в зависимости от конфигурации всегда существует дисфункция клапана или определенная степень стеноза [152].

Для коррекции дисфункции и дислокации створок, ведущих, в первую очередь, к аортальной недостаточности было разработано несколько хирургических методик. Необходимые для обеспечения надлежащей работы клапана высота и размер створок определяются размером корня аорты [47,

117, 147]. Учет этих особенностей является основным фактором, определяющим долговечность восстановительных операций на аортальном клапане [33,109].

В области прикрепления к стенке корня аорты створки образуют толстую волокнистую структуру в форме короны, которую часто называют «фиброзным кольцом». Границы, разделяющие створки в местах крепления к аорте, называются комиссурами.

Три выпуклости стенки аорты представляют собой синусы. Две пазухи, дающие начало коронарным артериям, соответственно, называют левым и правым коронарными синусами, одна же пазуха без принадлежности к артериям носит название некоронарного синуса. Проксимально они ограничены местами прикрепления створок клапана, дистально - синотубулярным соединением. В их основу частично включены желудочковые мышечные волокна. Точная функция пазух Вальсальвы неясна. Существует доказательство того, что потоки крови, создаваемые в пазухах, приводят к снижению гемодинамического удара на створки аорты и поддерживают коронарный кровоток. Воссоздание анатомии синусов Вальсальвы при реконструктивной хирургии корня аорты приводит к восстановлению вихревых потоков и обеспечивает нормальное движение створок и сохранность аортального клапана [70, 114].

Под каждой комиссурой находится один из трех межстворчатых треугольников. Хотя гистологически они состоят из истонченной стенки аорты, гемодинамически они являются расширениями желудочкового тракта и достигают уровня синотубулярного соединения в области комиссур. Треугольник между правым и некоронарным синусом обращен к правому предсердию. Он является непрерывным проксимальным продолжением мембранозной перегородки, с находящимся в ней пучком Гиса. Под левым и некоронарным треугольником берет свое начало передняя створка митрального клапана.

Дистальная часть синусов совместно с восходящей аортой и комиссурами образуют трубчатую структуру, называемую «синотубулярное соединение», которая отделяет корень аорты от восходящей ее части [36,37,151]. В некоторых случаях дилатация синотубулярного соединения является причиной аортальной

недостаточности, и протезирование восходящей аорты по типу супракоронарного приводит к восстановлению нормальной работы клапана.

Хотя слово «кольцо» подразумевает циркулярную структуру, ни гистологическое строение, ни анатомическая граница фиброзного кольца аортального клапана не соответствуют этому описанию. Окружность, ограниченную местами прикрепления аортальных створок, трудно определить как кольцевое пространство, так как не существует реальной, анатомической или гистологической таковой единицы. Термин «вентрикуло-артериальное соединение», как определение «аортальное кольцо», довольно неоднозначен, поскольку «анатомическое вентрикуло-артериальное соединение» представляет собой соединение между миокардом левого желудочка и аортальной стенкой.

В гемодинамическом же понятии «вентрикуло-артериальное соединение» представлено вставкой створок в форме короны и определяет уровень разделения желудочковой и артериальной гемодинамики. Несмотря на отсутствие какой-либо анатомически или гистологически отчетливой структуры в виде кольца, популярность термина «кольцо», вероятно, связано с тем фактом, что это область наименьшего диаметра по пути тока крови между левым желудочком и аортой, и определяет требуемые положения и размеры протеза клапана. В дополнение, использование этого определения дает хорошее представление о применяемой оперативной технике, такой как супра- или интраанулярной, так как этот уровень измеряется с помощью эхокардиографии как «аортальное кольцо» и является областью, определяющей размер протеза, который должен быть имплантирован во время замены клапана аорты.

Успешная операция по реимплантации или замене аортального клапана направлена не только на исправление поврежденной части корня аорты, но и на восстановление внутри- и межкомпонентных отношений элементов корня АО до оптимальных размеров и соотношений. Геометрия и размеры аортального кольца являются основными факторами успеха и, что более важно, долговечности восстановленного корня аорты. В случаях с дилатированным аортальным кольцом его можно успешно редуцировать, используя внутренние или внешние кольца [112,113,135,148]. При выполнении операции по сохранению

клапана процедура David также уменьшает размер кольца до фиксированных размеров с превосходными долгосрочными результатами [67,68].

В 1994 году К. Kunzelman совместно с группой ученых подробно описал анатомию грудного отдела аорты и всех структур ее клапана [110]. Диаметр корня аорты на уровне середины синусов рассматривался как 100%, диаметр на уровне синусного гребня составлял 81% от этого размера, а диаметр нормального основания корня аорты равнялся 97% от первого показателя. Иными словами, диаметр синотубулярного гребня составляет приблизительно 85% от диаметра аортального кольца корня аорты [110]. Данные авторов подтверждают теорию Леонарда да Винчи о вихревых потоках, берущих начало от синотубулярного гребня, для оптимальной работы АК и всех структур корня аорты [155].

W. Stanford описал динамическую анатомию корня аорты для понимания механизма, который обеспечивает снижение повреждающего воздействия турбулентного потока крови на створки АК, что позволяет предотвратить их износ и нарушение структуры с постепенным развитием дисфункции клапана [37,49,59,153,165].

P. Dagum и E. Lansac совместно описали анатомию и функцию межстворочных треугольников, что было продолжено в трудах группы ученых во главе с R. Anderson, которые четко определили структуру аортального кольца, состоящего из оснований 3-х треугольников, с наличием линии прикрепления створок АК [59,112]. В зависимости от работы желудочка, основание корня аорты способно расширяться или возвращаться в исходное состояние. Проксимальный отдел корня аорты расширяется за счёт расхождения треугольников, дистальный отдел (синусы и синотубулярный гребень) максимально расширяются в конце систолы.

Важно, что этот точный динамический цикл расширения корня аорты, следует определенной хронологии, также влияя на позицию и степень расхождения оснований, по которым прикреплены створки клапана, как это впервые описал M. Thubricar [164,165]. Клапансохраняющие методики реконструкции корня аорты в той или иной степени изменяют динамическую геометрию корня аорты.

Основные структуры корня аорты в нормальном анатомическом варианте, взаимодействуя друг с другом, обеспечивают динамически скоординированное функционирование всего корня в целом. Это имеет значение для формирования ламинарного потока крови в тубулярном отделе, оптимальной коронарной перфузии, уменьшения травматизации створок АК [113,163, 165].

В 1991 году Американское общество сосудистых хирургов разработало таблицу (таблица 1.2.) с указанием нормального диаметра грудной аорты взрослого человека на основе измерений КТ и рентгенографии грудной клетки [95]. На «нормальный диаметр аорты» влияет ряд факторов, включая возраст пациента, пол и площадь его тела; место измерения аорты; метод измерения; надежность и тип используемых методов визуализации. Hannuksela и соавт. [95] отметили, что диаметр увеличивался на 0,12–0,29 мм / год на каждом уровне, измеренном с помощью КТ, у 41 мужчины и 36 женщин в возрасте от 18 до 82 лет. Диаметр аорты у мужчин был больше, чем у женщин, но разница с возрастом уменьшалась. Индекс массы тела также влияет на диаметр аорты на 0,27 мм (0,14–0,44 мм) на единицу индекса массы тела. Диаметр аорты постепенно сужается вниз каудальнее от пазух Вальсальвы.

Таблица 1.2. Нормальные параметры грудного отдела аорты на основании КТ и рентгенографии.

Грудной отдел аорты	Среднее значение, см	Метод оценки
Корень (женщины)	3.50 - 3,72	КТ
Корень (мужчины)	3,63 – 3,91	КТ
Восходящий отдел (мужчины, женщины)	2,86	Рентгенография
Средняя треть нисходящего отдела (женщины)	2,45 – 2,64	КТ
Средняя треть нисходящего отдела (мужчины)	2,39- 2,98	КТ

### 1.3. Патология восходящего отдела аорты и связь с изменением геометрии аортального клапана

Причинами развития аневризм восходящего отдела аорты являются: изменения аорты вследствие дегенерации, атеросклеротическое поражение, системные васкулиты (болезнь Такаясу, Кавасаки), заболевания соединительной ткани (синдром Марфана, Элерса-Данлоса), болезни аортального клапана (приобретенные и врожденные), инфекционные заболевания (инфекционный эндокардит), травма [15].

Механизм формирования аневризмы АО связан с увеличением нагрузки на ее стенку (энергия сдвига), ее повреждения и нарушения эластичности, что согласно закону Лапласа, приводит к формированию расширения [14]. По данным Белова Ю.В.[2] все аневризмы восходящего отдела аорты разделяются на: анулоаортальные, супраанулярные и суправульварные (супракомиссуральные) (рис.1.3).

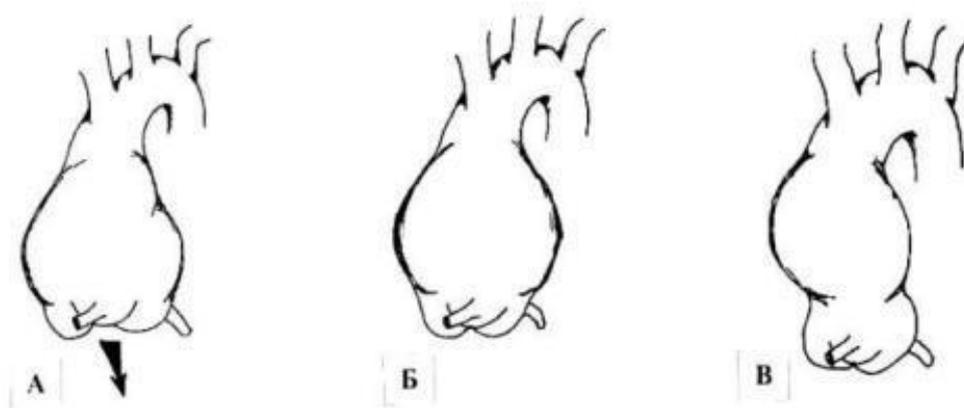


Рисунок.1.2. Классификация аневризм аорты по Белову Ю.В.

А – анулоаортальные, Б – супраанулярные, В – супракомиссуральные.

Расширение корня аорты является основным этио-патогенетическим фактором недостаточности аортального клапана, что составляет 37 - 54% среди причин его развития [15].

Развитие недостаточности АК связано с нарушением структуры створок, их морфологическими изменениями (рестрикция, перфорация), а также в результате

расширения фиброзного кольца или синотубулярного соединения при наличии интактных створок. При этом деформированные створки утрачивают способность адекватно смыкаться, в дальнейшем развивается недостаточность клапана с формированием струи регургитации [16]. В процессе развития аортальной недостаточности, структуры корня АО смещаются в радиальном направлении, нарушается коаптация АК [17].

Основной причиной острой недостаточности АК является диссекция аорты, развивающаяся в результате нарушения целостности стенки и формирования двух каналов: истинного и ложного. В большинстве случаев разрыв интимы является причиной расслоения стенки. В настоящее время используют две наиболее распространенных классификации диссекций аорты. Стэнфордская система классификации расслоений основана на необходимости хирургического вмешательства [61]. Диссекция типа А по Стэнфорду включает восходящий отдел грудной аорты, при этом разрыв интимы может распространяться на нисходящую аорту, составляет до 60–70% случаев [56,60] и обычно требует срочного хирургического вмешательства для предотвращения распространения на корень АО, перикард и коронарные артерии. При отсутствии лечения, процент смертности при этом типе составляет более 50% в течение двух суток [104]. Расслоение типа В характеризуется поражением нисходящего отдела грудной АО, дистальнее отхождения левой подключичной артерии, и составляет 30–40% случаев в популяции [60]. Лечение данного типа диссекции в большинстве случаев консервативное, включает медикаментозный контроль гипертонии, за исключением случаев, когда возникают осложнения из-за распространенности расслоения (например, развитие ишемии органов или персистирующая боль).

В клинической практике наиболее часто используется классификация диссекций аорты по De Bakey. I типу по De Bakey относят диссекции, начинающиеся в восходящем отделе аорты и распространяющиеся как минимум на дугу АО, иногда ниже, ко II типу - диссекции, которые начинаются и ограничиваются восходящим отделом аорты, и III тип включает диссекции на уровне нисходящего отдела АО, дистальнее левой подключичной артерии.

Боль в груди является наиболее частым симптомом острого расслоения аорты, ее резкое начало является наиболее типичной особенностью данной патологии. Боль может быть острой, разрывающей, рвущей и обычно отличающейся от других причин боли в груди; внезапность начала заболевания является наиболее специфической характеристикой [86]. До 80% случаев пациенты предъявляют жалобы на боль в области грудной клетки, за грудиной (чаще при расслоении типа А), в 40% и 25% - боль может локализоваться в спине и животе соответственно (у пациентов с расслоением типа В по Stanford) [107,168]. Мигрирующая боль наблюдается у 15% пациентов с острой диссекцией типа А и примерно у 20% пациентов с острым типом В [International Registry of Acute Aortic Dissection, 2014]. Осложнения со стороны сердечно-сосудистой системы являются наиболее частыми у пациентов с расслоением аорты. Острый разрыв аорты, аортальная регургитация является второй по частоте причиной смерти пациентов с расслоением [91].

Аортальная регургитация при расслоении аорты встречается у 40-50% пациентов и может быть обусловлена дилатацией ФК и/или корня аорты, повреждением кольца и/или створок АК, возможной дислокации створок, а также препятствием закрытию АК отслоенной интимой [119].

## **1.4. Методы исследования восходящего отдела аорты и сопутствующей аортальной недостаточности**

### **1.4.1 Рентгенография**

Аневризмы грудного отдела аорты могут часто выявляться на обычных рентгенограммах грудной клетки и характеризуются расширением тени средостения, дуги аорты или отклонением трахеи. Однако аневризмы небольших размеров и даже часть больших аневризм могут не вызывать каких-либо отклонений на рентгеновских снимках. С помощью рентгенограммы в передне-задней проекции можно заподозрить наличие аневризмы грудного отдела аорты по расширению тени средостения вправо (при аневризме восходящего отдела) или влево (при аневризме нисходящего отдела), реже - в обе стороны.

Расширение восходящей части АО выявляется и во второй косой проекции, причем можно определить уровень распространения аневризмы на дугу. Если тень расположена выше третьего ребра, это свидетельствует о распространенности аневризмы на дистальный отдел дуги. Двустороннее расширение тени средостения свидетельствует о диффузном поражении всех трех сегментов грудной части аорты [28].

Важным дифференциальным признаком на рентгенограммах является наличие участков обызвествления в проекции стенки аорты по контуру ее расширения, что может отличить дилатацию от злокачественных новообразований средостения [28]. Фактически, исходя только из наличия рентгенограммы, обычно невозможно различить, представляет ли увеличенный силуэт АО с наличием изгибов или имеется ее аневризма. Следовательно, если на рентгеновском снимке грудной клетки определяется увеличенный силуэт аорты, есть все показания для выполнения компьютерно-томографического исследования для определения ее точной анатомии [77].

Рентгенография грудной клетки может быть абсолютно нормальной в 10–40% случаев расслоений АО. В исследовании, проведенном Nagan et al. [91], расширение средостения отмечалось в 61,1% случаев диссекций аорты. Смещение участков кальцификации АО было зарегистрировано в 14,1%, изменение контура сердца в

25,8% [91]. Заметное увеличение размеров сердца, указывающее на выпот в перикарде или на наличие плеврального выпота, может быть свидетельством осложнений при расслоении аорты.

#### 1.4.2 Ангиография

До развития малоинвазивных методов диагностики: компьютерной томографии, трансторакального и трансэзофагеального ультразвукового исследования, рентгенхирургическая аортография являлась техникой выбора для выявления аневризм и диссекций АО [24]. Она позволяет подтвердить диагноз, локализовать места проксимальной и дистальной фенестраций, определить протяженность расслоения, выявить наличие регургитации АК, определить состояние висцеральных и брахиоцефальных сосудов.

Инвазивная катетерная аортография визуализирует просвет аорты, боковые ее ветви и коллатерали, позволяет получить информацию о форме и размере аорты, а также о любых ее аномалиях [75,76]. Однако данная методика не всегда дает информацию о соотношении истинного и ложного просветов аорты, их точных размеров, кроме того продвижение катетера в восходящую АО не всегда бывает возможным, по причине его попадания в ложный просвет через фенестрацию. В таких случаях возникает необходимость использования других доступов для установки катетера в истинном просвете [26]. Заподозрить наличие расслоения АО по данным ангиографии возможно по расширению и деформации ее контуров, наличию её двухконтурности.

В виду инвазивности данного метода, необходимости использованию больших доз контрастного препарата, уделяется значительно меньше внимания его использованию на сегодняшний день [24]. Это обусловлено также тем, что затруднена диагностика локального расслоения АО или расслоения с тромбозом ложного канала, так как расслоение небольшой протяженности не дает характерной ангиографической картины, а при тромбозе ложного канала кровотоков в нем отсутствует [26].

При аортографии сложно оценить истинные размеры аневризм аорты, особенно если в ней присутствуют тромботические массы [18,26]. После появления малоинвазивного метода рентгеновской компьютерной томографии с внутривенным контрастированием и возможностью ЭКГ-синхронизации, обладающим большей чувствительностью и специфичностью при аневризме и расслоении АО, ангиография в течение последних 10 лет стала применяться только с целью оценки патологии коронарных артерий [24,26].

### 1.4.3 Эхокардиография

Трансторакальная эхокардиография (ТТЭХО-КГ) позволяет отчетливо визуализировать корень аорты и, таким образом, в качестве метода скрининга используется для оценки пациентов с патологией АО. Тем не менее, она не всегда хорошо визуализирует среднюю или дистальную часть восходящей аорты, однако, несет мало информации в оценке нисходящего отдела, поэтому не рекомендуется в качестве единственного метода выявления патологии грудного отдела АО[77].

Несмотря на свою ограниченность в оценке всей аорты, ТТЭХО-КГ является наиболее часто используемым методом измерения восходящего отдела и корня АО, оценки АК в клинической практике. Основными осями для визуализации АО при ТТЭХО-КГ являются: парастернальная продольная ось (для оценки корня), супрастернальная проекция (для анализа дуги аорты), короткая ось кзади от левого предсердия и длинной ось в 4-х камерном виде – для нисходящей аорты [95]. ТТЭХО-КГ позволяет производить измерения диаметра аорты на всех доступных сегментах, выявлять и определять степень аортальной регургитации [78]. При адекватном качестве исследования при ТТЭХО-КГ возможно выявление аневризм дуги, кальцинированных бляшек, тромбов и расслоения.

Эхокардиография – это современный «золотой» стандарт в оценке состояния камер и клапанов сердца [116]. Метод является легко доступным и позволяет также оценить скорость потока крови через клапанные структуры. Для оценки их используют три основные методики: режим движения (М-режим), двумерный режим и режим Допплера. Однако в двухмерном режиме требуется несколько ракурсов [76].

Зависимость данного метода от оператора, акустические окна слабого разрешения и не всегда оптимальные параметры тела пациента могут приводить к ухудшению качества изображений, хотя развитие трансэзофагеального ультразвукового метода значительно расширило диагностический потенциал ультразвукового исследования сердца. Трехмерные (3D) изображения сердца в реальном времени могут дать много новой и полезной информации об анатомии сердца (табл. 1.4.3).

Таблица 1.4.3. Нормальные параметры сердца по данным ТТЭХО-КГ (М-режим).

Оцениваемые параметры	Нормальные значения
конечный диастолический размер (КДР) левого желудочка	3,5 -5,6 см
конечный систолический размер (КСР) левого желудочка	1,9-4,0 см
конечный диастолический размер (КДР) правого желудочка	0,7 – 2,6 см
стенка ЛЖ по толщине в расслаблении (диастоле)	0,7 – 1,1 см
выброс крови при сокращении (ФВ)	62-85%;
толщина межжелудочковой перегородки	0,7-1,2 см
внутренний диаметр корня аорты	2,0-3,7
открытие аортального клапана	1,6-2,6 см

Выполнение ТТЭХО-КГ затруднено при наличии избыточного веса пациента, аномалий грудной клетки, эмфиземы легких, и у больных на аппарате искусственной вентиляции легких [90]. Все эти недостатки трансторакального исследования могут быть преодолены с помощью транспищеводного способа выполнения [75,76,158]. При этом, используя цветовой, или CW-доплеровское исследование могут быть выявлены участки разрыва внутренней стенки АО, места сообщения между

истинным и ложным каналами при ее диссекции, тромбы в камерах сердца, ретроградный и антеградный кровоток [90]. Ретроградное расслоение аорты выявляется на основании отсутствия, сниженного или реверсированного кровотока в ЛП [158]. Чувствительность ТТЭХО-КГ при выявлении аневризм АО достигает до 99%, специфичность до 89% [158]. Положительные и отрицательные прогностические значения составляют 89 и 99% соответственно на основании хирургических данных и/или результатов аутопсий, которые были подтверждены независимо друг от друга [125].

При включении в анализ, проведенным Suzuki T. В 2009 г, пациентов, которые были прооперированы или погибли, чувствительность трансэзофагеальной эхокардиографии составила только 89%, а специфичность — 88%, с положительными и отрицательными прогностическими значениями 97 и 93% соответственно [158].

Чреспищеводная эхокардиография (ЧПЭХО-КГ) позволяет более детально оценить грудную аорту, по сравнению с ТТЭХО-КГ, но учитывая ее полуинвазивный характер, не признана методом скрининга для пациентов с аневризмами грудного отдела [78]. 3D транспищеводное УЗИ - исследование в режиме реального времени обладает некоторыми преимуществами по сравнению с двумерной ТТЭХО-КГ, позволяет более подробно оценить функцию аортального клапана, однако не используется в широкой клинической практике [76].

ЧПЭХО-КГ - исследование, которое может помочь выявить участок разрыва внутренней стенки восходящей аорты при ее расслоении. В диагностике этого патологического состояния чувствительность и специфичность данного метода составляет 59–83% и 63–93% соответственно. Чувствительность трансэзофагеальной эхокардиографии составляет от 78% до 100% для диагностики расслоения типа А, но только 31–55% для расслоений с вовлечением нисходящей аорты [112,158]. Дистальная часть восходящей аорты и ветви дуги аорты не могут быть адекватно оценены с помощью ЧПЭХО-КГ [142], так как одной из проблем является потенциально «слепая зона» из-за положения трахеи между пищеводом и восходящей аортой [68,158]. У пациентов с наличием диссекции АО могут быть

диагностированы вторичные признаки ее расслоения, такие как дилатация корня аорты, регургитация аортального клапана, выпот в перикарде или локальное anomальное движение стенки [121]. ЧПЭХО-КГ может проводиться в отделении неотложной помощи у постели нестабильных пациентов, что помогает предотвратить задержки в точной диагностике и лечении. Однако в некоторых центрах применение ЧПЭХО-КГ ограничено в виду отсутствия доступности и опыта.

#### 1.4.4 Компьютерная томография

Последние десятилетия компьютерная томография стала основным неинвазивным методом исследования анатомии и патологии сосудистого русла. Качество и скорость диагностики резко возросло по мере развития технологии, от момента появления односпирального до выхода в свет мультиспиральных (16-,40-64-,128-,264 - срезовых) КТ-томографов. КТ является наиболее часто используемым методом диагностики патологии аорты, за которым следуют транспищеводная эхокардиография, магнитно-резонансная томография и аортография [119].

Современная КТ-ангиография заменила диагностическую ангиографию для оценки заболеваний грудной аорты. Изначально, КТ с использованием ЭКГ – синхронизации (рис.1.4.4) была разработана для оценки коронарных артерий, в дальнейшем были выявлены ее значительные преимущества для визуализации грудной отдела и корня аорты [56,81].

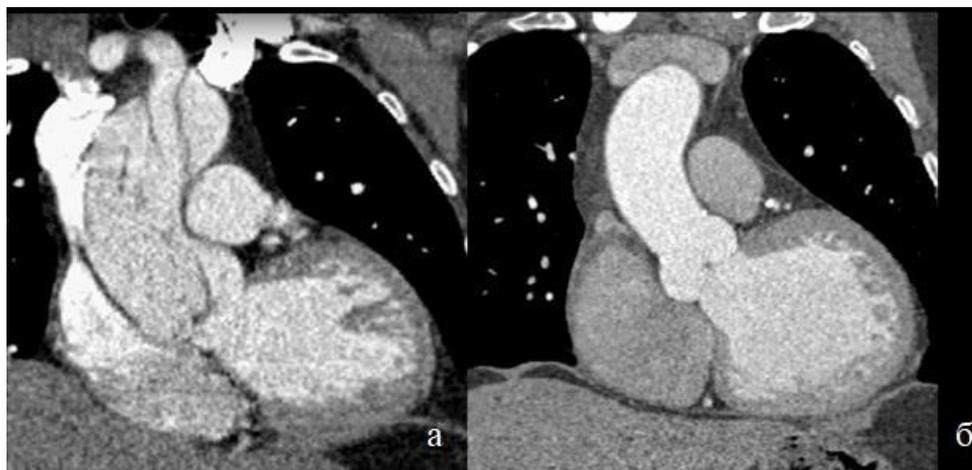


Рисунок 1.4.4. КТ-изображения восходящего отдела аорты без (а) и с использованием (б) ЭКГ – синхронизации.

Подключение датчиков ЭКГ при сканировании грудной клетки практически устраняет артефакты от сердечной пульсации и, соответственно, расширяет клиническую пользу КТА [81]. Кроме того, ЭКГ - синхронизация позволяет получать изображения в кино-режим, 4D - изображения.

КТ-томографы с большим количеством детекторов (64 и более) являются предпочтительным из-за их высокого пространственного и временного разрешения, по сравнению с устройствами более низкого класса, с меньшим их набором [1,4,80,93]. Использование КТ с подключением датчиков ЭКГ позволяет визуализировать коронарные артерии перед выполнением транскатетерного или открытого хирургического вмешательства. МСКТ с контрастным усилением помогает выявить и оценить протяженность поражения любого сегмента аорты, измерить ее диаметр на разных уровнях, при этом чувствительность и специфичность метода приближаются к 100% [170]. Кроме того, достоинствами КТ-ангиографии является диагностика различных осложнений при диссекции АО, выявление нарушений перфузии паренхиматозных органов, точная локализация разрыва сосуда по месту экстравазации контрастного препарата. Расширение поля сканирования с захватом сосудов нижних конечностей, ветвей дуги аорты помогает в планировании хирургических или эндоваскулярных лечебных процедур.

Изображения, лишенные артефактов, позволяют идентифицировать место разрывов интимы, расположение лоскута аорты, которое может распространяться на корень аорты и коронарные артерии. Другим следствием использования все более мощного оборудования КТ для оценки острых заболеваний аорты является способность видеть более тонкие аномалии и варианты расслоений аорты, а также их эволюцию во времени, что в конечном итоге может расширить наше понимание этих нарушений.

Принимая во внимание все достоинства МСКТ, его высокую чувствительность и специфичность (100% и 98% соответственно) в выявлении расслоения аорты, можно считать его предпочтительным методом первичной визуализации [22,23].

К недостаткам же КТ-ангиографии относится использование ионизирующего излучения, потребность в введении препарата с содержанием йода, возможные аллергические реакции на его применение, ограничение метода у пациентов с нарушением функции почек. Однако, в силу того, что метод является высокоразрешающим и неинвазивным, в диагностике патологии АО предпочтение отдается ему, нежели использованию ангиографии.

## **1.5. Хирургические вмешательства при патологии восходящего отдела аорты**

Базовое понимание вариантов и методов хирургического лечения необходимо для интерпретации диагностических изображений, планирования лечения и особенно для послеоперационного наблюдения. Основным критерием при определении показаний для хирургической коррекции аневризм аорты является диаметр аневризмы, так как этот показатель тесно коррелирует с риском развития расслоения или разрыва аорты [17].

Хирургический доступ к восходящему отделу и корню аорты осуществляется путем срединной стернотомии. Хотя для замены трубчатой части восходящей аорты часто бывает достаточно одного трансплантата, замена или реконструкция корня аорты значительно сложнее, поскольку вовлекает аортальный клапан и коронарные артерии. За прошедшие годы были разработаны специальные методики с использованием различных трансплантатов / тканевых материалов, сложных клапанных трансплантатов и их вариантов, клапаносохраняющих процедур, применение легочного ауто трансплантата (процедура Росса), клапанные биопротезы. Реконструкция корня АО обычно требует одновременной замены частей или всей восходящей аорты и может потребовать частичной (полудуга) или полной замены поперечной аорты. Хирургическая реконструкция дуги аорты особенно сложна, поскольку для реконструкции ветвей дуги требуется наложение циркуляторного ареста и антеградной церебральной перфузии для защиты головного мозга.

Исторически сложилось так, что традиционный хирургический метод реконструкции корня АО состоит из одного графта, который содержит механический клапан - так называемый композитный клапанный трансплантат [144], впервые примененный в 1968 году Хью Бенталлом и Энтони де Боно. В этой операции устья коронарных артерий повторно имплантируются в трансплантат. Одной из все более популярных альтернатив операции Бенталл де Боно, позволяющей избежать постоянного приема антикоагулянтов, является клапаносохраняющая методика. Основная идея ее состоит в том, чтобы заменить корень аорты, сохраняя собственный клапан пациента, при этом опять же, коронарные устья нуждаются в

повторной имплантации. В связи с высоким риском развития протезозависимых осложнений (необходимость пожизненного приема антикоагулянтов, риск кровотечений, тромбоэмболий и инфекционного эндокардита) предпочтение отдается клапаносохраняющим операциям [5,63].

Различные методы клапаносохраняющей реконструкции корня аорты можно разделить на две большие группы [121]: 1- процедура ремоделирования Yasoub, при которой зубчатый трансплантат пришивается к сохраненным частям синуса [142], и 2 - процедура реимплантации Tirone David, при которой проксимальный анастомоз трансплантата закрепляется на уровне вентрикуло-аортального соединения, ниже уровня створок, а затем комиссуры клапана подшиваются внутрь трансплантата [144, 166]. Модифицированный метод дает хирургу неограниченную гибкость для индивидуализации размеров и восстановления трехмерной геометрии корня в соответствии с анатомией пациента с формированием «нео-синусов» в сосудистом трансплантате, которые имитируют синусы Вальсальва.

Одним из наиболее важных вопросов реконструктивной хирургии корня АО является выбор протеза нужного диаметра. При этом необходимо отметить, неправильный выбор диаметра влечет за собой развитие резидуальной аортальной регургитации. Для расчета параметров требуемого протеза К. Morishita предложил использовать следующую формулу:  $d = 2/\sqrt{3} \times id$ , где  $d$  – необходимый диаметр протеза,  $id$  – расстояние между вершинами комиссур [126]. Но расстояние между комиссурами не имеет принципиального значения, так как могут быть легко скорректированы в процессе реимплантации [126]. В этом состоит минус данного метода расчета.

Наиболее близким аналогом изобретения является вычисление нормы диаметра аорты на уровне синусов Вальсальвы, согласно рекомендациям Европейского общества эхокардиографии 2010 года. За основу расчета в этой методике положена площадь поверхности тела каждого конкретного пациента [36,37]. Максимально допустимый диаметр аорты на уровне синусов Вальсальвы =  $20 \text{ (мм)} \times \text{ППТ (м}^2\text{)}$ . Расчет площади поверхности тела (ППТ) выполняют по формуле Дюбуа:  $\text{ППТ(м}^2\text{)} = 0,007184 \times \text{вес (кг)}^{0,425} \times \text{рост (см)}^{0,725}$  [78,154]. Данный

способ позволяет рассчитать только один размер корня аорты, что является необъективным.

### 1.5.1 МСКТ на дооперационном этапе

Использование метода компьютерной томографии в диагностике патологии аорты за последние 10 лет позволило, с одной стороны, расширить информативность получаемых данных, с другой стороны, радикально уменьшить количество инвазивных методов диагностики, необходимых для принятия решения об объеме хирургического вмешательства [64,138]. Дооперационная визуализация с точным измерением аортального кольца и диаметра синотубулярного соединения, высоты створок помогают хирургу индивидуально подобрать размер протеза, смоделировать проксимальный его конец для создания необходимого диаметра аортального кольца. По данным мультиспиральной компьютерной томографии также возможно определить подходящий диаметр и высоту нео-синусов протеза, а также размеры второго протеза выше нео-синотубулярного соединения.

D. Fleischmann и D. Miller [81] для предоперационной КТ-оценки состояния аорты, аортального клапана, коронарных артерий и окружающих анатомических структур предлагают оценку следующих параметров:

- Тип и размер аневризмы (например, аневризма корня аорты ± ануло-аортальная эктазия; ± вовлеченность восходящей аорты).
- Измерение диаметров кольца аортального клапана, синусов Вальсальвы, синотубулярного соединения, восходящей части, дуги и нисходящей части аорты.
- Аортальный клапан: нормальный или патологически измененный; трехстворчатый или двустворчатый. Если двустворчатый, то необходимо описать морфологию (один или два синуса Вальсальвы; состояние створок – неизменные, наличие спаек); толщина створок, нормальное/патологическое движение, стеноз или недостаточность (центральный дефект коаптации), или пролапс клапана (асимметричный дефект коаптации).
- Анатомия коронарных артерий. Необходимо отметить: наличие/отсутствие стенозов коронарных артерий.

МСКТ позволяет провести точный количественный и качественный анализ геометрии корня аорты, определить уровень расслоения аорты при диссекции относительно фиброзного кольца АК, глубину коаптации створок и их размеры. Эти данные являются ключевыми в принятии решения о возможности клапаносохраняющей операции, что в итоге позволит хирургу выбрать оптимальную хирургическую тактику лечения – сохранять клапан аорты или его протезировать.

S. Ozaki совместно с коллегами разработали уникальный сайзер (**The Ozaki AVNeo™ Sizer System**), который позволяет формировать нео-створки из аутоперикарда (<https://avneo.net/en/ozaki-vrecs>). С его помощью измеряют расстояния между треугольниками Генле, затем переносят шаблон на участок ткани перикарда, после чего вырезают «створки» по линии разметки. Коаптацию нео-створок клапана визуализируют интраоперационно с помощью гидропробы [130].

Восстановление глубины коаптации после операции является свидетельством адекватного восстановления геометрии корня. Другим не менее важным показателем для принятия решения о сохранении клапана является высота треугольника Henle (рис. 1.5.1.), сохранение его формы позволяет обеспечить нормальное функционирование створок и избежать осложнений [78]. Высоту треугольника Henle можно определить с помощью МСКТ с ЭКГ-синхронизацией в косо коронарной проекции [48].

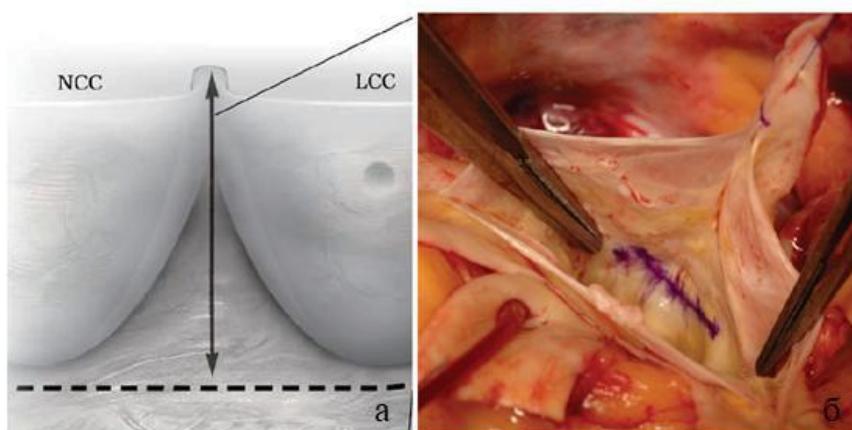


Рисунок 1.5.1. Межстворчатый треугольник Генле, схема (а) и гистологический препарат (б). Высота треугольника Генле (стрелка). NCC – некоронарная створка, LCC – левая коронарная створка.

G. Feuchtner и соавторы в своем исследовании по оценке клапана аорты с помощью МСКТ с ЭКГ - синхронизацией сделали выводы о том, что метод является точным и неинвазивным способом определения умеренной и тяжелой аортальной регургитации (класс  $\geq 1,5+$ ). Однако, клапаны со значительным кальцинозом и легкой степенью регургитации (класс  $\leq 1+$ ) искажают результаты. Авторы проспективно обследовали 71-го больного с помощью 16-срезовой МСКТ ЭКГ-синхронизированной в среднюю фазу диастолы. Видимая центральная зона несмыкания рассматривалась как диагностический критерий аортальной регургитации. Центральная площадь регургитации клапана была оценена количественно у пациентов после ТТЭХО-КГ. После чего авторы сравнили 16-МСКТ с ТТЭХО-КГ по принятому диагностическому стандарту, основанном на анализе струи регургитации (степень 0-3+ для легкой, умеренной и тяжелой). Общая чувствительность 16-МСКТ для идентификации пациентов с аортальной регургитацией составила 81%. Специфичность - 91%, отрицательное прогностическое значение - 70%, а положительное прогностическое - 95%. Из 71 пациента 48 имели регургитацию, которая была определена по ТТЭХО-КГ, а с помощью 16-МСКТ аортальная регургитация была зарегистрирована у 39 пациентов из 48. Чувствительность 16-МСКТ при обнаружении умеренной и тяжелой регургитации (класс  $\geq 1,5+$ ) составил 95%, а специфичность - 96% (20 из пациента). Чувствительность 16-МСКТ для идентификации пациентов с классом 1+ составил 70%, а специфичность - 92% (19 из 27 пациентов). На основании этого авторами сделаны выводы о том, что 16-МСКТ является точным и неинвазивным методом для определения умеренной и тяжелой аортальной регургитации (класс  $\geq 1,5+$ ). Однако, клапаны с выраженным кальцинозом и умеренной аортальной регургитацией ограничивают оценку результатов [79,80].

Исследования показывают чувствительность до 100% и специфичность 98%-99% у 64-срезовых МСКТ сканеров [123].

В работе G. Feuchtner (2008 г.) 81 пациент были обследованы с применением 64-х срезовой МСКТ с ЭКГ-синхронизацией [79,80]. У 45 больных была

регургитация аортального клапана по ЭХО-КГ. Диагностическая точность МСКТ при выявлении регургитации аортального клапана была следующей: чувствительность 73% (33/45), специфичность 97% (35/36), положительное прогностическое значение из 97% (33/34) и отрицательное прогностическое значение 74% (35/47). Все 12 ложноотрицательных результатов МСКТ являлись регургитацией лёгкой степени по данным ЭХО-КГ или были вызваны грубым кальцинозом клапана (в среднем,  $3053,1 \pm 1700$  единиц Агатстона), двухстворчатым клапаном или их сочетанием.

Таблица 1.5.1.1. Тяжесть аортальной регургитации по данным трансторакальной эхокардиографии и центральная площадь регургитации аортального клапана (ARA) по МСКТ [101].

Степень регургитации по данным ТТЭ	Количество пациентов, % от общего количества	Центральная площадь регургитации (см <sup>2</sup> )	
		Среднее $\pm$ SD	Диапазон
Легкая	24 (53)	0.04 $\pm$ 0.05	0.02–0.09
Умеренная	14 (31)	0.37 $\pm$ 0.64	0.09–0.92
Тяжелая	7 (16)	0.81 $\pm$ 0.13	0.16–1.31

Чувствительность, специфичность, положительное прогностическое значение и отрицательное прогностическое значение при МСКТ в случаях выявления умеренной и тяжёлой аортальной клапанной регургитации составили 95%, 100%, 100% и 98% соответственно. Количественно значение площади аортальной регургитации, оценённое с помощью МСКТ (средняя,  $0,25 \pm 0,34 \text{ см}^2$ ), достоверно коррелировало с тяжестью регургитации аортального клапана, определяемой с помощью ЭХО-КГ ( $p < 0,001$ ) (табл. 1.5.1.1).

Интерес представляет работа I. Zeb и соавторов (2010 г.) по изучению диагностических возможностей 64-х срезовой МСКТ на 384 включенных в исследование симптомных пациентах, подлежащих оценке состояния коронарного русла. Аортальный клапан оценивался в поперечном сечении аорты в 75%-ной фазе сердечного цикла. Средняя площадь центральной зоны коаптации аортального клапана ( $\text{мм}^2$ ) у пациентов с аортальной регургитацией составила  $10,53 \pm 0,26$ , а у пациентов без регургитации -  $4,90 \pm 0,17$ . Авторами была выявлена корреляция между центральной площадью коаптации и центральной площадью регургитации с использованием корреляции Бланда-Альтмана. При этом с увеличением площади регургитации уменьшалась центральная площадь коаптации АК ( $R = 0,80$ ,  $P = < 0,001$ ). Средняя величина кальциноза клапана составила  $8,49 \pm 64,45 \text{ AU}$  [175].

В другой работе I. Zeb и коллеги (2010 г.) определили диагностическую точность 64-х срезовой МСКТ при обнаружении аортальной регургитации на проспективно выполненной ТТЭХО-КГ в качестве эталонного стандарта. Были выполнены МСКТ и ТТЭХО-КГ 43-м пациентам. Максимальная площадь регургитации была измерена и сравнена с данными, полученными при ТТЭХО-КГ (см. табл. 1.5.1.2).

У 29 пациентов с аортальной регургитацией по данным трансторакального ультразвукового метода была правильно определена регургитация при МСКТ. Чувствительность, специфичность, положительное прогностическое значение и отрицательное прогностическое значение данных МСКТ составили 100%, 85,7%, 93,5% и 100% соответственно. Было установлено, что у 16, 9 и 4 пациентов выявлены легкая, умеренная и тяжелая степени регургитации по данным ТТЭХО-КГ, соответственно. А площади регургитации, полученных на основе МСКТ, составили

3,25 ± 1,04 мм<sup>2</sup>, 4,16 ± 1,19 мм<sup>2</sup> и 11,30 ± 6,13 мм<sup>2</sup>, соответственно. Данные МСКТ с ЭКГ-синхронизацией, выявленные при оценке коронарных артерий, могут быть использованы для обнаружения аортальной регургитации с высокой точностью диагностики без дополнительного сканирования или нагрузки и сопоставимы с ТТЭХО-КГ [176].

Таблица 1.5.1.2. Соотношение тяжести аортальной регургитации по данным ЭХО-КГ с площадью аортальной регургитации по МСКТ [175].

Тяжесть по ЭХО-КГ и МСКТ	Диапазон (мм <sup>2</sup> )	Стандартное отклонение	95% доверительный интервал		
Легкая	16	3,25	1,3-5,1	1,04	2,09-3,80
Умеренная	9	4,16	1,9-,92	1,19	3,24-5,08
Тяжелая	4	11,30	5,2-,45	6,13	1,53-1,07

Интерес также представляет работа S. Abbaga и соавторов, в которой оценивалось оптимальное время для измерения площади отверстия аортального клапана с помощью МСКТ. Это важно иметь в виду, так как площадь отверстия аортального клапана изменяется в зависимости от сердечного цикла. Исследование выполнено ретроспективно с помощью МСКТ у 57 пациентов. Данные были получены на 0, 50, 100, 150 и 200 миллисекундах после пика R. Авторами сделан вывод о том, что измерение аортального клапана лучше всего проводить в промежутке 50-100 миллисекунд после пика R, поскольку площадь отверстия аортального клапана является наибольшей, а качество изображения лучше на этом этапе [157].

Н. Alkadhi и коллеги утверждают, что нарушение коаптации створок

клапана лучше всего визуализируется с помощью МСКТ в конце диастолы сердечного цикла с реконструкцией изображения приблизительно на 70 % интервала R-R (примерно 600 мс от пика R-волны) [35].

В последнее время активно совершенствуются альтернативные методики лечения клапанной патологии и, прежде всего, транскатетерное протезирование аортального клапана.

Таким образом, в связи с повышенным интересом хирургов в течение последних 10 лет к реконструктивным операциям представляется целесообразным определить возможности МСКТ - диагностики пациентов с патологией восходящей аорты в оценке геометрии корня аорты, состояния аортального клапана для выбора оптимального варианта клапаносохраняющих операций и оценки послеоперационных результатов.

### **1.5.2 МСКТ после хирургических вмешательств на восходящем отделе аорты**

Выполнение МСКТ позволяет получить уникальные сведения о состоянии корня аорты в послеоперационном периоде. G. Runza и соавторы провели проспективное исследование за трёхлетний период (с ноября 2006 года по июнь 2007 года), включившее 21 пациента (11 мужчин, 10 женщин;  $62,7 \pm 10,8$  лет), которым было выполнено протезирование восходящей аорты. Протезирование производилось различными методами: Bentall-De Bono (4 пациента, 19%), Tirone-David (5 пациентов, 23%) и модифицированный Tirone-David с созданием неосинусов (12 пациентов, 57%). Трансторакальная эхокардиография использовалась в качестве стандарта. У всех пациентов измеряли аортальное кольцо, корень и восходящий отдел АО по данным МСКТ. Площадь аортального клапана ( $3,4 \pm 0,2$  см<sup>2</sup>), диаметр аорты на уровне синотубулярного гребня ( $31,6 \pm 1,8$  мм), диаметр неосинусов в случае модифицированных процедур Tirone-David ( $37,3 \pm 2,1$  мм) и расстояние между створками и стенкой протеза во время систолы ( $3,1 \pm 0,7$  мм) уменьшились после операции в пределах стандартных диапазонов и значимо коррелировали ( $r = 0,89$ ) со значениями, полученными по ЭХО-КГ.

Авторами сделан вывод о том, что МСКТ с ЭКГ-синхронизацией является надежным инструментом для анатомической и функциональной оценки корня и восходящего отдела аорты [140].

На основании сообщения различных авторов, удовлетворительное закрытие аортального клапана в диастолу осуществляется при высоте коаптации около 3–4 мм, глубине коаптации 4–6 мм [66,121,126]. При этом наблюдают положительные отдаленные 10-летние результаты [8,126]. При снижении этих показателей можно судить о степени аортальной недостаточности.

О высоте коаптации при клапаносохраняющих операциях говорит К. Pethig вместе с соавторами. Коаптация (по данным эхокардиографии) после выполненной операции классифицировалась ими следующим образом: тип А - точка соприкосновения створок на расстоянии  $\geq 2$  мм над нижним краем протеза; тип В – точка коаптации на нижней границе протеза; тип С - коаптация на  $\geq 2$  мм ниже протеза (рис. 1.5.2). При этом авторы отмечают, что хирург, выполняя ресуспензию клапана в трубчатый протез, должен обеспечить в послеоперационном периоде высоту коаптации на расстоянии  $\geq 2$  мм от протеза или на нижней границе протеза, что приведет к отличным промежуточным результатам [106].

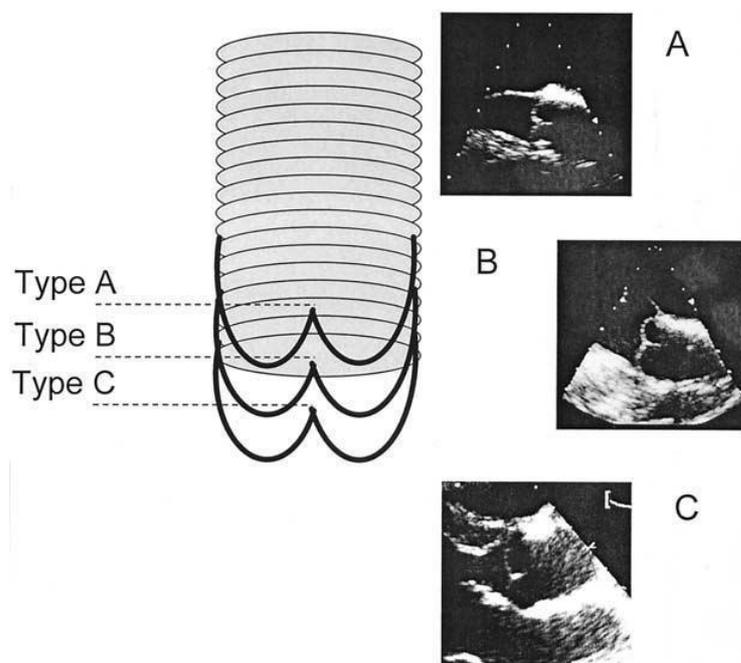


Рисунок. 1.5.2 Типы коаптации аортального клапана по данным эхокардиографии

В. Bierbach и коллеги на основе данных ТТЭХО-КГ изучили корреляцию между эффективной высотой коаптации и замыкательной функцией клапана, диаметром синусов, размерами тела и пришли к выводу, что восстановление эффективной высоты коаптации (расстояние между аортоventрикулярной плоскостью и центральной точкой коаптации) с учетом индивидуальных параметров организма приводит к нормальному или почти нормальному функционированию аортального клапана. Эффективную высоту можно легко определить после операции с помощью МСКТ [145].

М. Wuliyaa, G. Sleilaty и соавторы в исследовании изучали динамику работы АК после клапаносохраняющих операций [120]. Для восстановления адекватной высоты коаптации ими применялся специально разработанный инструмент (метод Schäfers H.J.) [109,145]. Устройство было использовано у 45 пациентов из 59 (76,8%). Операционная смертность составила 1,7%. За период наблюдения, равный 19-месяцев (доверительный интервал - 95 %) диаметр кольца и высота створок были стабильными.

G. Marom и коллеги считают, что сокращение диаметра аортального клапана при различных видах клапаносохраняющих операций способствует увеличению высоты и площади коаптации, тем самым, улучшая эффективную высоту коаптации, что приводит к восстановлению функциональных характеристик клапана. Исследование проводилось на гемодинамической модели при физиологических цифрах диастолического давления в восходящем отделе аорты. Увеличение диаметра аортального кольца от 20 до 30 мм уменьшало эффективную высоту с 10,9 до 8,0 мм [117].

## 1.6 Заключение

Обобщая данные по использованию методов визуализации у пациентов с наличием патологии грудного отдела аорты в эру непрекращающегося развития технологий, необходимо отметить, что наиболее информативной, отвечающей на все возможные вопросы, является современная компьютерная томография.

В настоящее время в кардиохирургических центрах основными способами диагностики пред- и интраоперационном этапе является ультразвуковой метод для решения вполне определенного круга задач, а также МСКТ для выявления патологии различных сегментов аорты. В связи с этим возникает ряд вопросов о возможности измерения параметров корня аорты и аортального клапана по данным МСКТ, ранее оцениваемые исключительно с помощью ультразвукового метода, для получения максимального объема данных на дооперационном этапе.

Активное развитие метода компьютерной томографии с появлением новых способов постобработки данных вызвали интерес кардиологов и кардиохирургов во всем мире. И основным преимуществом МСКТ в этой области является возможность одномоментного и неинвазивного изучения, как анатомических параметров, так и функциональных характеристик работы сердечно - сосудистой системы.

В целом, оба метода, как МСКТ, так и УЗИ объединены возможностью достоверного изучения анатомии сердца и сосудов. С той разницей, что для выполнения компьютерной томографии требуется введение контрастного препарата и используется ионизирующее излучение. Как при МСКТ, так и при УЗИ имеется возможность визуализации нужного объекта в различной плоскости, в том числе с возможностью построения 3D- реконструкции. Отличительной чертой является то, что необходимую плоскость при МСКТ мы получаем путем реконструкции изображения, при этом изображения более наглядны и информативны, а при УЗИ зона интереса выбирается оператором, оценивается вручную и имеет узкое диагностическое окно [12,29].

Исходя из вышеописанного в обзоре, до настоящего времени нет четкого алгоритма оценки структур корня аорты посредством метода МСКТ, в каких

случаях она может дополнять ультразвуковой метод, какими параметрами, когда и как может использоваться для выбора тактики хирургического лечения. Появляется потребность в оптимизации протокола компьютерной томографии у пациентов на дооперационном этапе с целью дополнения ТТЭХО-КТ и вероятного исключения ЧПЭХО-КТ как инвазивной методики. Данный протокол позволит сократить временные затраты преимущественно в крупных клиниках и центрах, оснащенных кардиохирургическими отделениями, в которых имеются современные компьютерные томографы, ультразвуковые аппараты, соответствующий контингент больных и выполняются соответствующие операции.

Современные тенденции развития диагностических методов бесспорным образом заставят врачей самых разных специальностей обратить внимание и заняться более пристальным изучением анатомии корня аорты с целью восстановления нормальной его геометрии в процессе операции. Поэтому усовершенствование алгоритма использования метода компьютерной томографии в диагностике патологии грудного отдела аорты, с оценкой всех структур его корня является актуальной задачей современной лучевой диагностики. Это позволит оптимизировать существующие протоколы исследования аорты в клиниках, оснащенных компьютерными томографами даже базовой комплектации, повысить качество самой диагностики и эффективность реконструктивных оперативных вмешательств.

«НИИ – ККБ№1 им. проф. С.В. Очаповского» обладает огромным опытом реконструктивных операций при аневризмах и расслоениях грудной аорты. С образованием в Центре отделения лучевой диагностики появилась возможность использовать новые тенденции в сфере развития компьютерной томографии. За это время накоплено достаточно информации по использованию различных методов диагностики в кардиохирургии, что позволяет определить диагностическую значимость МСКТ и на основании этого усовершенствовать алгоритм использования компьютерной томографии с учетом приоритетов и имеющейся технической базы. Все выше перечисленное послужило поводом к выполнению данной работы.

## ГЛАВА 2. МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

### 2.1. Общая характеристика пациентов

Для решения поставленных задач нами были проанализированы данные 171 пациента, находившихся на обследовании и лечении в ГБУЗ «Научно-исследовательский институт - Краевая клиническая больница №1 им. проф. С.В.Очаповского» министерства здравоохранения Краснодарского края с 2015 по 2018 гг.

Принимая во внимание этические и юридические особенности выполнения научных исследований, для участников было подготовлено информированное согласие, которое включало исчерпывающую информацию о возможных рисках и осложнениях, которые могут иметь исследования и манипуляции, проводимые в нашей работе. Текст информированного согласия и дизайн исследования составлены в соответствии с Good Clinical Practice, GCP, ГОСТ Р52379-2005.

Для решения задачи валидизации протокола КТ-исследования была сформирована группа из 50 пациентов без структурных изменений грудной аорты, с нормальными размерами ее корня и восходящего отдела на основании Guidelines for the Diagnosis and Management of Patients With Thoracic Aortic Disease 2014 [71], обследованные с помощью МСКТ по поводу иной патологии с применением ЭКГ - синхронизации.

#### Критерии включения:

- люди, предоставившие письменное информированное согласие;
- взрослые и пожилые люди мужского и женского пола (старше 18 лет на дату подписания информированного согласия; верхняя возрастная граница не установлена), любой этнической принадлежности;
- пациенты, с отсутствием данных за наличие изменений грудного отдела аорты, обследованные по поводу патологии других органов, требующей выполнения КТ-ангиографии с ЭКГ - синхронизацией: атеросклероз коронарных артерии, ИБС.

Критерии невключения:

- люди моложе 18 лет;
- люди, нежелающие представить письменное информированное согласие;
- пороки клапанов сердца;
- патология грудного отдела аорты;
- патология камер сердца;
- пациенты с постоянной формой фибрилляции/трепетания предсердий;
- перенесённое хирургическое вмешательство на органах грудной полости;
- пациенты с ненадлежащим качеством полученных КТ-изображений (наличие выраженных артефактов).

В основную исследуемую группу вошли 171 пациент с различной патологией восходящего отдела аорты с наличием или без патологии аортального клапана.

Критерии включения:

- люди, предоставившие письменное информированное согласие на выполнение исследования;
- взрослые и пожилые люди мужского и женского пола (старше 18 лет на дату подписания информированного согласия; верхняя возрастная граница не установлена), любой этнической принадлежности;
- приобретённая патология восходящего отдела и/или корня аорты, требующая хирургической коррекции (аневризмы, диссекции I,II типа по De Bakey).

Критерии невключения:

- люди моложе 18 лет;
- люди, неспособные или не желающие представить письменное информированное согласие на выполнение исследования;
- врожденные пороки сердца и его клапанов;

- аневризмы сердца;
- диссекция аорты III типа по De Bakey;
- патология дуги и нисходящего отдела аорты;
- пациенты с постоянной формой фибрилляции/трепетания предсердий;
- перенесённое хирургическое вмешательство на сердце и/или грудном отделе аорты.

Все пациенты были обследованы и прооперированы в условиях ГБУЗ «НИИ-ККБ№1 им. проф. С.В. Очаповского» МЗ КК в указанный период наблюдений.

В группу с патологией аорты вошли 171 пациент, из них 101 мужчина и 70 женщин, средний возраст мужчин составил  $55,43 \pm 13,65$ , женщин –  $63,25 \pm 10,52$ . В возрастной категории от 19 до 39 лет было обследовано 15 мужчин и 17 женщин, в старшей возрастной категории, в возрасте от 40 до 78 лет, наблюдалось 86 мужчин и 53 женщины.

Распределение пациентов по возрасту и полу с патологией восходящей части аорты представлено в таблице 2.1.

Таблица 2.1. Распределение пациентов с патологией восходящей аорты.

Возраст (лет)	Пол		Всего	
	Мужчины	женщины	абсолютное число	доля (%)
19-29	7	5	12	7,02%
30-39	8	12	20	11,69%
40-49	12	5	17	9,94%
50-59	37	9	46	26,91%
60-69	25	28	53	30,99%
70-78	12	11	23	13,45%
ИТОГО:	101	70	171	100%

В контрольную группу пациентов без патологии грудного отдела аорты вошли 19 мужчин и 31 женщина, в возрасте от 19 до 79 лет, средний возраст мужчин -  $54,32 \pm 11,54$ , женщин -  $60,11 \pm 9,38$ . (таблица 2.2.).

Таблица 2.2. Распределение пациентов контрольной группы.

Возраст (лет)	Пол		Всего	
	мужчины	женщины	абсолютное число	проценты
19-29	1	2	3	6,0%
30-39	4	3	7	14,0%
40-49	3	5	8	16,0%
50-59	7	7	14	28,0%
60-69	3	12	15	30,0%
70-79	1	2	3	6,0%
ИТОГО:	19	31	50	100%

В соответствии с задачами были определены следующие этапы обследования:

1. Дооперационный этап: включающий клиническое обследование, ЭКГ, рентгенографию ОГК, трансторакальную ЭХО-КГ, ЧПЭХО-КГ, 3х-мерную ЭХОКГ, МСКТ с контрастным усилением и ЭКГ - синхронизацией, ангиографию (при необходимости).

2. Интраоперационный этап: ЧПЭХО-КГ.

3. Послеоперационный этап (в течение 30 дней и до пяти лет после вмешательства): ЭКГ, рентгенография ОГК, трансторакальная ЭХО-КГ, ЧПЭХО-КГ, МСКТ с контрастным усилением и ЭКГ-синхронизацией, морфологическое исследование.

В зависимости от патологии грудного отдела аорты, все пациенты были разделены на группы:

1. с наличием аневризм корня и/ или восходящего отдела аорты без диссекции (n - 81) – пациенты с дилатацией просвета аорты, с наличием или без сопутствующей недостаточности аортального клапана, при отсутствии данных о повреждении интимы по данным ЭХО-КГ и МСКТ;

2. с наличием аневризм корня и/или восходящего отдела аорты и сопутствующей диссекцией I, II типа по De Bakey (n- 31) –пациенты с критериями аневризмы и отслоением внутренней оболочки аорты с формированием двух просветов: истинного и ложного в пределах восходящего отдела аорты по данным ЭХО-КГ и МСКТ;

3. с наличием диссекции аорты I, II типа по De Bakey без аневризмы (n - 59) – пациенты с признаками отслоения интимы без достоверных признаков выраженного расширения просвета аорты, с наличием или без признаков недостаточности аортального клапана.

В соответствии с «Рекомендации по диагностике и ведению пациентов с заболеваниями грудной аорты 2014» [73] диагноз аневризмы восходящего отдела аорты выставлялся на основании увеличения диаметра аорты более чем на 50% от должного диаметра или по сравнению со смежным сегментом, а диагноз диссекции - при идентификации двух просветов аорты (истинного и ложного).

Пациенты с выявленными аневризмами также распределялись в зависимости от их локализации, согласно хирургической классификации предложенной Ю.В. Беловым, 1998[6]: с супраанулярным типом, при дилатации выше уровня ФК АК (n – 56) и анулоаортальными типом при дилатации ФК АК, всего корня и большей части восходящей АО (n - 25). Супракомиссуральный тип аневризмы (расширение только тубулярной части аорты) ни в одном случае изолированно в нашем исследовании не встречался (табл. 2.3).

Сочетание расслоения и аневризмы восходящей аорты было выявлено у 31 (18,2%) пациента, из них у 19 (61,3%) мужчины и у 12 (38,7%) женщин, изолированно диссекция аорты встречалась у 59 пациентов (34,5%). Для указания места отслоения интимы и распространения ее повреждения, мы использовали

классификацию DeBakey, в группу I типа расслоения вошли 34 (37,8%) мужчин и 16 (17,8%) женщин. В группу II-го типа - 26 (28,9%) мужчин и 14 (15,5%) женщин.

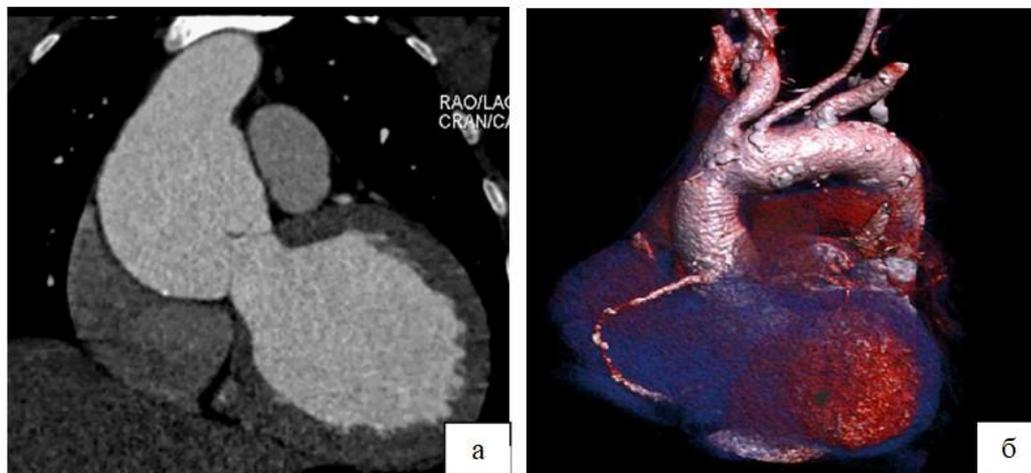


Рисунок 2.1. КТ - изображение пациента с наличием аневризмы восходящего отдела аорты до (а) и после (б) протезирования.

Таблица 2.3. Распределение пациентов по нозологическим формам.

Показатели	Количество пациентов	
	n	%
Супраанулярная аневризма	56	32,7 %
Анулоаортальная аневризма	25	14,6%
Сочетание диссекции I, II типа по De Bakey и аневризмы	31	18,2%
Диссекция I,II типа по De Bakey без наличия аневризмы	59	34,5%

Так как при обоих типах диссекции в патологический процесс вовлекался восходящий отдел аорты с формированием двух просветов на уровне корня и выше, при анализе результатов пациенты на изолированные группы не разделялись.

У 19 пациентов (11,1%) присутствовали фенотипические признаки синдрома Марфана, в 1-м случае - синдрома Элерса - Данлоса.

Артериальная гипертензия (АГ) диагностирована у большинства обследованных - 114 (66,5%) пациентов, при этом в группе с расслоения АО она была выявлена в 42 (46,7 %) случаях. Всем 114 пациентам (66,5%) была выставлена III стадия гипертонической болезни с учетом наличия аневризмы и/или диссекции восходящей аорты. Продолжительность артериальной гипертензии варьировала от 1 года до 25 лет, в среднем составила  $8,1 \pm 0,8$  лет.

Для оценки стадии хронической недостаточности кровообращения (ХСН) использовали классификацию Н.Д. Стражеско и В.Х. Василенко (1936): I стадии встречалась у 38 (22,2%) пациентов, II А ст. - 111 (64,9%) пациентов, II Б ст. - 8 (4,7%) пациентов и III стадия - 4 (2,4%) пациента. По классификации Нью-Йоркской ассоциации кардиологов (NYHA, 1964) у большинства пациентов установлен III ФК - в 111 (64,9%) случаев, II ФК диагностирован у 30 (17,5%), а IV ФК - у 20 (11,7%) обследованных пациентов. Среди обследованных пациентов встречались с клиникой острой сердечной недостаточности (ОСН), классифицированной по Kilip (1967), на основании клинических признаков и результатов рентгенографии органов грудной клетки: ОСН I ст. наблюдалась у 4 пациентов, ОСН 2ст. и 4ст. - по 1 пациенту.

Для постановки диагноза и выявления осложнений аневризмы и расслоения аорты, оценки геометрических параметров корня и восходящего отдела АО, всем больным до операции проводились ТТЭХО-КГ и МСКТ с ЭКГ - синхронизацией. По данным ТТЭХО-КГ: снижение глобальной сократимости миокарда левого желудочка (ФВ ЛЖ) выявлено у 120 (70,2%) пациентов, 16 пациентов (9,3%) имели ФВ ЛЖ ниже 40%.

Из 171 пациента, у 40 (23,4 %) была выполнена ангиография с целью исключения гемодинамически значимых стенозов коронарных артерий, при этом в 10 случаях (5,8%) заподозрено наличие диссекции восходящего отдела аорты, подтвержденная в дальнейшем с помощью МСКТ.

По результатам совокупности данных клинико-инструментального обследования были сформулированы критерии для выбора метода хирургического лечения аневризмы и/или диссекции восходящей аорты и выполнены различные варианты операций.

## **2.2. Методы обследования пациентов**

Протокол планового обследования больных с заболеваниями аорты был строго стандартизирован. Пациенты проходили обязательные общеклинические и инструментальные методы исследования: электрокардиографию, традиционное рентгенологическое исследование, ультразвуковое исследование (с анализом состояния магистральных сосудов, ТТЭХО-КГ, ЧПЭХО-КГ). Для уточнения морфологии корня аорты выполнялась мультиспиральная компьютерная томография аорты с внутривенным контрастированием и подключением датчиков ЭКГ.

### **2.2.1 Электрокардиографическое исследование**

До операции, в раннем и позднем послеоперационном периоде всем пациентам выполнялось электрокардиографическое исследование на шестиканальном аппарате «MAC 1200 ST» фирмы «GE Medical Systems» (США) со скоростью 25 мм/сек. в трех стандартных, трех униполярных отведениях от конечностей и шести униполярных грудных отведениях. Анализировался ритм сокращений, нарушение проводимости, выявлялась локализация ишемических нарушений в миокарде.

После операции проводился постоянный ЭКГ-мониторинг в отделении интенсивной терапии. Впоследствии, в раннем послеоперационном периоде и при обследовании пациентов в более отдаленном стационарном периоде ЭКГ регистрировали ежедневно, независимо от наличия или отсутствия боли и нарушений ритма. У большинства пациентов была гипертрофия левого желудочка, что было обусловлено наличием хронической артериальной гипертензии. Также при выявлении на данном этапе нарушений ритма сердца, включающих постоянную форму фибрилляции/трепетания предсердий, пациенты исключались из анализа основной группы, в связи с отсутствием возможности получения качественных КТ-изображений.

### **2.2.2 Рентгенография органов грудной клетки**

Рентгенологические исследования проводились при помощи аппаратов «Axiom Iconos R 200» и «Polymobil Plus» фирмы «Siemens» (Германия).

Исследования выполнялись в прямой и левой боковой проекциях при стабильном состоянии пациентов и только в прямой - у больных с наличием диссекции аорты и нестабильной гемодинамикой, в ряде случаев требовалось выполнение рентгенографии в условиях экстренного приемного покоя. При подозрении на наличие аневризмы восходящего отдела аорты (расширение сердечной тени, расширение тени средостения вправо в переднезадней проекции, увеличение кардиоторакального индекса (КТИ)) выполнялась МСКТ. В отношении диагностики расслоения аорты рентгенография не имела высокой специфичности и позволяла определить наличие сопутствующей патологии легких или осложнений. В ряде случаев выявлялся выпот в плевральных полостях: у 34 (19,9%) больных.

### 2.2.3 Эхокардиографические исследования

Важной частью диагностики и оценки патологии восходящего отдела аорты являлась трансторакальная и трансэзофагеальная эхокардиография.

Трансторакальная эхокардиография выполнялась всем пациентам (100%) на до- и послеоперационном этапе на ультразвуковых аппаратах экспертного класса iE 33 и Sonos 7500 фирмы «Philips» (США) секторным датчиком S1-5 с использованием всех имеющихся режимов сканирования, аппарате Siemens Acuson Aspen с трансторакальными датчиками 3,5 / 2,7 МГц, S4, S8. Использовали стандартные проекции: парастернально вдоль короткой и длинной оси, апикально, а также субкостально и надгрудинно.

Протокол предоперационной трансторакальной ЭХО-КГ включал:

- оценку аневризм восходящей АО с измерением линейных размеров на уровне ФК АК, синусов Вальсальвы (СВ), синотубулярного гребня (СТГ) и тубулярной части восходящего отдела, индексированием этих параметров на площадь поверхности тела и расчетом коэффициента СТГ/ФК, СВ/ФК;
- при подозрении на наличие диссекции аорты производили поиск, локализацию места повреждения внутренней оболочки, оценку возможных фенестраций (рис.2.2.3);
- оценку анатомии клапана (количество створок, их структура,

подвижность, толщина створок, амплитуда раскрытия в систолу и степень коаптации в диастолу);

- определение причин развития недостаточности АК у пациентов с аневризмой и/или диссекцией восходящей аорты согласно классификации A.F.Carpentier (табл. 2.2.3.1)

Таблица 2.2.3.1. Дисфункция аортального клапана и ее причины.

Дисфункция АК	Причины
Тип I: нормальное движение створок	Наличие вегетаций Дилатация ФК АК Перфорация створки
Тип II: пролапс створок (частичный или полный) избыточное движение створок	Диссекция в области комиссуральных стержней Разрыв створки Удлинение створок
Тип IIIa: рестрикции открытия и закрытия створок	Утолщение створок Сращение комиссур Кальциноз
Тип IIIb: рестрикция только закрытия створок	Дилатация СТГ

Кроме описания степени расширения аорты и ФК аортального клапана, оценки функции клапанного аппарата, определения наличия расслоения стенки АО, обращалось внимание на обнаружение перикардиальной и плевральной жидкости, гематомы средостения, с указанием их размеров.

Полученные данные имели важное значение для определения хирургической стратегии и тактики, подбора размеров сосудистого протеза и протеза АК.

Менее достоверной и трудной являлась диагностика диссекции АО. На эхограмме признаком расслоения является наличие двойного эхосигнала от одной из стенок аорты в виде двух параллельных кривых. Достоверным же признаком расслоения АО является визуализация лоскута отслоенной внутренней оболочки (интимы) в просвете аорты. Изучение полости ЛЖ, расчет таких показателей, как конечный систолический конечный диастолический объем, ФВ левого

желудочка, наряду с другими методами конкретизировали исходную тяжесть состояния миокарда.

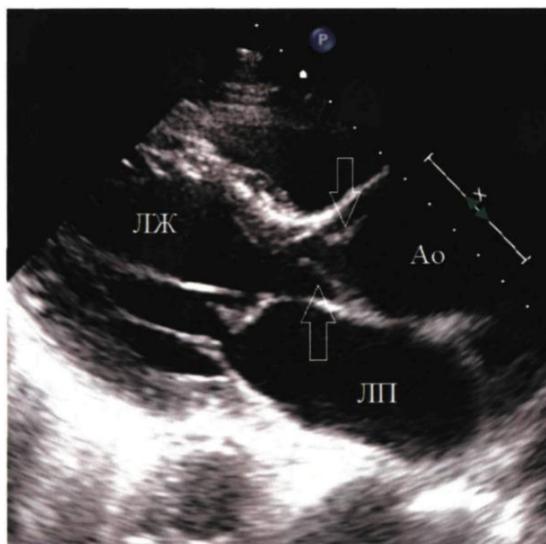


Рисунок. 2.2.3. Эхокардиограмма больного Б. с расслаивающей аневризмой восходящей аорты. Недостаточность АК на фоне интерпозицией порции отслоенной интимы между створками АК при распространении диссекции на корень АО (стрелкой указана отслоенная интима, пролабирующая в ВТЛЖ в раннюю фазу диастолы).

В послеоперационном периоде ТТЭХО-КГ применялась для оценки размеров полостей сердца, функции ЛЖ, в динамическом наблюдении за работой механического протеза, измерении максимального ( $P_{max}$ ), среднего ( $P_{mean}$ ) градиентов давления на протезе АК и площади эффективного отверстия протеза АК, а также в выявлении и контроле возможных причин дисфункции протеза. После клапаносохраняющих операций с помощью ТТЭХО-КГ оценивали наличие, степень и характер регургитации на АК, положение створок относительно края протеза.

ЧПЭХО-КГ проводилась на аппарате «Acuson ASPEN» фирмы «Siemens» (Германия) биплановым чреспищеводным датчиком, используя все режимы сканирования на интраоперационном этапе (до и после реконструкции) в 56 (100%) случаях из пациентов, запланированных на реконструктивные вмешательства. На дооперационном этапе с помощью ЧПЭХО-КГ проводили измерения корня аорты на разных уровнях, оценивали анатомию аортального клапана, в случае диссекции - характер ее распространения и вовлеченность в процесс коронарных артерий.

Кроме того, у пациентов с наличием аортальной регургитации (АР) на фоне аневризмы восходящего отдела АО оценивали высоту коаптации створок (ВКС, см) и площадь подстворочного пространства в диастолу (ППП, см<sup>2</sup>). Высота коаптации створок определялась как расстояние между концами створок и плоскостью ФК АК, площадь подстворочного пространства - как пространство, ограниченное плоскостью ФК АК и желудочковой поверхностью аортальных створок, измеренное в протодиастолическую фазу сердечного цикла.

После протезирования АК ЧПЭХО-КГ использовали для оценки функции механического протеза в условиях операционной, оценки состоятельности и проходимости анастомозов, состояния парапротезного пространства, а также функции сердца. Используя критерии Pethig K. (2002), оценивали уровень коаптации створок АК при реконструкциях корня АО по отношению к плоскости проксимального края сосудистого протеза: уровень А - коаптация створок на 2мм выше плоскости проксимального края протеза; уровень В - на уровне края протеза; уровень С - на 2мм и больше ниже уровня плоскости края протеза [106].

Ультразвуковое исследование имело большое значение у пациентов в тяжелом состоянии, так как позволяла использовать портативный аппарат без необходимости передвижения пациента, а также в условиях операционной с помощью использования чреспищеводного датчика. При плохой визуализации из трансторакального доступа, у двадцати двух больных (13%) проводили ЧПЭХО-КГ. Необходимо отметить, что ЧПЭХО-КГ имеет ряд недостатков, являясь инвазивным методом, а точность и информативность ее во многом зависят от опыта исследователя, чувствительности и качества аппарата. Однако, по качеству получаемых изображений, полноте информации значение этого метода невозможно переоценить, и он часто используется для подтверждения диагноза и выбора метода хирургического вмешательства.

#### 2.2.4. Компьютерная томография

По результатам анализа архивного материала «НИИ-ККБ№1» (истории болезни, амбулаторные карты) был отмечен ежегодный рост количества исследований МСКТ у больных с патологией грудного отдела АО, что говорит о высокой потребности в данном методе и стремлении ограничить применение более инвазивных методов диагностики у пациентов данной группы (рис. 2.2.4.1).

Наибольший пик объёма исследований приходится на 2017 и 2018 года.

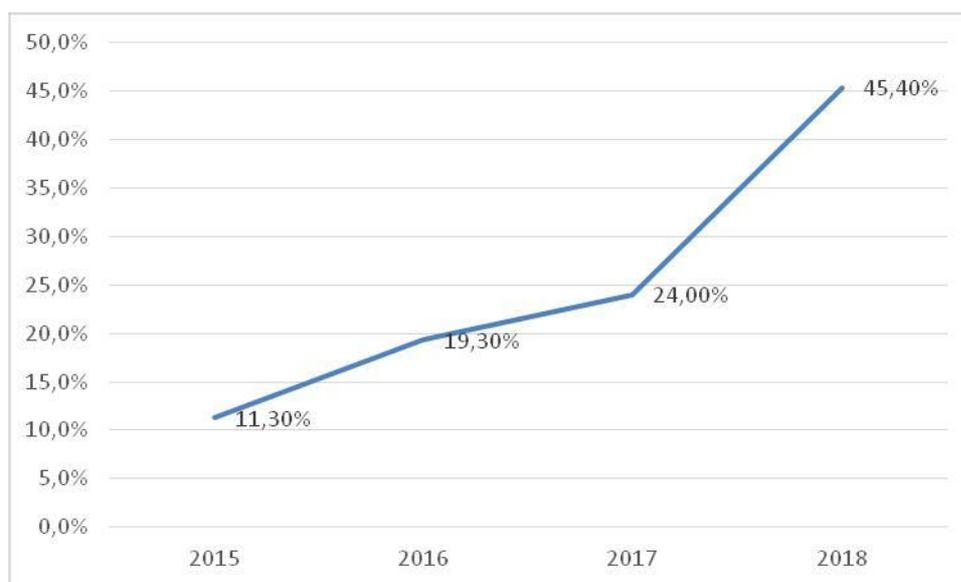


Рисунок 2.2.4.1. Распределение исследований МСКТ у пациентов с патологией аорты с 2015 по 2018 гг.

Мультиспиральная компьютерная томография (МСКТ) проводилась на томографах Siemens Somatom Sensation 64 (Германия), Siemens Somatom Definition AS 128 (Германия), Siemens Somatom Definition Flash 256 (Германия) с подключением датчиков ЭКГ–синхронизации. Сканировалось грудная клетка, при подозрении на наличие диссекции - все тело: грудная клетка, брюшная полость, таз). КТ сканирование проводилось в кранио-каудальном направлении на фоне внутривенного контрастного усиления в 2 фазы (безконтрастное сканирование и артериальная фаза). В качестве контрастного препарата использовались неионные, трийодированные, низкоосмотические рентгеноконтрастные средства йопромид («Ультравист» Bayer, Германия), йогексол («Омнипак» (GE Healthcare, Ирландия) с

содержанием йода 350 мг/мл. Скорость введения контрастного вещества 4-6 мл/сек, толщина среза/ интервал реконструкции составляли 1.0/0.7, 0.75/0.5 мм. При ЧСС более 70 уд/мин использовали премедикацию бета-блокаторами в условиях кабинета кардиолога на амбулаторном приеме или в отделении при стационарном нахождении пациента.

При подключении датчиков ЭКГ использовали ретроспективный тип синхронизации с реконструкцией изображений через всю грудную клетку на 65% R-R-интервала и полным мультифазовым набором данных (от 0% до 90% интервала R-R) сердца и грудного отдела аорты. Эти наборы данных затем использовались для выбора оптимальной фазы и формирования 4D-изображений.

Анализ и обработку всех полученных изображений проводили на рабочей станции «Syngo CT Workplace» с применением пакета программ для различных видов реконструкции интересующего объекта, «InSpace», «Circulation», а также на рабочей станции «Via». Объем и характер такой обработки изображений зависел от конкретных задач.

Общая эффективная доза облучения при проведении МСКТ колебалась от 5 до 10,7 мЗв. Расчет лучевой нагрузки проводился на основании МУК 2.6.1.1797-03.

### **2.2.5 Основные КТ-плоскости реконструкции при исследовании восходящего отдела аорты и аортального клапана**

Различные инструменты визуализации, реконструкции изображений необходимы для того, чтобы в полной мере воспользоваться многофазными объемными наборами данных высокого качества. В то время как аксиальные исходные изображения всегда пересматриваются и остаются основой для диагностики, варианты реформаций и использование реконструкции данных со всеми десятью фазами сердечного цикла является ключом к анализу морфологии и функции корня аорты, позволяя выбрать лучшую фазу для данной патологии.

Для постановки первоначального диагноза нами использовались основные двумерные многоплоскостные преобразования (MPR) в сагиттальных, коронарных или произвольно наклонных сечениях. Далее, для лучшей визуализации клапана и сосудов, вариантов аневризм, оценивались объемные реформации (VR), проекции

максимальной интенсивности (MIP) и проекции минимальной интенсивности (MinIP). Тонкие (1-4 мм) срезы MinIP позволяли детально оценить структуры низкой плотности (створки клапанов) на фоне контрастированных сосудов и сердца. При наличии отложения кальция оценка MinIP была мало информативна.

Выбор методов реконструкции, толщины и ориентации зависел от выявленных патологических изменений. При наличии диссекции аорты и тяжелого состояния пациента для постановки диагноза было достаточно аксиальных изображений, далее переходили к оценке аортального клапана и оформлению протокола исследования. Двумерные MPR и 3D (или 4D) изображения генерировались в случае необходимости, чтобы передать особенно релевантный результат, такой как локализация разрыва интимы относительно сосудов дуги аорты, коронарных артерий, построения реконструкций для планирования оперативного вмешательства.

Оценка аортального клапана осуществлялась с помощью аксиальных срезов во время средней и поздней диастолы (60–80% интервала R-R), а также с помощью применения многоплоскостных реформаций. Изображения АК в поперечном сечении были реконструированы в краниокаудальном направлении в левой корональной и левой сагиттальной косых проекциях. Центральная зона коаптации АК определялась как центрально расположенная круглой или треугольной формы гиподесная область во время диастолической фазы (согласно Irfan Zeb, 2010). Планиметрические измерения этой области были выполнены на изображениях поперечного сечения клапана (как показано на рис. 2.2.5.1).

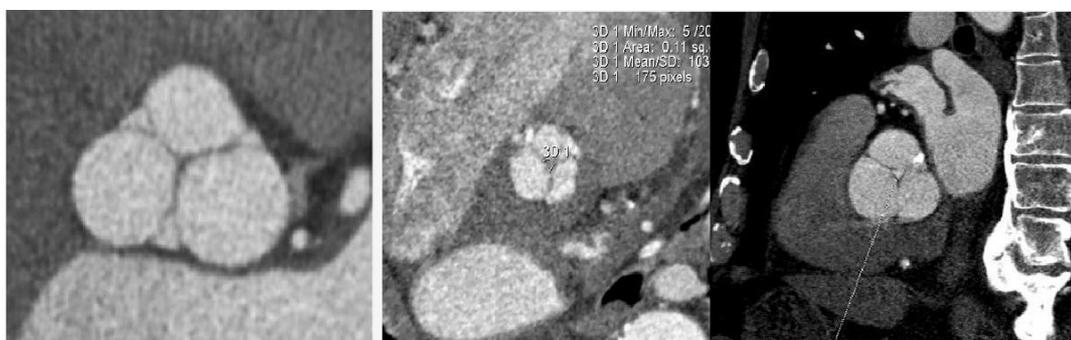


Рисунок 2.2.5.1. Измерение площади коаптации аортального клапана на поперечных КТ-изображениях.

Эта центральная зона коаптации является закрытой у нормальных людей и визуализируется как участок отсутствия контрастирования в этой области.

У пациентов с аортальной регургитацией визуализировалось неполное смыкание створок в фазу диастолы на коронарных, сагиттальных и поперечных срезах и расценивалось нами как диагностический критерий наличия аортальной регургитации (АР) и при измерении получаемой нами площади АР (ПРАК).

Планиметрическое измерение ПРАК при наблюдении также проводилось на поперечном разрезе аортального клапана на 60-80% фазе интервала R-R (согласно Gudrun M. Feuchtner, 2008).

Наименьшая измеряемая площадь центральной аортальной регургитации была количественно определена в квадратных сантиметрах ( $\text{см}^2$ ) на поперечном изображении, параллельном уровню фиброзного кольца клапана (рис. 2.2.5.1).

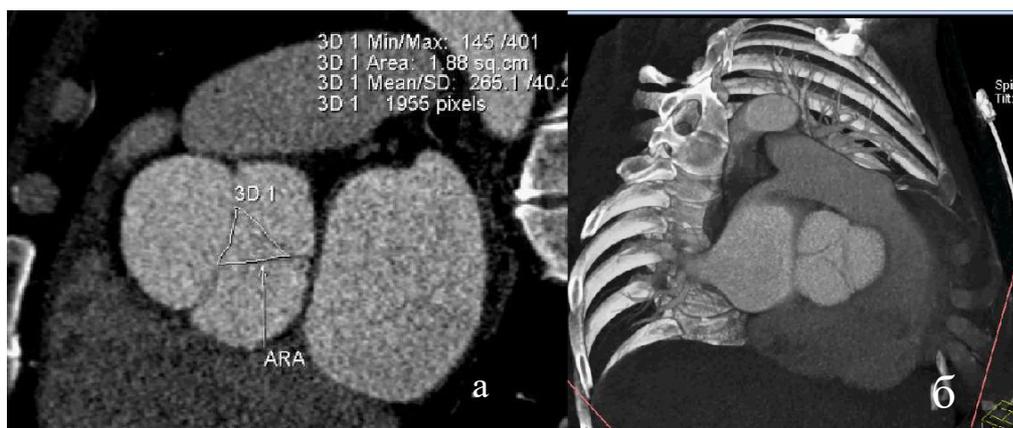


Рисунок 2.2.5.2. КТ-изображения аортального клапана в поперечном сечении (а) с измерением площади аортальной регургитации и VRT-реформации (б).

Коаптация аортального клапана зависит от соотношения пространственных и геометрических характеристик структур корня аорты. Изменение этих параметров приводит нарушению замыкательных функций клапана и имеет чрезвычайную важность для выполнения реконструктивных операций, разработки новых протезов корня аорты для долговечного функционирования

реконструированного клапана, а также для создания кондуитов, долгосрочно функционирующих в выходном отделе как левого, так и правого желудочка.

Используя схему, предложенную Hans-Joachim Schafers, а также данные Ю.В.Белова с описанием основных геометрических параметров корня аорты, нами были измерены глубина и высота коаптации АК (рис. 2.2.5.3). При этом нормальные показатели высоты коаптации составляют – 6-9 мм, глубины – 4-5 мм [7].

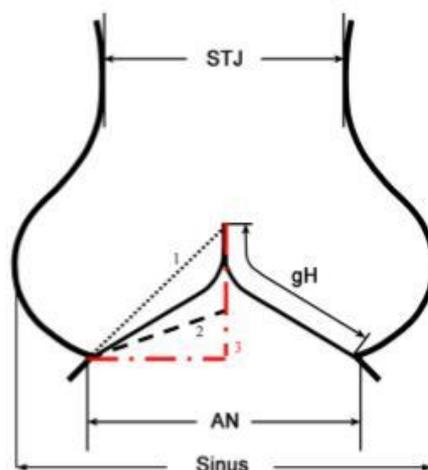


Рисунок 2.2.5.3. Схематичное изображение корня аорты с описанием основных геометрических параметров корня аорты, предложенные для измерений Hans-Joachim Schafers (2013) AN - аортовентрикулярное соединение; gH - геометрическая высота; STJ - синотубулярный переход; 1 - минимальное расстояние от створки до линии коаптации; 2 - расстояние, предполагающее прямой ход створки и высоту коаптации 4 мм; 3, максимальная геометрическая высота при условии, что эффективная высота равна высоте коаптации.

В косой сагиттальной проекции нами проводилась линия в проекции ФК, от которой восстанавливался перпендикуляр в месте смыкания створок, зона полного смыкания рассматривалась нами как глубина коаптации, а расстояние от уровня ФК до конечной точки смыкания створок – высота коаптации АК, измеряемая в мм у каждого пациента (рис. 2.2.5.4).

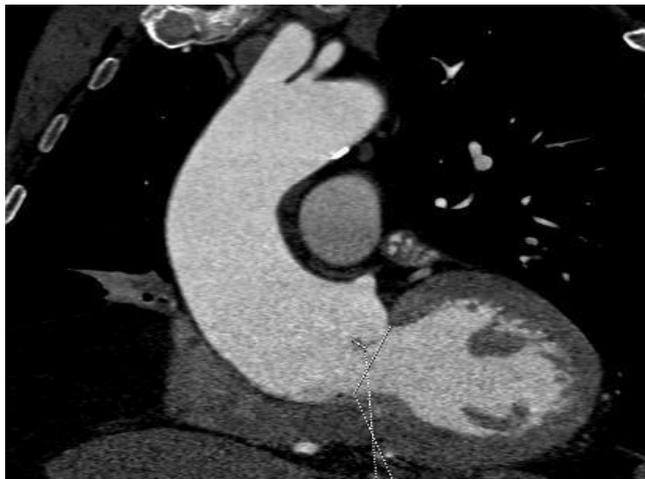


Рисунок 2.2.5.4. Изображение восходящего отдела и корня аорты с измерением высоты коаптации АК.

Таким образом, нами был усовершенствован алгоритм МСКТ - оценки аорты, ее корня и аортального клапана у пациентов с подозрением на наличие аневризм и диссекции различного типа.

**Специализированный протокол дооперационного МСКТ исследования имел следующий вид:**

1. Указание размеров грудного отдела аорты на разных уровнях: ФК АК, синусов Вальсальвы, СТГ, средней трети восходящего отдела АО, переднего и заднего отдела дуги аорты, нисходящего отдела АО.

2. При выявлении аневризмы восходящего отдела и/или корня аорты: измерение ее размеров, протяженности, оценка вовлеченности синусов и коронарных артерий, сосудов дуги аорты, указание наличия внутрипросветных тромботических масс и их толщины, прилегание аневризмы к смежным структурам средостения, построение 3D реформаций для планирования хирургического вмешательства.

3. При описании расслоения аорты: указание протяженности и распространения дисекции на другие сосуды, измерения «ложного» и «истинного» каналов на разных уровнях с оценкой наличия тромботических масс в их просвете, выявление возможных сообщений между каналами (фенестраций).

4. Построение проекций для оценки корня аорты и аортального клапана: указание состояния и точное количество створок, их толщины, возможного наличия кальцинатов, деформации.

5. Расчет высоты и глубины коаптации, площади регургитации/коаптации.

6. Оценка состояния брахиоцефальных ветвей аорты, коронарных артерий.

### **2.2.6 КТ-исследование после реконструктивных вмешательств на восходящем отделе аорты**

Пациенты (n-56) после выполнения клапаносохраняющих процедур были обследованы с помощью МСКТ в разные сроки после операции, от недели до 4 лет. При этом протокол и параметры сканирования, объем контрастного препарата не отличались от предоперационных. Однако, учитывая особенности реконструкции корня аорты с сохранением и имплантацией нативного аортального клапана, восстановления геометрии данной области, проводилась прицельная оценка параметров корня аорты, косвенных признаков нормальной функции восстановленных клапанных структур.

Специализированный протокол МСКТ исследования после реконструктивных операции имел следующий вид:

1. Измерение диаметра аорты на разных уровнях: ФК, проксимального конца протеза, дистального конца протеза, дуги аорты.

2. Оценка реимплантированного аортального клапана: состояние створок, их симметричность, наличие аортальной регургитации, измерение площади коаптации, наличие или отсутствие пролапса створок, измерение высоты и глубины коаптации.

3. Оценка уровня коаптации по Pethig K. (2002) по отношению к плоскости проксимального края кондуита, после проведения условной линии в его проекции: уровень А – смыкание створок (коаптация) на 2мм выше линии проксимального края протеза; уровень В - на уровне края протеза; уровень С - на 2мм и больше ниже уровня края протеза.

4. У пациентов с диссекцией аорты проводилась оценка динамики распространения расслоения интимы, описание протяженности и распространения расслоения на другие сосуды с оценкой возможных осложнений, нарушения перфузии органов.

5. Оценка стенок сосудистого кондуита, его целостность, места имплантации коронарных артерий, состояния анастомозов, динамики парааортального пространства.

6. Описание вероятных сопутствующих изменений: жидкости, воздуха в полости перикарда, плевральных полостях, наличие воздуха в средостении, гемомедиастинума и гемоторакса, изменение пре- и ретростеральной клетчатки, оценка костных структур, паренхимы легких, характер стояния дренажных трубок.

### **2.3. Методы статистической обработки данных**

Данные, полученные после анализа историй болезни, амбулаторных карт в виде качественных и количественных клинических и инструментальных признаков, вводились в соответствии с протоколом в компьютерную базу данных. Статистическую обработку данных проводили с использованием программы «Statistica 12.0» (Statsoft, США).

Для оценки различий значений количественных показателей применяли t-критерий Стьюдента для независимых выборок (после проверки распределения признаков на соответствие закону нормального распределения по критерию Колмогорова-Смирнова) или непараметрический U-критерий Манна-Уитни. Категориальные переменные были изучены с помощью анализа дисперсии точного критерия Фишера, а непрерывные переменные были изучены с помощью анализа дисперсии непарного критерия Стьюдента или критерия Уилкоксона. Результаты представлены в виде  $Me(p25;p75)$ , где Me - медиана наблюдений, а p25 и p75 - нижний и верхний квартили, соответственно. Значение  $p < 0,05$  рассматривалось как критерий статистической значимости нулевой гипотезы.

Количественную оценку эффективности метода МСКТ в исследовании анатомии корня аорты проводили путём расчёта показателей чувствительности, специфичности и точности метода по формулам:

Чувствительность =  $\text{ИП}/(\text{ИП}+\text{ЛО}) \times 100\%$ ,

Специфичность =  $\text{ИО}/(\text{ИО} + \text{ЛП}) \times 100\%$ ,

Точность =  $(\text{ИО} + \text{ИП})/(\text{ИО} + \text{ЛО} + \text{ИП} + \text{ЛП}) \times 100\%$ ,

где: ИП – истинно положительный результат;

ИО – истинно отрицательный результат;

ЛП – ложноположительный результат;

ЛО – ложноотрицательный результат.

Полученные показатели чувствительности, специфичности и точности метода МСКТ, сравнивали с таковыми, полученными для эхокардиографии. Эффективность диагностического теста оценивалась посредством построения характерологической кривой – ROC-анализа, при котром проводили вычисления показателей чувствительности и специфичности для количественных УЗ- и КТ-признаков, определялись их пороговые значения для выявления точки разграничения нормы и патологии. Информативность показателей оценивалась по величине площади под кривой ROC (AUC).

## ГЛАВА 3. РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

### 3.1. Разработка и апробация применения МСКТ - протокола исследования корня аорты

Точная и своевременная оценка восходящего отдела аорты имеет решающее значение в диагностике патологии этой сложной анатомической области. На сегодняшний день основой оценки корня аорты является трансторакальная эхокардиография. Это объясняется достаточной диагностической точностью, относительной простотой и доступностью, широкой распространённостью метода. Однако ультразвуковой метод имеет ряд ограничений. Иногда, в силу ограниченности времени из-за нестабильного состояния больного (гемотампонада, нестабильная гемодинамика), невозможно выполнить исследование в полном объёме.

Недостатки ЭХО-КГ могут быть нивелированы использованием мультиспиральной компьютерной томографии. Визуализация с помощью МСКТ играет решающую роль в принятии тактики лечения. Протокол исследования должен быть максимально оптимизирован для обеспечения точного диагноза, снижения дозы облучения и исключения риска получения ложного результата.

Для уточнения возможностей МСКТ в визуализации анатомии, определения диаметров и размеров структур корня аорты нами исследована группа пациентов без наличия структурной патологии грудного отдела АО и аортального клапана. В неё вошли 50 пациентов (19 мужчин и 31 женщины) в возрасте от 19 до 79 лет. Всем пациентам выполнена ТТЭХО-КГ с использованием всех имеющихся режимов сканирования (В-режим эхокардиографии, цветовой, импульсноволновой и непрерывноволновой доплер). Измерения аорты при выполнении МСКТ проводили на всех необходимых уровнях (рисунок 3.1.1). Результаты МСКТ исследования сравнивали с аналогичными данными, полученными при стандартном ультразвуковом исследовании. Полученные значения, представлены в таблице 3.1.1.

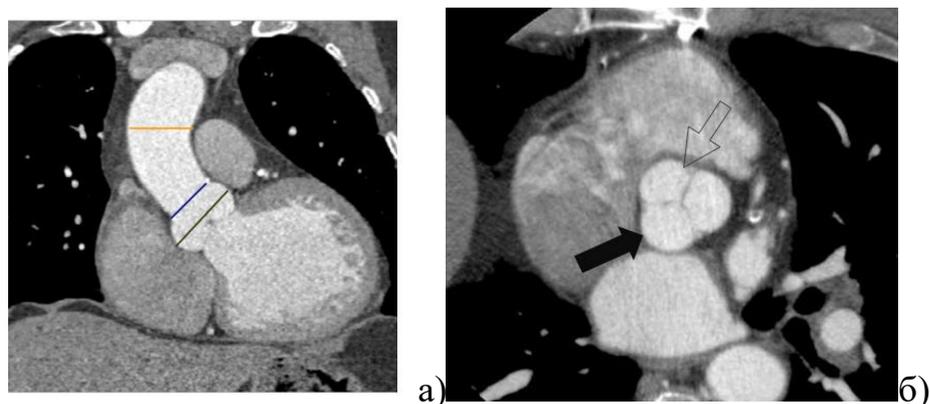


Рисунок 3.1.1. МСКТ восходящего отдела аорты с ЭКГ синхронизацией.

а) уровни измерений корня аорты: синусы Вальсальва, синотубулярный гребень, средняя треть восходящей аорты, б) структуры клапана аорты: белая стрелка – комиссуры клапана, чёрная стрелка – некоронарный синус аорты.

Таблица 3.1.1. Результаты МСКТ и ЭХО-КГ восходящего отдела аорты в группе пациентов без патологии.

Показатель	МСКТ Me(p25;p75)	ЭХО Me(p25;p75)	p
Диаметр фиброзного кольца АК, мм	24(23;25)	25(24; 26)	0,761
Диаметр на уровне синусов Вальсальвы, мм	37(35;39)	36(34;38)	0,522
Диаметр на уровне синотубулярного гребня, Мм	29(27;30)	29(26;30)	0,773
Диаметр среднего отдела восходящей аорты, Мм	29(28;30)	30(29;31)	0,819
Площадь коаптации, см <sup>2</sup>	0,03(0,01;0,04)	0,03(0;0,04)	0,720

С высокой степенью статистической значимости ( $p=0,522$ ) можно утверждать, что компьютерная томография позволяет определять основные геометрические характеристики корня аорты с точностью не меньшей, чем ультразвуковой метод. По результатам исследования были рассчитаны показатели диагностической информативности МСКТ и ЭХО-КГ в оценке основных анатомических структур корня аорты. Полученные значения, представлены в

таблице 3.1.2. Высокие значения чувствительности, специфичности и точности (98-99%) говорят о достаточной диагностической ценности изученных методик. МСКТ не уступает в информативности традиционной ЭХО-КГ и может использоваться для изучения анатомических особенностей корня аорты.

Таблица 3.1.2. Диагностическая информативность МСКТ и ЭХО-КГ в оценке восходящего отдела аорты в группе пациентов без патологии.

Показатель	Чувствительность		Специфичность		Точность		p
	МСКТ	ЭХО	МСКТ	ЭХО	МСКТ	ЭХО	
Диаметр фиброзного кольца АК	99,6%	98,1%	99,9%	98,9%	99,8%	98,5%	0,954
Диаметр на уровне синусов Вальсальвы	99,4%	98,2%	99,5%	98,8%	99,4%	98,6%	0,804
Диаметр на уровне синотубулярного гребня	97,4%	98,2%	99,5%	98,7%	99,4%	98,6%	0,557
Диаметр среднего отдела восходящей аорты	98,7%	98,2%	99,5%	98,5%	99,4%	98,6%	0,781
Площадь коаптации	96,6%	95,4%	95,1%	94,1%	98,5%	99,9%	0,697

Общая диагностическая информативность МСКТ и ЭХО-КГ в оценке структур нормального неизменённого восходящего отдела аорты представлена на гистограмме (рис. 3.1.2.).

Анализируя показатели, полученные методами стандартного ультразвукового исследования и МСКТ, можно сделать вывод о существенных преимуществах рентгенологического исследования.

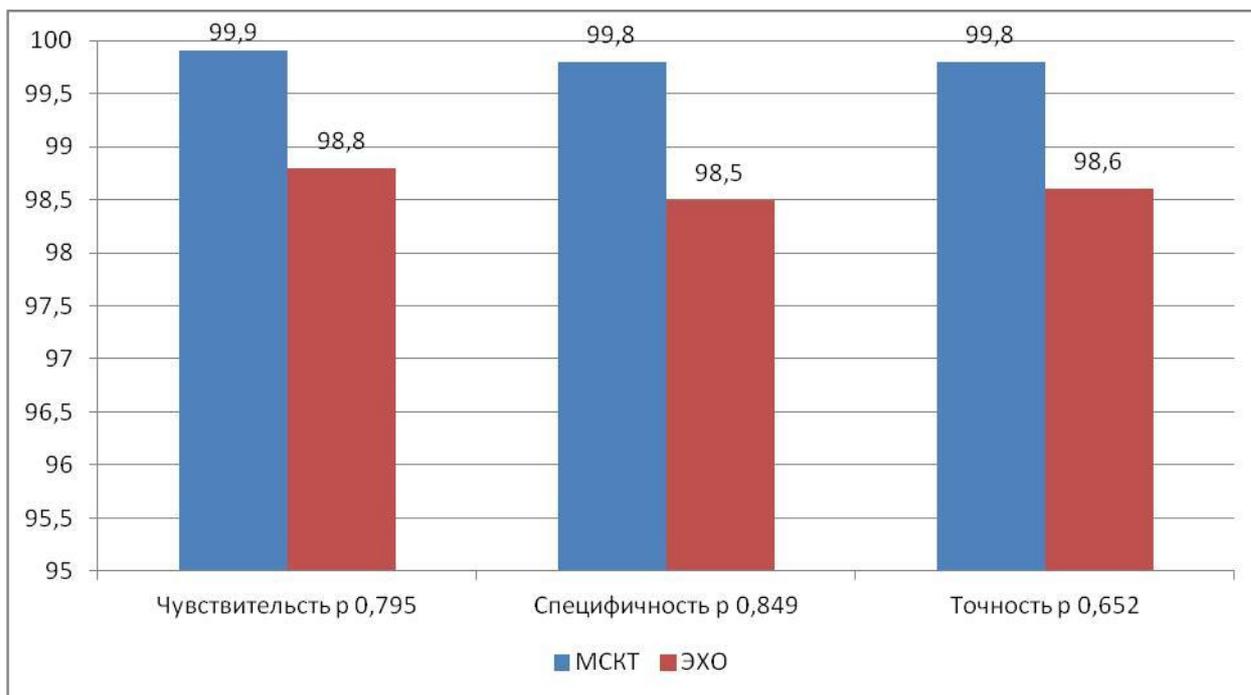


Рисунок 3.1.2. Диагностическая информативность МСКТ и ЭХО-КГ в оценке восходящего отдела аорты в группе пациентов без патологии

МСКТ точнее измеряет параметры, входящие в протокол ЭХО-КГ, за счёт строгой стандартизации исследования, является полностью оператор-независимой методикой, что исключает фактор субъективной оценки и зависимость от опыта врача-диагноста. Кроме того, МСКТ позволяет нивелировать факторы, обусловленные особенностями самого пациента: выраженность подкожно-жировой клетчатки, ширина межрёберных промежутков, воздушность лёгких, вынужденное положение и проч. Существенным достоинством МСКТ является значительное расширение диагностических возможностей. В дополнение к традиционным параметрам МСКТ позволяет визуализировать всю аорту на протяжении, артерии дуги аорты и магистральные артерии, выявлять атерокальциноз коронарных артерий, оценивать расположение устья коронарных артерий. Становится возможным определение и подсчёт таких важных для практической хирургии параметров, как высота, глубина и площадь коаптации створок аортального клапана, площадь регургитации. Знание всех этих особенностей конкретного пациента позволит гораздо детальнее планировать объем предстоящего хирургического вмешательства.

### 3.2. Результаты применения МСКТ-протокола исследования корня аорты в предоперационном обследовании пациентов с аневризмой восходящего отдела аорты

С 2015 по 2018 гг. в ГБУЗ «Научно-исследовательский институт - Краевая клиническая больница №1 им. проф. Очаповского С.В.» министерства здравоохранения Краснодарского края прооперирован 171 пациент с патологией восходящей аорты. Из них 81 (47,4%) больным выполнено плановое хирургическое вмешательство по поводу аневризмы.

Все больные были разделены нами на две группы согласно классификации аневризм восходящей аорты по локализации, предложенной Ю.В. Беловым. Такое разделение клинически обосновано, исходя из вовлеченности в процесс аортального клапана (рис. 3.2.1).



Рисунок 3.2.1. Различные виды аневризм восходящей аорты по данным МСКТ: супрааортальная аневризма восходящей аорты, VRT (а) и MPR(б) реконструкции, анулоаортальная аневризма восходящей аорты (в), VRT-изображение.

Из всего количества 25 (14,6%) пациентов с анулоаортальными аневризмами (т.е. с расширением структур в пределах синотубулярных гребней) составили первую группу (таблица 3.2.1), во вторую группу вошли 56 (32,7%) больных с супраанулярными аневризмами (таблица 3.2.2).

Таблица 3.2.1. Параметры корня аорты у пациентов с анулоаортальными аневризмами.

Показатель	МСКТ	ЭХО	p
Диаметр фиброзного кольца АК, мм	27(25;30)	28(26;31)	0,120
Диаметр на уровне синусов Вальсальвы, мм	53(48;61)	55(50;65)	0,260
Диаметр на уровне синотубулярного гребня, Мм	47(40;55)	46(41;54)	0,286
Диаметр среднего отдела восходящей аорты, Мм	52(42;58)	50(48;55)	0,154
Степень регургитации /площадь аортальной регургитации, см <sup>2</sup>	0,48(0,15;0,98)	0,5(0,25;0,81)	0,204

Таблица 3.2.2. Параметры корня аорты у пациентов с супраанулярными аневризмами.

Показатель	МСКТ	ЭХО	p
Диаметр фиброзного кольца АК, мм	24(23; 25)	25(24; 26)	0,390
Диаметр на уровне синусов Вальсальвы, мм	40(38; 41)	39(37;41)	0,354
Диаметр на уровне синотубулярного гребня, Мм	46(40; 50)	46(43;54)	0,451
Диаметр среднего отдела восходящей аорты, мм	51(43;555)	50(45;55)	0,254
Степень регургитации /площадь аортальной регургитации, см <sup>2</sup>	0,14(0,03;0,36)	0,18(0,05;0,44)	0,444

Из представленных данных, видно, что наиболее полное и точное представление о состоянии аорты и аортального клапана даёт МСКТ. Прослеживается тенденция к появлению различий между результатами ЭХО-КГ и МСКТ, однако эти различия не достигают статистической значимости. При этом в первой группе пациентов наибольший размер аорта имела на уровне синусов

Вальсальвы с дилатацией фиброзного кольца, во второй группе – максимальный диаметр имела АО на уровне средней трети, выше синотубулярного гребня. Необходимым условием предоперационной оценки АО является измерение диаметров, как самой аневризмы, так и неизменённого сегмента аорты. В условиях деформированного аневризматическим процессом корня аорты ЭХО-локация может быть затруднена. Точное измерение диаметров аорты, оценка структур ее корня имеет крайне важное значение для выбора и планирования хирургического вмешательства у конкретного больного. Для планирования того или иного оперативного вмешательства необходимо учитывать анатомию коронарных артерий и их возможную аномалию, распространенность патологического процесса на брахиоцефальные и висцеральные сосуды, что возможно визуализировать по данным МСКТ.

Все исследованные пациенты подвергались хирургическому лечению. Показанием к выполнению плановой операции служило расширение восходящей АО более 5 см, а у пациентов с наличием врождённых генетических аномалий, таких как синдром Марфана, более 4,5 см. Возможность выполнения клапаносохраняющей операции определялась отсутствием выраженной анулоаортальной эктазии, нормальной анатомией и сохранностью створок аортального клапана. При выявлении супраанулярной аневризмы восходящей аорты и/или супраанулярной аневризмы без значимого распространения на ее корень, с визуализацией неизменных створок АК, нормальными показателями коаптации (высота до 9 мм и глубина до 5 мм) мы рекомендовали выполнять клапаносохраняющую ремоделирующую процедуру - супракоронарное протезирование восходящего отдела аорты. В случае же анулоаортальной аневризмы с распространением на корень аорты, выраженной дилатации ФК, снижении высоты и глубины коаптации (менее 6 и 4 мм соответственно) мы рекомендовали ремоделирование корня аорты (по способу Yasoub и модификация T.David II) с сопутствующей анулопластикой или технику восстановления нативного АК (модификации операции T.David III, IV, V, David Seattle - рис. 3.2.2). Если же отмечалась выраженная деформация створок АК при аневризмах любого

типа выполнялась замена АК и восходящего отдела АО клапаносодержащим кондуитом (операция Bentall - De Bono и его модификация N. Kouchoukos).

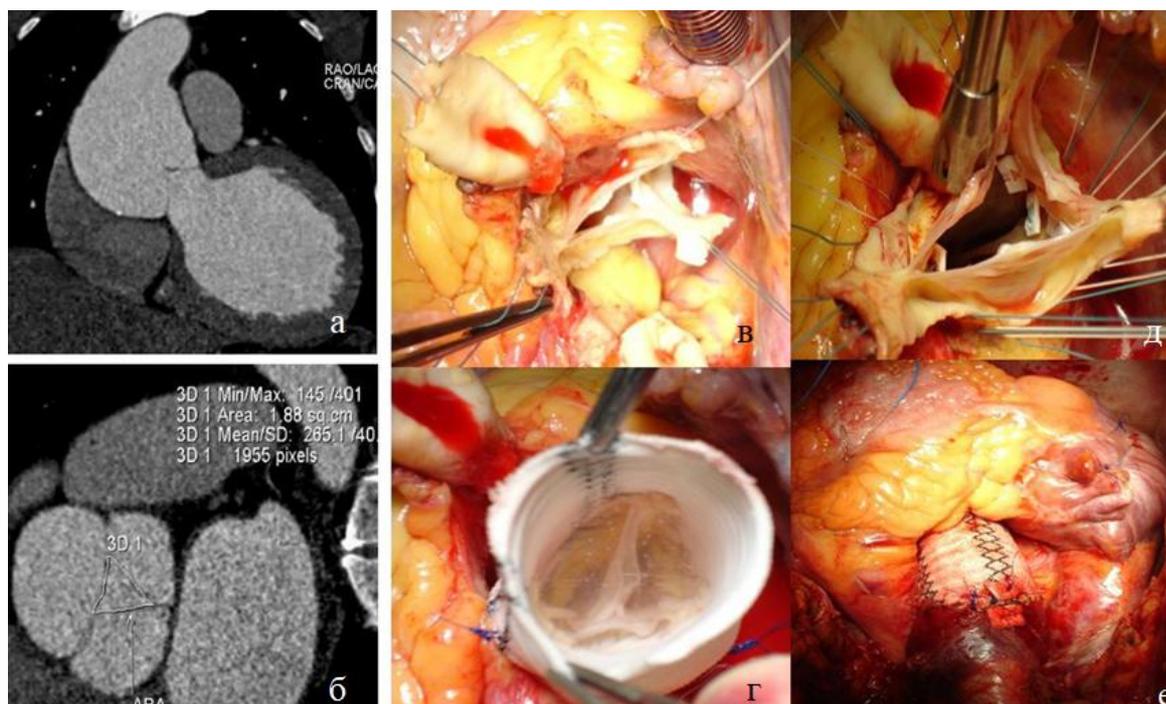


Рисунок 3.2.2. Предоперационная МСКТ-диагностика (а) и этапы реконструкции корня аорты по методике Дэвида у пациента с анулоаортальной аневризмой, ПРАК –  $1,8 \text{ см}^2$  (б). Резекция корня аорты с сохранением створок АК и части синусов Вальсальвы до 5 мм, мобилизация коронарных артерий не «кнопках» (в), вид перед имплантацией протеза (д), Реимплантированный АК в сосудистом протезе, водный тест (г), окончательный вид (е).

Окончательное решение о возможности сохранения аортального клапана принимали при ревизии во время выполнения основного этапа. Интраоперационно проводились измерения основных параметров корня АО, которые затем сравнивались с данными полученными при ЭХО-КГ и МСКТ (табл. 3.2.3, табл. 3.2.4). После окончания основного этапа операции функцию АК оценивали посредством гидравлической пробы.

Таблица 3.2.3. Сопоставление неинвазивного и интраоперационного измерения основных параметров корня аорты у пациентов с анулоаортальными аневризмами.

Показатель	МСКТ (1)	ЭХО (2)	Интраоперационно (3)	p1-3	p2-3
Диаметр фиброзного кольца АК, мм	27(25;30)	28(26;31)	27(25;30)	0,486	0,220
Диаметр на уровне синусов Вальсальвы, мм	53(48;61)	55(50;65)	54(48;61)	0,861	0,254
Диаметр на уровне синотубулярного гребня, мм	47(40;55)	46(41;54)	47(40;55)	0,589	0,341
Диаметр среднего отдела восходящей аорты, мм	52(42;58)	50(48;55)	52(42;58)	0,744	0,524
Степень регургитации /площадь аортальной регургитации, см <sup>2</sup>	0,48(0,15;0,98)	0,50(0,25;0,81)	0,46(0,15;0,98)	0,934	0,204

Таблица 3.2.4. Сопоставление неинвазивного и интраоперационного измерения основных параметров корня аорты у пациентов с супраанулярными аневризмами.

Показатель	МСКТ (1)	ЭХО (2)	Интраоперационно (3)	p1-3	p2-3
Диаметр фиброзного кольца АК,мм	24(40;55)	25(40;55)	24(40;55)	0,521	0,570
Диаметр на уровне синусов Вальсальвы,мм	40(40;55)	39(40;55)	41(40;55)	0,627	0,413
Диаметр на Уровне синотубулярного гребня, мм	46(40;55)	45(40;55)	46(40;55)	0,576	0,315
Диаметр среднего Отдела восходящей аорты,мм	51(40;55)	50(40;55)	51(40;55)	0,484	0,687
Степень регургитации /площадь аортальной регургитации, см <sup>2</sup>	0,14 (0,03;0,36)	0,18 (0,05;0,44)	0,16(0,04;0,5)	0,564	0,134

Из представленных в таблицах результатов можно сделать вывод, что данные МСКТ исследований и интраоперационные измерения имеют практически полное совпадение. МСКТ даёт более точное и полноценное представление об анатомии корня аорты, позволяет визуализировать структуры, недоступные для ультразвукового исследования. Различия в результатах неинвазивных и интраоперационных измерений не достигли статистической значимости, результаты МСКТ ближе к интраоперационным. Таким образом, МСКТ позволяет более детально планировать предполагаемый объем операции.

Таблица 3.2.5. Диагностическая информативность МСКТ и ЭХО-КГ в оценке восходящего отдела аорты в группе пациентов с аневризмой восходящего отдела аорты.

Показатель	Чувствительность		Специфичность		Точность		p
	МСКТ	ЭХО	МСКТ	ЭХО	МСКТ	ЭХО	
Диаметр фиброзного кольца АК	99,6%	96,1%	99,9%	95,9%	99,8%	97,5%	0,754
Диаметр на уровне синусов Вальсальвы	99,4%	94,2%	99,5%	96,8%	99,4%	95,6%	0,614
Диаметр на уровне синотубулярного Гребня	99,4%	91,2%	99,5%	97,8%	99,4%	96,6%	0,447
Диаметр среднего отдела восходящей Аорты	99,4%	93,2%	99,5%	97,8%	99,4%	96,6%	0,381
Степень регургитации /площадь аортальной регургитации	96,6%	91,4%	95,1%	93,1%	96,5%	92,9%	0,297

Также для каждого геометрического параметра нами рассчитана диагностическая чувствительность, специфичность и точность (табл. 3.2.5). Оба метода показывают достаточную диагностическую эффективность и не имеют

статистически значимой разницы, но данные МСКТ превосходят ЭХО-КГ в точности (99,0% против 91,2%).

Общая диагностическая информативность МСКТ и ЭХО в оценке структур аневризматически изменённого восходящего отдела аорты представлена на гистограмме (рис. 3.2.3.).

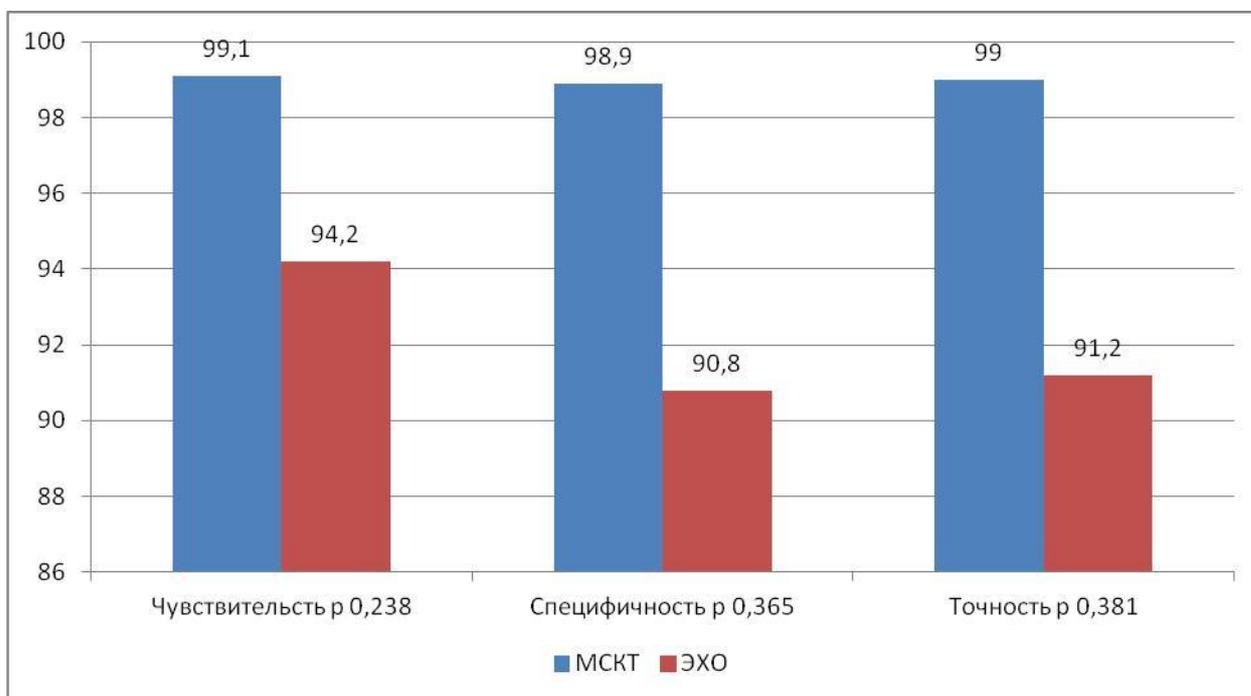


Рисунок 3.2.3. Диагностическая информативность МСКТ и ЭХО-КГ в оценке восходящего отдела аорты в группе пациентов с аневризмой восходящего отдела аорты.

Чувствительность и специфичность МСКТ по сравнению с ЭХО-КГ увеличиваются по мере прогрессирования патологической деформации корня АО. Изменённая анатомия восходящего отдела аорты в условиях аневризматического процесса существенно затрудняет исследование и ограничивает диагностические возможности врача ультразвуковой диагностики. В такой ситуации большим диагностическим потенциалом обладает МСКТ.

Одним из преимуществ МСКТ является возможность довольно точного измерения таких показателей, как глубина и высота коаптации. Под глубиной коаптации понимают размер соприкасающихся в диастолу краёв створок аортального клапана. Высотой коаптации называют длину перпендикуляра, опущенного от вершины соприкасающихся створок, до условной линии,

соединяющей нижние полюсы створок в диастолу. В нашей работе не было получено статистически значимых различий между измерениями, проведёнными при МСКТ-исследовании, и соответствующими интраоперационными данными (табл 3.2.6).

Таблица 3.2.6. Сопоставление неинвазивного и интраоперационного измерения геометрических характеристик аортального клапана.

Показатель	МСКТ	Интраоперационно	P
высота коаптации створок, мм	10,8(10,3;11,2)	10,4(10,1;11,0)	0,486
глубина коаптации створок, мм	5,7(5,1;6,1)	5,3(5,2;5,9)	0,861
высота створки до ЛКА, мм	15(13;17)	14(13;15)	0,589
высота створки до ПКА, мм	17(15;19)	16(15;19)	0,744

В ходе исследования было выявлено, что предполагаемый объем операции можно достаточно точно прогнозировать, исходя из определенных геометрических характеристик аорты. Для оценки прогностической значимости мы сравнили две группы больных. В первую группу включили пациентов, которым выполнено протезирование аортального клапана, во вторую группу вошли пациенты, которым удалось выполнить клапансохраняющую операцию. Высота коаптации створок у пациентов, которым не удалось сохранить аортальный клапан, оказалась статистически значимо меньше ( $p=0,000$ , рис. 3.2.4).

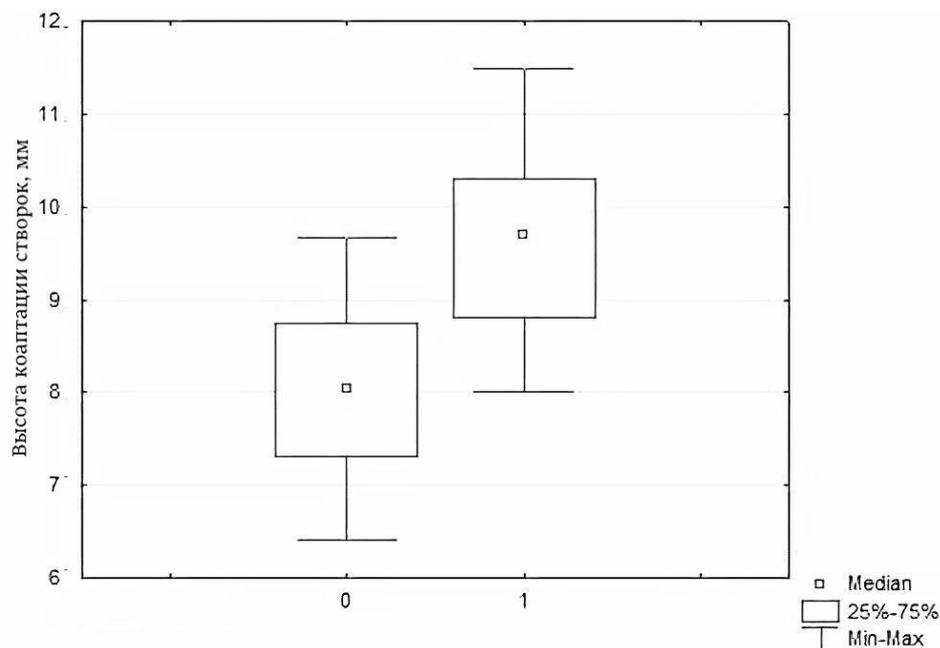


Рисунок 3.2.4. Высота коаптации створок аортального клапана у пациентов, подвергшихся хирургическому лечению. 0 – протезирование аортального клапана, 1 – клапансохраняющие операции.

Прогностическую чувствительность и специфичность количественных параметров оценивали методом ROC-анализа.

Расположение графика ROC-кривых ближе к правому верхнему углу свидетельствует о большей чувствительности данного показателя в отношении возможности выполнения клапансохраняющей операции (рис. 3.2.5-3.2.7). Площадь под кривой для параметра «высота коаптации» составила 0,758 ( $p=0,000$ ), для параметра «глубина коаптации» - 0,589 ( $p=0,000$ ). Комбинация этих показателей дает еще большие значения достоверности – 0,854 ( $p=0,000$ ). Из данного результата можно сделать вывод, что учет высоты и глубины коаптации аортального клапана в комплексной оценке пациента перед реконструктивной операцией на корне аорты, может дать хирургу больше информации для принятия объективного решения в пользу выбора метода коррекции аортального порока.

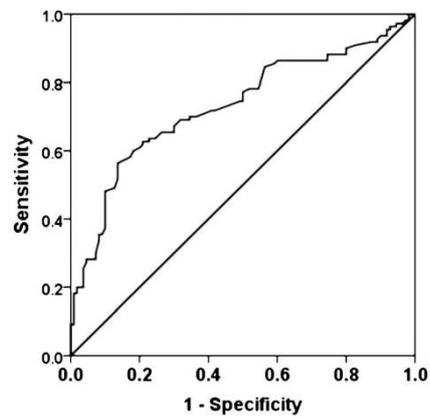


Рисунок 3.2.5. Оценка диагностической эффективности высоты коаптации створок аортального клапана.

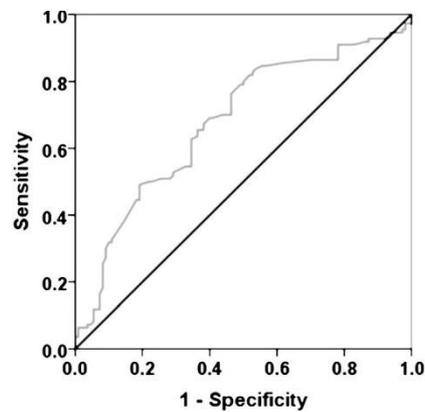


Рисунок 3.2.6. Оценка диагностической эффективности глубины коаптации створок аортального клапана.

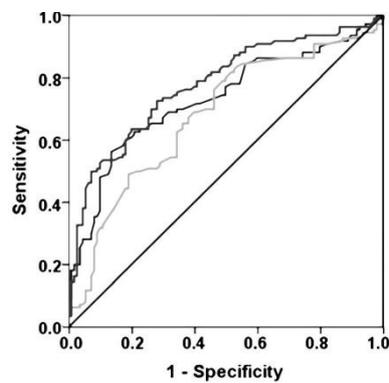


Рисунок 3.2.7. Оценка диагностической эффективности комплексного применения высоты и глубины коаптации створок аортального клапана.

### 3.3. Результаты применения МСКТ-протокола исследования корня аорты в предоперационном обследовании пациентов с расслоением восходящего отдела аорты

Острое расслоение аорты представляет собой чрезвычайно важную проблему. Летальность при данной патологии крайне высока даже при своевременно начатом лечении. Необходимым условием является своевременная диагностика и точное описание анатомических особенностей расслоения.

С учётом диагностических особенностей пациенты разделены нами на две группы. В первую группу вошли 31 пациент с аневризмой и расслоением восходящего отдела АО. Вторую группу составили 59 человек с изолированной диссекцией аорты. Все больные обследовались в экстренном порядке в предоперационном объёме. Все необходимые анатомо-функциональные характеристики корня АО регистрировались методами ЭХО-КГ и МСКТ, данные заносились в таблицу (табл. 3.3.1, 3.3.2).

Таблица 3.3.1 Параметры корня аорты у пациентов с расслоением и аневризмой аорты.

Показатель	МСКТ	ЭХО	p
Диаметр фиброзного кольца АК, мм	27(23;29)	28(25;31)	<0, 001
Диаметр на уровне синусов Вальсальвы, мм	54(45;60)	55(50;65)	<0, 001
Диаметр на уровне синотубулярного гребня, мм	47(40;55)	51(41;54)	<0, 001
Диаметр среднего отдела восходящей аорты, мм	51(42;58)	55(48;55)	<0, 001
Степень регургитации /площадь аортальной регургитации, см <sup>2</sup>	0,51(0,15;0,98)	0,5(0,2;0,8)	0,044

Таблица 3.3.2. Параметры корня аорты у пациентов с изолированным расслоением аорты.

Показатель	МСКТ	ЭХО	p
Диаметр фиброзного кольца АК, мм	24(23;25)	25(24;26)	<0, 001
Диаметр на уровне синусов Вальсальвы, Мм	40(38;41)	44(36;41)	0,026
Диаметр на уровне синотубулярного гребня, мм	43(39;50)	48(43;54)	<0, 001
Диаметр среднего отдела восходящей аорты, мм	51(43;55)	56(45;55)	<0, 001
Степень регургитации /площадь аортальной регургитации, см <sup>2</sup>	0,16(0,01;0,16)	0,15(0;0,15)	0,047

Наличие острого расслоения аорты являлось абсолютным показанием к хирургическому лечению, при этом основными выполняемыми вмешательствами были: операция David в различных модификациях, супракоронарное протезирование аорты, операция Bentall. Интраоперационно решался вопрос о возможности клапансохраняющей операции.

Во время основного этапа проводились измерения основных параметров корня аорты, которые затем сравнивались с предоперационными данными неинвазивных исследований (табл. 3.3.3, 3.3.4).

Таблица 3.3.3. Параметры корня аорты у пациентов с расслоением и аневризмой аорты.

Показатель	МСКТ (1)	ЭХО (2)	Интра операционно (3)	p1-3	p2-3
Диаметр фиброзного кольца АК, мм	27(23;29)	28(25;31)	27(23;30)	0,854	<0, 001
Диаметр на уровне Синусов Вальсальвы, мм	54(45;60)	55(50;65)	53(46;61)	0,727	<0, 001
Диаметр на уровне синотубулярного гребня, мм	47(40;55)	51(41;54)	47(40;55)	0,699	<0, 001
Диаметр среднего отдела восходящей аорты, мм	51(42;58)	55(48;55)	50(42;55)	0,781	<0, 001
Степень регургитации /площадь аортальной регургитации, мм <sup>2</sup>	0,51(0,15;0,98)	0,5(0,2;0,8)	0,51(0,16;0,90)	0,521	0,025

Таблица 3.3.4. Параметры корня аорты у пациентов с изолированным расслоением аорты.

Показатель	МСКТ (1)	ЭХО (2)	Интра операционно (3)	p1-3	p2-3
Диаметр фиброзного кольца АК, мм	24(23;25)	25(24;26)	23(25;31)	0,954	<0, 001
Диаметр на уровне синусов Вальсальвы, Мм	40(38;41)	44(36;41)	41(25;31)	0,804	0,048
Диаметр на уровне синотубулярного гребня, мм	39(36;45)	44(41;54)	40(30;44)	0,557	<0, 001
Диаметр среднего отдела восходящей аорты, мм	45(43;51)	51(45;55)	45(41;50)	0,781	<0, 001
Степень регургитации /площадь аортальной регургитации, см <sup>2</sup>	0,16(0,01;0,16)	0,15(0;0,15)	0,16(0,05;0,16)	0,697	0,031

Таблица 3.3.5. Диагностическая информативность МСКТ и ЭХО-КГ в оценке восходящего отдела аорты в группе пациентов с расслоением восходящего отдела аорты.

Показатель	Чувствительность		Специфичность		Точность		p
	МСКТ	ЭХО	МСКТ	ЭХО	МСКТ	ЭХО	
Диаметр фиброзного кольца АК, мм	98,6%	77,1%	99,4%	93,9%	99,1%	88,5%	0,011
Диаметр на уровне синусов Вальсальвы, Мм	98,4%	82,2%	99,5%	89,8%	99,4%	91,6%	0,002
Диаметр на уровне синотубулярного гребня, мм	98,3%	81,2%	99,1%	91,8%	98,4%	89,6%	0,003
Диаметр среднего отдела восходящей аорты, мм	99,1%	78,2%	99,3%	92,8%	99,1%	88,6%	0,000
Степень регургитации /площадь аортальной регургитации, см <sup>2</sup>	96,5%	83,4%	95,1%	91,1%	96,5%	85,9%	0,001

В условиях экстренной ситуации, когда счёт идёт на часы и минуты, возрастает ответственность врача-диагноста. При остром расслоении аорты состояние больного зачастую нестабильно, визуализацию затрудняют гидроперикард и расширенный корень аорты, отсутствует возможность выполнения полноценного ЭХО-КГ исследование. МСКТ позволяет провести полное исследование и интерпретацию даже у нестабильного пациента. За счёт этого возрастает точность результатов МСКТ по отношению к ЭХО-КГ. Чувствительность и специфичность МСКТ в условиях острой диссекции аорты по отдельным параметрам значительно превосходят аналогичные показатели ЭХО-КГ (табл. 3.3.5.).

Обобщённая диагностическая информативность МСКТ и ЭХО-КГ в условиях острой диссекции восходящего отдела аорты представлена на гистограмме (рис. 3.3.1.).

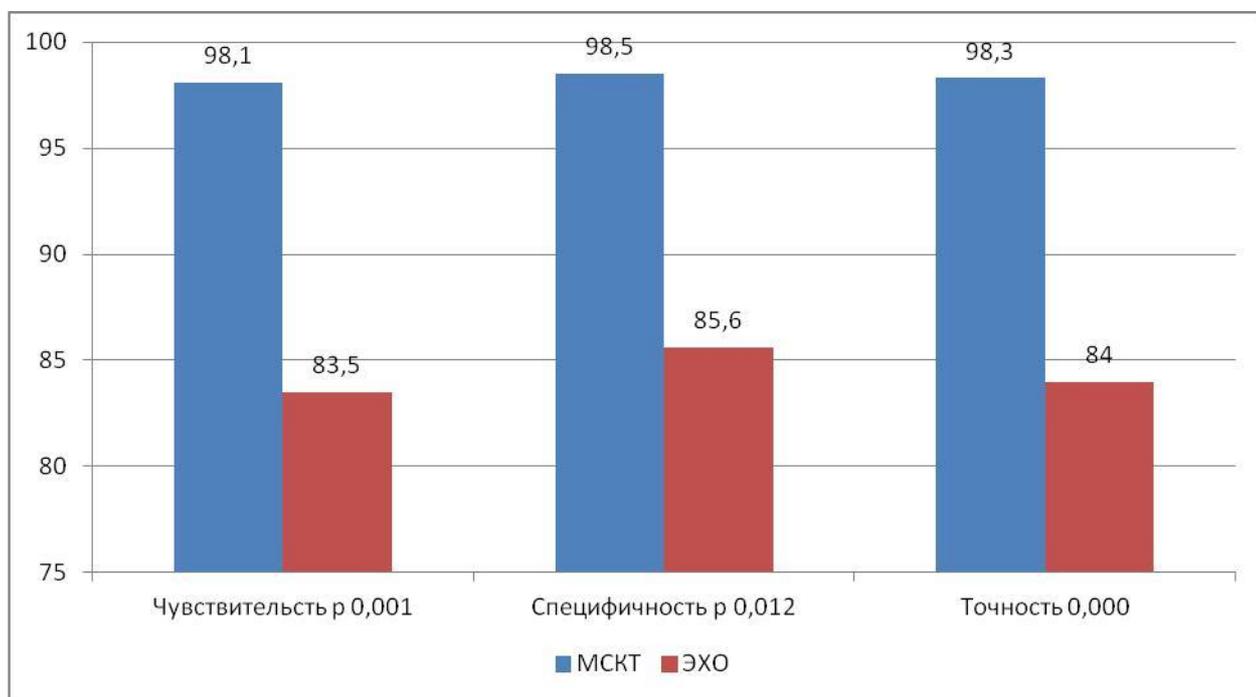


Рисунок 3.3.1. Диагностическая информативность МСКТ и ЭХО-КГ в оценке восходящего отдела аорты в группе пациентов с расслоением восходящего отдела аорты.

Также как и в группах пациентов с изолированными аневризмами аорты, обобщая все полученные данные при единовременном КТ-сканировании, принималось решение о необходимости и варианте выполнения хирургического лечения.

При выявлении диссекции АО без ее распространения на корень, нормальных размерах фиброзного кольца, нормальных показателях коаптации АК, нами была рекомендована ремоделирующая процедура - супракоронарное протезирование восходящего отдела АО.

В случае сочетания диссекции с аневризмой любого типа, при которых отмечалось распространение на корень аорты, снижение значений высоты и глубины коаптации проводилось ремоделирование корня аорты с сопутствующей

стабилизационной субвальвулярной анулопластикой или реимплантационная техника восстановления по David.

При вовлечении в процесс расслоения только некоронарного синуса или с минимальным вовлечением правого и левого коронарных синусов с сопутствующей аневризмой аорты любого типа выполнялась клапаносберегающая процедура Wolfe (протезирование восходящего отдела АО и некоронарного синуса).

При выраженной деформации, кальцинозе створок и/или диссекции АО любого типа проводилась замена АК и восходящего отдела АО клапаносодержащим кондуитом.

### 3.4. Результаты применения алгоритма подбора необходимых параметров кондуита для реконструкции корня аорты, основанном на результатах МСКТ-исследования

Учитывая вышеизложенные результаты применения МСКТ в диагностике аортальных пороков, нами предложен предоперационный МСКТ алгоритм подбора размеров кондуита при реконструктивных операциях на корне аорты.

Способ подбора линейных сосудистых протезов при клапаносохраняющих операциях на восходящем отделе аорты, включает определение диаметра синуса Вальсальвы ( $D_{св}$ ) в соответствующей возрастной группе (до 19-39 лет, более 39 лет) и площади поверхности тела. Новым является определение высоты створки аортального клапана ( $H_c$ ), которая соответствует половине размера аорты на уровне синотубулярного гребня ( $D_{стг}$ ) и половине диаметра ( $D_{п1}'$ ) дистального конца протеза:  $H_c = \frac{1}{2}D_{стг} = \frac{1}{2}D_{п1}'$ . Т.е. диаметр дистального конца протеза на уровне СТГ равен  $D_{п1}' = 2H_c$ .

Затем рассчитывают диаметр протеза ( $D_{п2}'$ ) в средней части (искомый диаметр линейного протеза), он же – диаметр аорты на уровне синуса Вальсальвы ( $D_{св}$ ):  $D_{п2}' = D_{св} = 1,25 \times D_{п1}'$ . Где 1,25 – коэффициент соотношения диаметра СТГ к диаметру СВ.

Вычисляют диаметр проксимального конца протеза ( $D_{п3}'$ ) равный диаметру аорты на уровне фиброзного кольца аортального клапана ( $D_{фк}$ ):  $D_{п3}' = D_{фк} = 0,68 \times D_{п2}'$ .

Для лучшего понимания способ подбора протеза схематично изображён на рисунке 3.4.1 «Первичный линейный протез» и рисунке 3.4.2 «Модифицированный протез», где 1 - диаметр дистального конца протеза соответствующий диаметру аорты на уровне СТГ ( $D_{п1}$ ); 2 - диаметр протеза в средней части (искомый диаметр линейного протеза), соответствующий диаметру аорты на уровне синусов Вальсальвы ( $D_{п2}$ ); 3 - диаметр проксимального конца протеза соответствующий диаметру аорты на уровне ФК ( $D_{п3}$ ). Важно, что диаметры протеза на всем его протяжении равны, т.е.  $D_{п1} = D_{п2} = D_{п3}$ . 4 - диаметр модифицированного дистального конца протеза ( $D_{п1}'$ ); 5 - диаметр неизменённой средней части протеза

(искомый диаметр линейного протеза,  $D_{п2}'$ ); 6 - диаметр модифицированного проксимального конца протеза ( $D_{п3}'$ ). Надо заметить, что  $D_{п2} = D_{п2}'$ .

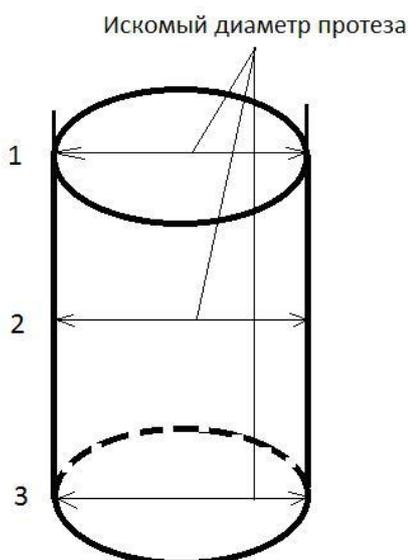


Рисунок 3.4.1. Первичный линейный протез. 1 - диаметр дистального конца протеза, соответствующий диаметру аорты на уровне СТГ ( $D_{п1}$ ); 2 - диаметр протеза в средней части (искомый диаметр линейного протеза), соответствующий диаметру аорты на уровне синусов Вальсальвы ( $D_{п2}$ ); 3 - диаметр проксимального конца протеза, соответствующий диаметру аорты на уровне ФК ( $D_{п3}$ ).

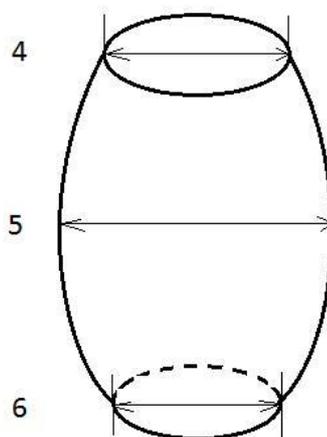


Рисунок 3.4.2. Модифицированный протез. 4 - диаметр модифицированного дистального конца протеза ( $D_{п1}'$ ); 5 - диаметр неизменной средней части протеза (искомый диаметр линейного протеза,  $D_{п2}'$ ); 6 - диаметр модифицированного проксимального конца протеза ( $D_{п3}'$ ).

По данным МСКТ определяют высоту створки аортального клапана ( $H_c$ ), которая соответствует половине диаметра аорты на уровне синотубулярного гребня ( $D_{стг}$ ) и половине диаметра протеза в области дистального конца протеза:  $H_c = \frac{1}{2}D_{стг} = \frac{1}{2}D_{п1}$ . То есть диаметр дистального конца протеза равен удвоенной величине высоты створки аортального клапана:  $D_{п1}' = 2H_c$ . При этом сужение, близкое к физиологическому, на данном уровне возможно сформировать за счет непосредственно анастомоза с аортой, пликаций, гофрирования некоронарного синуса или шовной техники модификации Дэвид Т. Техника определяется размерами восходящего отдела аорты и локализацией аневризмы.

Определяют диаметр протеза в средней части (диаметр задаваемого протеза,  $D_{п2}'$ ), равному диаметру аорты на уровне синусов Вальсальвы ( $D_{св}$ ), используя ранее измеренный диаметр на уровне синотубулярного гребня.  $D_{п2}' = D_{св} = 1,25 \times D_{п1}'$ . Данная формула выведена на основе практического опыта центра грудной хирургии ГБУЗ «НИИ-ККБ №1 им. проф. С.В. Очаповского». После этого необходимо сравнить полученное число с диаметром протеза на уровне синусов, рассчитанным на основе возраста и площади поверхности тела пациента:

1. Возраст  $\leq 19$  лет:  $D (CB \text{ пл}) = 1,02 + (0,98 \times \text{ППТ}) \pm (\text{диапазон значений} \pm 0,18)$ ,
2. Возраст 20-39 лет:  $D (CB \text{ пл}) = 0,97 + (1,12 \times \text{ППТ}) \pm (\text{диапазон значений} \pm 0,24)$ ,
3. Возраст  $\geq 40$  лет:  $D (CB \text{ пл}) = 1,92 + (0,74 \times \text{ППТ}) \pm (\text{диапазон значений} \pm 0,40)$ .

Зная, что нормальный диаметр фиброзного кольца по данным ЭХО-КГ (Европейские рекомендации) находится в пределах 20-31 мм (медиана 25,5), а на уровне синусов Вальсальвы 29-45 (медиана 37), определяют соотношение:

$$100\% - 37 \text{ (мм)}$$

$$X\% - 25,5 \text{ (мм)}, \text{ где } X = 68\%,$$

Отсюда можно определить диаметр аорты на уровне фиброзного кольца ( $D_{фк}$ ), он же равен диаметру протеза в области проксимального его конца:  $D_{п3}' = D_{фк} = 0,68 \times D_{п2}'$ .

С целью клинической апробации нами выделены две группы больных, которым требовалась реконструкция восходящего отдела аорты. В первой группе (30 человек) необходимые измерения и формирование сосудистого кондуита проводили интраоперационно в рамках традиционного подхода. Во второй группе (26 человек) в ходе предоперационного планирования использовался алгоритм с использованием измерений по данным МСКТ и применения формулы, а, соответственно, все необходимые расчёты и формирование кондуита выполнялись перед началом основного этапа.

В таблице 3.4.1 представлены основные интраоперационные показатели, определяющие тяжесть и объем хирургического вмешательства (время ишемии миокарда, длительность искусственного кровообращения), которые можно модифицировать благодаря качественной предоперационной подготовке и слаженной работе хирургической бригады.

Таблица 3.4.1 Интраоперационные результаты реконструкции восходящего отдела аорты

Показатели	Интраоперационные измерения	Предоперационный протокол расчёта	p
Длительность ИК, мин	98(61;125)	88(59;112)	0,811
Длительность ишемии миокарда, мин	78(35;89)	76(34;84)	0,632

Из показателей, приведённых в таблице 3.4.1 видно, что, данные, полученные в ходе детального предоперационного МСКТ исследования, позволили ещё до хирургического вмешательства подготовить необходимый кондуит для реконструкции восходящей аорты. Это позволило значительно сократить время пережатия аорты и искусственного кровообращения.

Основные показатели госпитального периода представлены в таблице 3.4.2.

Таблица 3.4.2. Основные показатели госпитального периода у больных после реконструкции восходящего отдела аорты

Показатель	Группа без применения МСКТ-протокола	Группа с применением МСКТ-протокола	p
Летальность	6,7%	3,8%	0,161
Периоперационный инфаркт миокарда	6,7%	3,8%	0,122
ОНМК	3,3%	0	0,219
Постгипоксическая энцефалопатия	10%	7,7%	0,420
Острая почечная дисфункция	6,7%	3,8%	0,160
Рестернотомия по поводу кровотечения	6,7%	3,8%	0,186
Длительность пребывания в реанимационном отделении, койко/дни	4 (1;8)	3 (1; 10)	0,554
Стерномедиастинит	3,3%	0	0,204

В обеих группах не отмечено статистически значимых различий в основных показателях раннего послеоперационного периода. Однако прослеживается тенденция к снижению количества осложнений (в среднем на 15%), обусловленных длительностью искусственного кровообращения, гипотермии, циркуляторного ареста и ишемии миокарда. Отмечалось два летальных исхода (6,7%) в первой группе и один (3,3%) - в группе с применением МСКТ-протокола.

Выявленные осложнения, такие как рестернотомия, постгипоксическая энцефалопатия, почечная дисфункция, возникавшие в раннем послеоперационном периоде, статистически не различались в исследуемых группах (представлены в

таблице 3.4.2), однако, отмечалась тенденция к снижению количества пациентов с наличием острого нарушения мозгового кровообращения, воспалительных изменений стернотомной раны.

Наиболее частым осложнением со стороны нервной системы (около 8,9% случаев) явилась постгипоксическая энцефалопатия, диагностированная по данным консультации неврологов. У одного пациента (3,3%) было диагностировано острое нарушение мозгового кровообращения по клинико-инструментальным данным с регрессией симптоматики за период госпитализации. Также у трех пациентов (5,3%) был выявлен периоперационный инфаркт миокарда с благоприятным исходом. Развитие подобных осложнений связано с последствиями использования искусственного кровообращения и временным циркуляторным арестом, а также сопутствующими заболеваниями пациентов.

Острая почечная дисфункция регистрировалась у трех больных (5,3%), на основании стойкого повышения уровня креатинина и мочевины в крови в послеоперационном периоде. Причины возникновения преимущественно связаны с существующей перед операцией нефропатией у возрастных пациентов на фоне сопутствующего сахарного диабета. У всех пациентов она носила обратимый характер.

Ревизия раны с целью остановки послеоперационного кровотечения потребовалась также трем больным (5,3%).

Длительность пребывания пациентов в отделении реанимации после операции была стандартной. В подавляющем большинстве случаев при неосложнённом течении послеоперационного периода больные переводились в отделение на первые сутки, отмечалось сокращение сроков пребывания в условиях реанимации у пациентов после применения способа подбора кондуита.

Средняя длительность пребывания в стационаре при неосложнённом течении послеоперационного периода составила около 12 суток.

В результате проведённого исследования не получено статистически значимой разницы в исходах хирургического лечения пациентов с аневризмой аорты с использованием разработанного алгоритма и без такового. Однако

обнаружена стойкая тенденция к уменьшению времени операции и количества послеоперационных осложнений, снижение летальности. Дальнейшее совершенствование и внедрение алгоритма предоперационного планирования, основанного на МСКТ исследовании, позволит улучшить результаты хирургической коррекции патологии корня аорты.

Иллюстрацией применения предложенного протокола в реальной клинической практике могут служить следующие примеры:

Пример.

1. Пациентка Б., 19 лет, поступила в ГБУЗ «НИИ-ККБ№1» 10.06.2017 г. в плановом порядке. Площадь поверхности тела – 1,84 м<sup>2</sup>.

Диагноз при поступлении: Синдром Марфана. Недостаточность аортального клапана 2 степени. Аневризма корня и восходящего отдела аорты.

При поступлении выполнено дополнительное обследование.

По данным ЭХО-КГ: корень аорты расширен. Максимальный диаметр корня аорты составляет 57 мм. Диаметр аорты на уровне СТГ – 49 мм, на уровне средней трети восходящего отдела аорты – 43 мм. АК трехстворчатый, створки интактны. Регургитация - 2 степень.

По данным МСКТ: диаметр ФК - 28 мм, диаметр на уровне СВ – 56 мм, на уровне СТГ – 48 мм, на уровне средней трети восходящего отдела аорты - 42 мм, высота смыкания створок – 4 мм, глубина смыкания створок – 2 мм, высота створки клапана – 7,4 мм, высота синуса Вальсальвы – 9 мм, расстояние до ЛКА – 13 мм, до ПКА – 12 мм, площадь аортальной регургитации - 1,46 см<sup>2</sup>, створки клапана интактны.

Рассчитаны параметры протеза:

$$1. \quad H_c = \frac{1}{2}D_{стг},$$

2.  $D_{п'2} = D_{св} = 1,25 \times D_{п'1} = 1,25 \times 26 = 32,5$  мм, что соответствует цифре диаметра синусов Вальсальвы, полученной на основе площади поверхности тела.

Возраст  $\leq 19$ :  $D_{св} = 1,02 + (0,98 \times ППТ) \pm (\text{диапазон значений} \pm 0,18) = 32,5 \pm 0,40$  мм;

$$3. \quad D_{пз'} = D_{фк} = 0,68 \times D_{п'2} = 0,68 \times 32,5 = 22,1 \text{ мм};$$

12.06.2017 г. пациентке была выполнена операция – клапаносохраняющее протезирование корня и восходящего отдела аорты линейным сосудистым протезом 32 мм (Dп2') по методу David в модификации Miller. Проксимальный конец (Dпз') протеза был сужен до 22 мм с помощью кистной техники на сайзере. Сужение в области синотубулярного гребня (Dп1') было сформировано также за счет кистной методики на 26-ти миллиметровом калибраторе. После чего выполнен протезо-протезный анастомоз с 32-ти миллиметровым протезом. Время искусственного кровообращения составило 146 минут, время ишемии миокарда - 129 минут.

Послеоперационный период протекал без особенностей.

Пациентка обследована через 12 месяцев после операции.

По данным МСКТ: диаметр ФК – 22 мм, диаметр на уровне СВ – 32 мм, на уровне СТГ – 26 мм, на уровне средней трети восходящего отдела АО - 28 мм, высота смыкания створок – 10 мм, глубина смыкания створок - 6 мм, высота створки – 17 мм, высота синуса – 22 мм, расстояние до ЛКА - 11 мм, до ПКА – 12 мм, площадь коаптации клапана - 0,09 см<sup>2</sup>.

Патологии зоны оперативного вмешательства не выявлено.

2. Пациент К., 20 лет, поступил в стационар 22.04.2018 г. в плановом порядке. Площадь поверхности тела – 1,90 м<sup>2</sup>.

Диагноз при поступлении: Синдром Элерса-Данлоса. Недостаточность аортального клапана 2-3 степени. Аневризма корня и восходящего отдела аорты.

При поступлении выполнено дополнительное обследование.

По данным ЭХО-КГ: корень аорты расширен. Максимальный диаметр корня аорты составляет 55 мм. Диаметр аорты на уровне СТГ – 50 мм, на уровне средней трети восходящего отдела аорты – 43 мм. АК трехстворчатый, створки интактны. Регургитация 1-2 степень.

По данным МСКТ: диаметр фиброзного кольца – 28 мм, диаметр на уровне СВ – 56 мм, на уровне СТГ – 49 мм, на уровне средней трети восходящего отдела аорты - 47 мм, высота смыкания створок – 6 мм, глубина смыкания створок – 3 мм, высота створки – 12 мм, высота синуса – 20 мм, расстояние до ЛКА – 12 мм, до

ПКА – 13 мм, площадь аортальной регургитации - 1,52 см<sup>2</sup>, створки клапана интактны.

Рассчитаны параметры протеза:

1.  $H_c = \frac{1}{2}D_{стг}$ ,

2.  $D_{п2}' = D_{св} = 1,25 \times D_{п1}' = 1,25 \times 24 = 30$  мм, что соответствует цифре диаметра синусов Вальсальвы, полученной на основе ППТ. Возраст 20-39 лет:  $D_{св} = 0,97 + (1,12 \times ППТ) \pm (\text{диапазон значений} \pm 0,24) = 30,98 \pm 0,24$  мм;

3.  $D_{п3}' = D_{фк} = 0,68 \times D_{п2}' = 0,68 \times 30 = 20,4$  мм;

26.04.2018 г. пациенту была выполнена операция David в модификации Miller сосудистым протезом 30 мм ( $D_{п2}'$ ) по методу Miller. Проксимальный конец ( $D_{п3}'$ ) протеза был сужен до 21 мм с помощью кيسетной техники на сайзере. Сужение в области синотубулярного гребня ( $D_{п1}'$ ) было сформировано также за счет кисетной методики на 24-х миллиметровом калибраторе. После чего выполнен протезо-протезный анастомоз с 26-ти миллиметровым протезом. Время искусственного кровообращения составило 152 минут, время ишемии миокарда - 127 минут.

Послеоперационный период протекал без особенностей.

Пациент обследован через 12 месяцев после операции.

По данным МСКТ: диаметр фиброзного кольца – 21 мм, диаметр на уровне СВ – 30 мм, на уровне СТГ – 24 мм, на уровне средней трети восходящего отдела аорты - 26 мм, высота смыкания створок – 12 мм, глубина смыкания - 6 мм, высота створки – 19,2 мм, высота синуса – 23 мм, расстояние до ЛКА - 14 мм, до ПКА – 13 мм, площадь коаптации клапана - 0,02 см<sup>2</sup>.

Патологии зоны оперативного вмешательства не выявлено.

3. Пациент Т., 39 лет, поступил в стационар 17.01.2016 г. в плановом порядке. Площадь поверхности тела – 1,97 м<sup>2</sup>.

Диагноз при поступлении: Недостаточность аортального клапана 3 степени. Аневризма корня и восходящего отдела аорты. ХСН IA стадии, функциональный класс II. Гипертоническая болезнь II степени, риск II. Ожирение 1 степени.

При поступлении выполнено дополнительное обследование.

По данным ЭХО-КГ: корень аорты расширен. Максимальный диаметр корня аорты составляет 58 мм. Диаметр аорты на уровне СТГ – 48 мм, на уровне средней трети восходящего отдела аорты – 41,1 мм. АК трёхстворчатый, створки интактны. Регургитация 2 степени.

По данным МСКТ: диаметр ФК - 29 мм, диаметр на уровне СВ – 58 мм, на уровне СТГ – 48 мм, на уровне средней трети восходящего отдела аорты - 41,1 мм, высота смыкания створок – 14 мм, глубина смыкания створок – 3 мм, высота створки - 11,4 мм, высота синуса – 19 мм, расстояние до ЛКА – 14 мм, до ПКА – 14 мм, площадь аортальной регургитации - 1,36 см<sup>2</sup>, створки клапана интактны.

1.  $H_c = \frac{1}{2}D_{СТГ}$ ,

2.  $D_{п2}' = D_{св} = 1,25 \times D_{п1}' = 1,25 \times 22,8 = 28,5$  мм. Видно, что нет соответствия с цифрой диаметра синусов Вальсальвы, полученной на основе ППТ. Возраст 20-39 лет:  $D_{св} = 0,97 + (1,12 \times ППТ) \pm (\text{диапазон значений} \pm 0,24) = 31,76 \pm 0,24$  мм. Поэтому необходимо взять протез диаметром равным среднему значению между ними, а именно – 30 мм.

4. Пациент М., 40 лет, поступил в стационар 04.03.2017 г. в плановом порядке. Площадь поверхности тела – 2,39 м<sup>2</sup>.

Диагноз при поступлении: Недостаточность аортального клапана 2-3 степени. Аневризма корня аорты. ХСН ПА стадии, функциональный класс III. Гипертоническая болезнь III степени, риск IV. Ожирение 2 степени. При поступлении выполнено дополнительное обследование.

По данным ЭХО-КГ: корень аорты расширен. Максимальный диаметр корня аорты составляет 61 мм. Диаметр аорты на уровне СТГ – 51 мм, на уровне средней трети восходящего отдела аорты – 44,2 мм. АК трехстворчатый, створки интактны. Регургитация 1-2 степени.

По данным МСКТ: диаметр кольца - 31 мм, диаметр на уровне синусов – 65 мм, на уровне СТГ – 55 мм, на уровне с/3 восходящего отдела аорты - 45 мм, высота смыкания створок – 6 мм, глубина смыкания створок – 3 мм, высота створки

-14 мм, высота синуса – 22 мм, расстояние до ЛКА – 14 мм, до ПКА – 15 мм, площадь аортальной регургитации - 1,38 см<sup>2</sup>, створки клапана интактны.

1.  $H_c = \frac{1}{2}D_{CTG}$ ,

2.  $D_{п2}' = D_{св} = 1,25 \times D_{п1}' = 1,25 \times 28 = 35$  мм, что соответствует цифре диаметра синусов Вальсальвы, полученной на основе ППТ. Возраст  $\geq 40$  лет:  $D_{св} = 1,92 + (0,74 \times ППТ) \pm (\text{диапазон значений} \pm 0,40) = 36 \pm 0,40$  мм;

3.  $D_{п3}' = D_{фк} = 0,68 \times D_{п2}' = 0,68 \times 35 = 23,8$  мм;

11.03.2017 г. пациенту была выполнена операция David линейным сосудистым протезом 36 мм ( $D_{п2}'$ ). Проксимальный конец ( $D_{п3}'$ ) протеза был сужен до 31 мм с помощью кисетной техники. Сужение в области синотубулярного гребня ( $D_{п1}'$ ) сформировано также за счет кисетной методики на 28-миллиметровом калибраторе. После чего выполнен протезо-протезный анастомоз с 32-х миллиметровым протезом. Время искусственного кровообращения составило 156 минут, время ишемии миокарда - 130 минут.

Послеоперационный период протекал без особенностей.

Пациент обследован через год после оперативного вмешательства.

По данным МСКТ: диаметр ФК – 24 мм, диаметр на уровне синусов – 35 мм, на уровне СТГ – 28 мм, на уровне средней трети грудного отдела аорты - 44,2 мм, высота смыкания створок – 12 мм, глубина смыкания - 7 мм, высота створки – 16 мм, высота синуса – 25 мм, расстояние до левой коронарной артерии - 15 мм, до правой – 15 мм, площадь коаптации - 0,03 см<sup>2</sup>.

Патологии зоны оперативного вмешательства не выявлено.

Таким образом, нами предложен простой и объективный способ оценки параметров корня аорты, подбора требуемого сосудистого кондуита. Данный метод применим на практике, так как построен на основании измерения высоты створки клапана и неизменяемых взаимоотношений элементов корня аорты. Предложенный метод внедрён в рутинную хирургическую практику ГБУЗ «Научно-исследовательский институт - Краевая клиническая больница №1 им. проф. Очаповского С.В.».

### 3.5. МСКТ исследование корня аорты в оценке послеоперационного периода

Роль МСКТ в оценке отдалённых результатов хирургического лечения изучалась посредством контрольного обследования пациентов в амбулаторных условиях поликлиники.

В сроки от 3 до 20 месяцев пациентам после клапансохраняющих операций проводилось полное клиническое и инструментальное обследование (осмотр, ЭКГ, ЭХО-КГ, МСКТ (рис. 3.5.1.).



Рисунок 3.5.1. МСКТ пациентов после реконструктивных вмешательств на корне аорты с измерением высоты коаптации АК (а), VRT-реформация (б).

Результаты измерения основных анатомо-функциональных структур корня аорты полученные при МСКТ и ЭХО-КГ заносились в таблицу и сопоставлялись между собой (табл. 3.5.1.).

С высокой степенью статистической значимости ( $p=0,659$ ) можно утверждать, что компьютерная томография позволяет определять основные геометрические характеристики восходящего отдела аорты у прооперированных пациентов с точностью не меньшей, чем ультразвуковой метод.

Таблица 3.5.1. Исследования корня аорты в отдалённом послеоперационном периоде.

Показатель	МСКТ	ЭХО	p
Диаметр фиброзного кольца АК, мм	24(23;25)	25(22;26)	0,789
Диаметр на уровне проксимального конца протеза, мм	36(35;39)	36(34;38)	0,579
Диаметр на уровне дистального конца протеза, Мм	31(27;31)	29(26;33)	0,659
Диаметр среднего отдела восходящей аорты, Мм	30(28;30)	30(29;31)	0,567
Площадь коаптации АК, см <sup>2</sup>	0,03(0,01;0,03)	0,03(0;0,04)	0,161

По результатам исследования были рассчитаны показатели диагностической информативности МСКТ и ЭХО-КГ в оценке основных анатомических структур корня аорты. Полученные значения, представлены в таблице 3.5.2. Высокие значения чувствительности, специфичности и точности (около 99%) свидетельствуют о диагностических преимуществах МСКТ перед ЭХО-КГ в отслеживании возможных особенностей и осложнений позднего послеоперационного периода у пациентов с патологией аорты.

Общая диагностическая информативность МСКТ и ЭХО в оценке структур восходящего отдела аорты после хирургической реконструкции представлена на гистограмме (рис. 3.5.2.).

Таблица 3.5.2. Диагностическая информативность МСКТ и ЭХО-КГ в оценке восходящего отдела аорты у прооперированных пациентов.

Показатель	Чувствительность		Специфичность		Точность		p
	МСКТ	ЭХО	МСКТ	ЭХО	МСКТ	ЭХО	
Диаметр фиброзного кольца АК, мм	99,5%	98,1%	99,9%	98,9%	99,8%	97,5%	0,748
Диаметр на уровне проксимального конца протеза, мм	99,4%	98,0%	99,4%	98,9%	99,5%	98,0%	0,623
Диаметр на уровне дистального конца пртеза, мм	99,5%	98,3%	99,3%	98,7%	99,3%	97,6%	0,394
Диаметр среднего отдела восходящей аорты, мм	99,4%	98,1%	99,4%	98,8%	99,4%	97,9%	0,419
Площадь коаптации, см <sup>2</sup>	96,3%	95,2%	95,3%	94,2%	96,3%	97,9%	0,185

Выполнение МСКТ после хирургического вмешательства на аорте не входит в протокол обязательного отсроченного наблюдения. Однако по сравнению с традиционно выполняемыми обследованиями (ЭХО-КГ), МСКТ позволяет более детально оценить морфо-функциональные особенности такого сложного анатомического образования, как корень аорты, особенно после вторичных изменений вследствие хирургического вмешательства (чувствительность 99,9%, специфичность 99,8%).

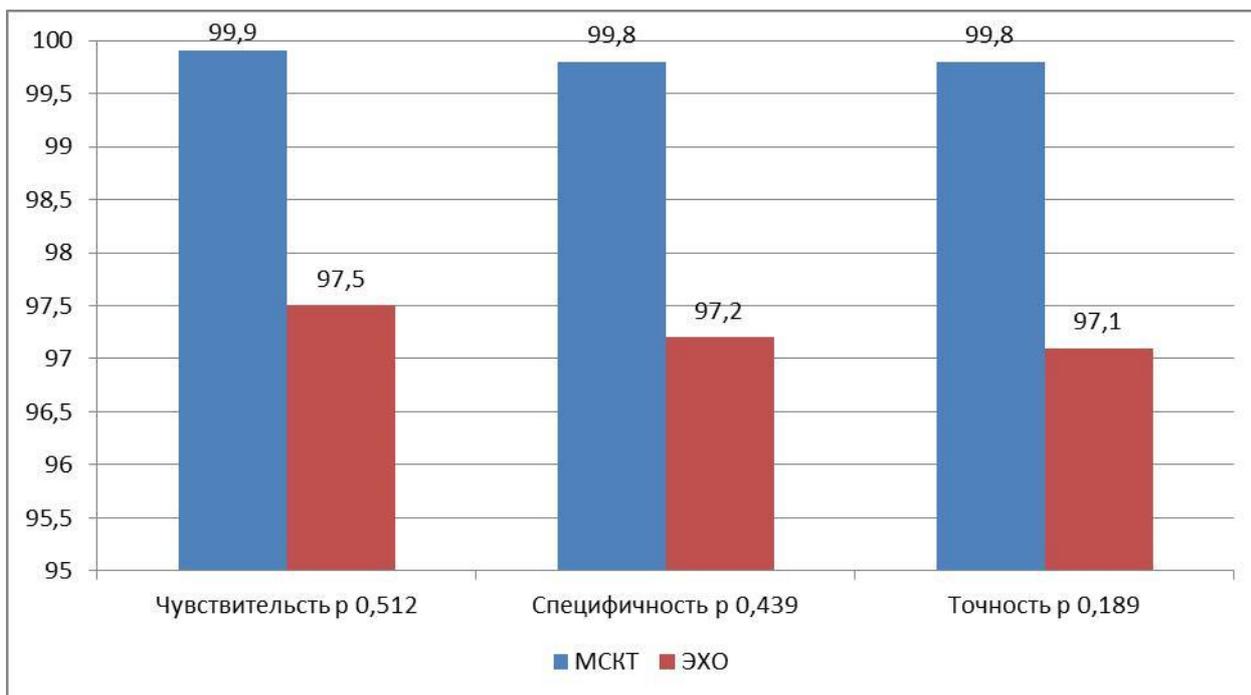


Рисунок 3.5.2. Диагностическая информативность МСКТ и ЭХО-КГ в оценке восходящего отдела аорты у прооперированных пациентов

Кроме того КТ является золотым стандартом для выявления таких ранних и поздних послеоперационных осложнений, как парааортальная гематома, стерномедиастинит, несостоятельность стернорамии, гидроторакс. Пациентам после операций по поводу диссекции корня аорты требуется периодическое наблюдение в связи с риском образования ложной аневризмы по линии анастомоза. При вовлечении в расслоение нисходящего отдела грудной и брюшной аорты пациентам необходимо ежегодное наблюдение для определения необходимости проведения дополнительных эндоваскулярных процедур.

С каждым годом возрастает количество хирургических вмешательств, выполняемых для лечения заболеваний восходящего отдела аорты. Успешная реконструкция корня аорты невозможна без активного использования всех возможностей МСКТ. Компьютерная томография необходима и важна не только для выявления и диагностики патологического процесса и его распространения, но и для обеспечения точного дооперационного планирования объёма вмешательства, послеоперационной оценки функциональных параметров корня аорты, а также раннего и своевременного выявления возможных осложнений.

## ГЛАВА IV.

### ЗАКЛЮЧЕНИЕ. ОБСУЖДЕНИЕ ПОЛУЧЕННЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ

Современное развитие компьютерной томографии вывело диагностические возможности на очень высокий уровень. Высокое разрешение, использование контрастных препаратов, ЭКГ-синхронизация позволяют добиваться превосходного качества изображения сердца и магистральных артерий. Как сердце, так и корень аорты являются крайне сложными анатомо-функциональными структурами. Достижения в совершенствовании МСКТ позволяют получать диагностическую информацию об этой зоне с высоким уровнем анатомической детализации, что является востребованным для индивидуализации в выборе оперативного лечения пациентов [88].

Приобретённая патология восходящего отдела и дуги аорты часто требует крайне сложной хирургической коррекции. Для реконструкции корня аорты могут использоваться различные методики. В практике чаще используются: замена клапана и восходящей аорты (процедура Bentall и Cabrol), протезирование аортального клапана и восходящей аорты гомографтом из лёгочной артерии (процедура Росса), клапаносохраняющая операция David и супракоронарное протезирование аорты. Специалисты лучевой диагностики для адекватной визуализации и интерпретации результатов исследования должны быть хорошо знакомы с анатомией корня аорты и представлять себе основные хирургические вмешательства на этой зоне. Визуализирующие методики должны отвечать требованиям безопасности для пациента и предоставлять следующую информацию: локализация и степень распространенности заболевания, максимальный диаметр аорты на разных уровнях, вовлеченность в патологический процесс смежных ее сегментов, наличие возможных осложнений, тромбоза ложного просвета при диссекции, нарушение перфузии паренхиматозных органов [95].

Экспертная визуализация является неотъемлемой частью диагностики и лечения и в послеоперационном периоде. Различные осложнения, например, парааортальные гематомы, параклапанные фистулы, стерномедиастиниты, стенозы

анастомозов требуют своевременного выявления и устранения. Искусственные протезы, тефлоновые прокладки, шовный материал могут создавать артефакты и требуют дифференциальной диагностики [118].

Наиболее распространёнными методиками для исследования корня аорты являются МСКТ, трансторакальная и трансэзофагеальная эхокардиография, магнитно-резонансная томография. Часто они являются взаимодополняющими. МСКТ имеет многочисленные преимущества, что делает её методом выбора в диагностике патологии аорты на разных уровнях. При стандартном исследовании данный метод включает в себя построение изображений восходящего и нисходящего отделов аорты, брахицефальных и других магистральных артерий.

[73]. Трансторакальная эхокардиография является более доступным методом и может использоваться даже у постели больного, позволяет достаточно полно оценить восходящий отдел АО и некоторые кардиальные осложнения (гемоперикард, аортальную регургитацию, ишемию миокарда). Однако при дилатированном корне аорты, а также в условиях расслоения, метод эхокардиографии, зачастую не может дать полную информацию о состоянии корня АО, аортальном клапане и их взаимоотношении, и для более полного анализа возникает необходимость проведения транспищеводной эхокардиографии, но в условиях расслоения аорты, особенно острой, выполнение ее затруднено. В этих ситуациях значительно возрастает диагностическая роль мультиспиральной компьютерной томографии, как метода, позволяющего провести точный количественный и качественный анализ геометрии корня аорты, определить уровень расслоения относительно фиброзного кольца аортального клапана, глубину коаптации створок и их размеры. Эти данные являются ключевыми в принятии решения о возможности клапансохраняющей операции, что в итоге позволит хирургу выбрать оптимальную хирургическую тактику лечения – сохранять клапан аорты или его протезировать [88].

В нашей работе мы изучили возможности МСКТ для исследования анатомии корня аорты в норме и при патологии, диагностический потенциал метода для предоперационного обследования и контроля в послеоперационном

периоде. Рутинная оценка аорты чаще всего проводится с помощью КТ-ангиографии. В отличие от обычной ангиографии, МСКТ относительно неинвазивна и обеспечивает превосходное качество изображения, включая возможности многоплоскостного и трехмерного преобразования [40]. Кроме того, МСКТ позволяет получать изображение окружающих структур, средостения, выявлять сочетанную патологию других органов [150].

Частным вопросом компьютерной томографии является детальное изображение и представление такой важной анатомической области, как корень аорты. Точная анатомическая информация при построении трехмерной модели позволяет оценить взаимоотношение структур корня аорты и коронарных артерий.

Метод КТ-ангиографии, посредством введения йодсодержащего контрастного препарата, позволяет визуализировать сосудистые структуры в артериальную и венозную фазы. Однако вблизи сердца эта методика даёт большое количество артефактов. Искажения изображения, связанные с интенсивными сердечными сокращениями, могут имитировать структурную патологию (например, расслоение аорты). Степень выраженности артефактов зависит от способа визуализации и особенно актуальна для восходящей аорты на уровне аортального клапана и синусов Вальсальвы. Использование МСКТ с ЭКГ - синхронизацией позволяет получить высокое качество изображения во всех фазах сердечного цикла. Этот метод особенно важен при оценке устьев коронарных артерий, створок аортального клапана [42]. К преимуществам МСКТ относится также более низкая доза облучения, чем при обычной КТ-ангиографии, что сводит к минимуму радиационное воздействие при оптимальном качестве изображения. Для грамотной интерпретации изображений, полученных при МСКТ, необходимо не только качественная визуализация, но и знание самим специалистом особенностей анатомии и вариантов хирургических вмешательств в данной зоне [136].

Для уточнения возможностей МСКТ в оценке нормальных размеров структур корня аорты нами исследована группа пациентов без патологии аорты и аортального клапана. В неё вошли 50 пациентов (39 мужчин и 11 женщины) в возрасте от 19 до 78 лет. Всем пациентам были выполнены трансторакальная ЭХО-КГ и МСКТ. По результатам исследования выявлено, что МСКТ не только не

уступает в информативности ( $p=0,522$ ), но по точности превосходит традиционную ЭХО-КГ и может использоваться для изучения анатомических особенностей корня аорты, что было получено при сравнении диаметров аорты на уровне ФК, синусов Вальсальвы, СТГ и средней трети восходящего отдела, а также площади коаптации АК. Полученные результаты согласуются с общепризнанной мировой практикой, демонстрирующей чувствительность МСКТ до 100%, и специфичность – 98-99% [40].

Наиболее распространёнными показаниями к хирургической реконструкции являются аневризмы и расслоения восходящего отдела аорты. У пациентов с аневризмой восходящей аорты риск разрыва, расслоения или смерти увеличивается с размером и достигает 14,1% [57].

В нашем исследовании использование МСКТ на дооперационном этапе позволило детально изучить строение корня аорты, оценить размеры его структур, определить анатомический тип аневризмы АО (анулоаортальный, супраанулярный). При этом были проанализированы результаты 25 (14,6%) пациентов с анулоаортальными аневризмами и 56 (32,7%) больных с супраанулярными аневризмами. Показано большее соответствие результатов компьютерной томографии интраоперационным данным по отношению к эхокардиографии. Точность МСКТ и ТТЭХО-КГ в оценке ФК составила 99,8% и 97,5% соответственно, в оценке ПРАК – 92,9% и 96,5% соответственно.

Нами в алгоритм предоперационной оценки аневризм и диссекций аорты была включена оценка таких параметров, как высота и глубина коаптации АК, площадь регургитации и площадь коаптации АК, что ранее оценивалось посредством интраоперационных измерений. При этом одновременно с оценкой степени поражения корня и восходящего отдела аорты, мы могли оценить состоятельность клапана и степень вовлеченность корня, что позволяло выбрать соответствующий метод коррекции дилатированного ФК и/или другой части. Была доказана статистически значимая корреляция между высотой и глубиной

коаптации аортального клапана с возможностью выполнения клапаносохраняющей операции ( $p=0,000$ ). Наши данные подтверждаются работами Zoghbi W.A с соавторами, в которых рассматривается выбор техники восстановления аортального клапана в зависимости от исходного типа регургитации [177].

У пациентов с расслоением восходящей аорты операция проводится в экстренном порядке по жизненным показаниям из-за ассоциированного риска прогрессирования, разрыва аорты и тампонады сердца [129]. Роль визуализирующих методик крайне важна для определения тактики лечения. Это не только верификация диагноза, но и стратификация риска, прогнозирование возможных осложнений, планирование операции в острую стадию или выбор тактики лечения в подострую или хроническую стадии.

Нами доказано статистически значимое преимущество в чувствительности и специфичности компьютерной томографии по отношению к эхокардиографии (чувствительность 98,1% и 83,5%,  $p=0,001$ , специфичность 98,5% и 85,6%,  $p=0,012$ , соответственно) в оценке восходящего отдела аорты в группе пациентов с острым расслоением восходящего отдела аорты. Примерно аналогичные данные получил и Eric M. Isselbacher, занимавшийся проблемой сравнения МСКТ и ЭХО-КС [78].

Основываясь на результаты МСКТ-данных пациентов на дооперационном этапе нашего исследования, анализа структур корня аорты, их размеров, состояния створок АК, степени изменения его коаптации и корреляции полученных данных со степенью дилатации ФК при различных типах аневризм восходящей АО и в группе пациентов с ее расслоением, нами были сформированы критерии выбора метода хирургического вмешательства при патологии восходящего отдела АО:

- при наличии неизмененных створок аортального клапана, отсутствия их выраженной деформации с сопутствующей супраанулярной аневризмой восходящей АО и/или диссекции АО без распространения на корень предпочтение отдавалось супракоронарному протезированию восходящего отдела АО;

- у пациентов с наличием анулоаортальной аневризмы восходящей аорты или расслоением АО с распространением на ее корень, деформацией АК, значимым снижением его коаптации было показано ремоделирование корня аорты

с сопутствующей анулопластикой или техника восстановления АК (модификации операции T.David III, IV, V, David Seattle);

- у пациентов с выраженными изменениями створок АК и наличием аневризмы и/или диссекции любого типа проводилась замена АК и восходящего отдела аорты клапаносодержащим кондуитом (операция Bentall - De Bono и его модификация N. Kouchoukos).

Даже в случае своевременно начатых лечебно-диагностических действий, хирургическая коррекция корня аорты остается операцией крайне высокого риска. Летальность по данным разных авторов оценивается от 2 до 7%. Кроме того значимыми являются: кровотечения, неврологические осложнения, сердечная недостаточность [131]. Важной частью нашей работы явились разработка и внедрение специального протокола планирования хода операции, основанного на данных МСКТ-измерений. Использование нашего протокола позволило существенно оптимизировать время операции (время ишемии миокарда уменьшается с  $98 \pm 27$  мин до  $89 \pm 22$  мин,  $p < 0,001$ ; время искусственного кровообращения уменьшается с  $196 \pm 38$  мин до  $158 \pm 41$  мин,  $p < 0,001$ ), что привело к снижению периоперационных осложнений (более низкий процент развития острой почечной дисфункции, постгипоксической энцефалопатии), уменьшению летальности в группе с использованием протокола МСКТ.

Аортальная недостаточность является наиболее частым осложнением клапаносохраняющих процедур [57]. В двух разных исследованиях David с коллегами сравнивали отдалённые результаты реконструктивных процедур на корне аорты. Было выявлено, что техника реимплантации приводила к меньшему числу случаев аортальной недостаточности в отдалённом периоде [63].

Приведённые данные соответствуют результатам, полученным в нашей работе. При оценке отдалённых результатов хирургической коррекции корня аорты нами получена значимая корреляция между МСКТ и ЭХО-КГ, а также высокая точность компьютерной томографии (чувствительность 99,7% и 98,5%,  $p = 0,239$ , специфичность 99,3% и 98,1%,  $p = 0,198$ , соответственно). Компьютерная томография позволяла не только выполнять измерения на разных уровнях протеза и

аорты, но и оценивать функцию реимпанированного аортального клапана, его состоятельность путем применения степеней оценки по К. Petig, ранее использовавшихся исключительно в ультразвуковой диагностике. Кроме этого МСКТ позволяет визуализировать изменения, недоступные ультразвуковому исследованию (стерномедиастинит, несостоятельность стернорамии, гидроторакс).

Таким образом, для оптимального выбора метода хирургической коррекции, определения его эффективности, прогнозирования результата выполненной операции с помощью МСКТ, нами были изучены особенности структуры корня и восходящего отдела аорты, определены критерии оценки состояния АК и его функции, необходимые для подбора оптимального сосудистого кондуита.

Совершенствование конструкции и программного обеспечения компьютерных томографов всё больше увеличивают значимость этого рентгенологического метода в диагностике многих патологических состояний. На современном этапе метод МСКТ незаменим в визуализации и диагностике заболеваний корня аорты. В дальнейшем его роль будет только расти.

## ВЫВОДЫ

1. Мультиспиральная компьютерная томография позволяет получить более полную и точную оценку морфофункциональных изменений корня аорты по сравнению с традиционным ультразвуковым исследованием. Чувствительность и специфичность: УЗИ 98,8% и 98,5%, против МСКТ 99,9% и 99,8% - в норме ( $p=0,795$ ); УЗИ 88,9% и 89,9%, против МСКТ 98,6% и 94,6% - при патологии ( $p=0,012$ ).

2. Результаты измерений основных параметров корня аорты, полученные при использовании предложенного протокола МСКТ - исследования, соответствуют интраоперационным измерениям ( $p=0,861$ ) и могут быть применены для предварительного планирования хода операции, а определение высоты и глубины коаптации аортального клапана позволяет прогнозировать выбор метода хирургической коррекции ( $p=0,000$ ).

3. Разработанный способ предоперационного моделирования линейного сосудистого протеза на основе данных компьютерной томографии позволяет существенно оптимизировать процесс и результаты хирургического лечения больных с патологией восходящего отдела аорты, за счет уменьшения времени основного этапа операции (время ишемии миокарда уменьшается с  $98 \pm 27$  мин до  $89 \pm 22$  мин,  $p<0,001$ ; время искусственного кровообращения уменьшается с  $196 \pm 38$  мин до  $158 \pm 41$  мин,  $p<0,001$ ).

4. Предложенный МСКТ – протокол с включением оценки коаптации и регургитации аортального клапана, определяющих эффективность выполненных клапаносохраняющих реконструктивных вмешательств, позволяет достоверно снизить количество послеоперационных осложнений (снижение встречаемости постгипоксической энцефалопатии с 10% до 7,7%, острого нарушения мозгового кровообращения и воспалительных изменений стернотомной раны с 3,3% до 0, рестернотомий по поводу кровотечений, острой почечной дисфункции и периоперационного инфаркта миокарда с 6,7% до 3,8%).

## ПРАКТИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ

1. МСКТ-ангиография позволяет получить исчерпывающую информацию о количественных и качественных морфофункциональных параметрах корня аорты, что делает необходимым её использование для комплексной оценки пациентов с патологией корня аорты при планировании хирургического лечения.
2. Измерение высоты и глубины коаптации створок аортального клапана при МСКТ-исследовании может использоваться в качестве предиктора выбора между клапансохраняющей и клапанзамещающей операцией при хирургической реконструкции корня аорты.
3. При наличии диссекции восходящего отдела аорты обязательным является выполнение мультиспиральной компьютерной томографии для полноценной оценки степени и характера патологических изменений структур корня аорты.
4. Использование разработанного и предложенного алгоритма подбора линейных сосудистых протезов на основе анализа МСКТ-изображений целесообразно с целью оптимизации результатов хирургической коррекции патологии корня аорты.
5. Для комплексной оценки отдалённых результатов и выявления поздних осложнений хирургического лечения пациентов с патологией восходящего отдела аорты наряду с эхокардиографией необходимо применять компьютерную томографию.

**СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ**

1. Атьков О.Ю. Применение визуализирующих методов в диагностике расслаивающей аневризмы аорты/ Атьков О.Ю., Атауллаханова Д.М., Синицын В.Е. и др. // Визуализация в клинике. - 1998. - № 13. - С. 2-6.
2. Белов Ю.В. Теоретические и практические аспекты классификации торакоабдоминальных аневризм аорты/ Белов Ю.В., Комаров Р.Н. // Хирургия, Журнал им. Н.И. Пирогова. – 2007. - №5 - С.64-67.
3. Белов Ю.В. Руководство по хирургии торакоабдоминальных аневризм аорты/ Белов Ю.В., Комаров Р.Н. // - М.: МИА, 2010г. - 464с.
4. Белов Ю.В. Непосредственные и отдаленные результаты хирургического лечения аневризм и расслоений восходящего отдела и дуги аорты / Белов Ю.В., Степанов А.Б., Кузнецовский Ф.В. // Рос. кардиол. журнал. - 2004. - №5. - С. 15-21.
5. Белов Ю.В. Радиально ли локальное протезирование нисходящей грудной аорты при ее дистальном расслоении?/ Белов Ю.В., Чарчян Э.Р., Ховрин В.В. // Хирургия. - 2009. - №9. – С. 18-23
6. Белов Ю.В. Клапаносохраняющие операции у больных с аневризмой восходящего отдела аорты с аортальной недостаточностью/ Белов Ю.В., Чарчян Э.Р. // Грудная и сердечно-сосудистая хирургия. - 2004. - №1. - С. 59–64
7. Бокерия Л. А. Хирургическое лечение расслаивающих аневризм восходящей аорты с распространением на устья коронарных артерий./ Бокерия Л. А., Малашенков А. И., Русанов Н. И. и др. // Грудная и сердечно - сосудистая хирургия. - 2007. - №4. - С.28-37.
8. Болдырев С.Ю. Новый способ формирования проксимальной части сосудистого протеза для реконструктивной хирургии корня аорты у больных с аневризмой и расслоением восходящей аорты/ Болдырев С.Ю., Барбухатти К.О., Порханов В.А. // Кардиология и сердечно - сосудистая хирургия. - 2014. - № 3. - С. 24–26.
9. Бураковский В.И. Сердечно-сосудистая хирургия. Бураковский В.И., Бокерия Л.А. // Медицина. – 1989. – 742с.

10. Дземешкевич С.Л./Болезни аортального клапана/Дземешкевич С.Л., Стивенсон Л.У. Алекси-Месхишвили В.В.//ГЭОТАР-МЕД.: Москва. - 2004. - С.325.
11. Константинов Б.А. Аневризмы восходящего отдела и дуги аорты/ Константинов Б.А., Белов Ю.В., Кузнечевский Ф.В.// М., 2006. – 355с.
12. Митьков В. В. Клиническое руководство по ультразвуковой диагностике/ Митьков В. В., Сандриков В. А.// - V том. М.: Видар.- 1998.- 360с.
13. Национальные рекомендации по ведению пациентов с сосудистой артериальной патологией (Российский согласительный документ).– М.: Изд-во НЦССХ им. А. Н. Бакулева РАМН, 2010. – 176 с.
14. Прозоров С. А. Лучевая диагностика разрывов, расслоений и ранений аорты., Автореферат на соискание ученой степени доктора медицинских наук. - М. - 2010г.
15. Прокоп М., Галански М. Спиральная и многослойная компьютерная томография, М.: Медэкспресс-информ - 2007. -Т.2 - 710 с.
16. Русанов Н. И. Непосредственные и отдаленные результаты применения ксеноперикардального кондуита в хирургии аневризм восходящей аорты: Автореферат на соискание кандидата медицинских наук. - М., 2006.
17. Савелло В. Е. Мультиспиральная компьютерная томография в неотложной диагностике расслаивающейся аневризмы аорты. Скорая медицинская помощь. – 2012. т. 13. - № 3. - С.31-38.
18. Сандриков В.А. Диагностика аневризм и расслоения восходящего отдела аорты и оценка результатов реконструктивных операций методом чреспищеводной эхокардиографии/ Сандриков В.А., Белов Ю.В., Ковалевска О.А., Буравихина Т.А // Грудная и сердечно - сосудистая хирургия. - 2001. - №5. - С. 39-42.
19. Сандриков В.А. Ультразвуковое комплексное исследование больных с аневризмой аорты/ Сандриков В.А., Фисенко Е.П., Белов Ю.В. и соавт.// Ангиология и Сосудистая Хирургия. - 1996. № 4. С. 46-58.

20. Спиридонов А.А. О классификации аневризм аорты и периферических артерий/ Спиридонов А.А., Аракелян В.С., Тутов Е. Г. и др // Грудная и сердечно - сосудистая хирургия. – 2000.-№ 1. – с.28—35.

21. Струценко М. В. Сравнительная оценка результатов эндоваскулярного и хирургического методов лечения при аневризмах грудного отдела аорты. Автореферат на соискание учёной степени кандидата медицинских наук. Москва. – 2012г.

22. Терновой С. К. Лучевая диагностика и терапия/ Терновой С. К., Васильев А.Ю., Сеницын В. Е. // Учебник для студентов медицинских вузов. – Том 2. Частная лучевая диагностика. – М.: ОАО «Издательство «Медицина», издательство «Шико», 2008. – 351с.

23. Терновой С.К., Сеницын В.Е. Спиральная компьютерная томография. // М. - ВИДАР. - 1998. - С. 42-48.

24. Ховрин В.В. Лучевая диагностика острого аортального синдрома. Ультразвуковые и лучевые технологии в клинической практике/ Ховрин В.В., Галян Т.Н., Ким С.Ю. и др// Под ред. Акад. РАМН Сандрикова ВА и др. М.:ООО «Фирма Стром», 2012.- с.83-90

25. Чарчян Э.Р. Выбор метода пластики аортального клапана в хирургии корня и восходящей аорты/ Чарчян Э.Р., Белов Ю.В., Скворцов А.А., Салагаев Г.И., Шведов П.Н // Патология кровообращения и кардиохирургия. -2016. -Т. 20. - № 2. - С. 26–34. DOI: 10.21688-1681-3472-2016-2-26-34.

26. Чарчян Э.Р. Хирургическая тактика у больных с аневризмой восходящего отдела аорты с аортальной недостаточностью. Диссертация на соискание учёной степени кандидата медицинских наук – М, 2005.

27. Чернявский А.М. Кардиологические аспекты выбора метода клапансохраняющей коррекции аортальной недостаточности при патологии восходящего отдела аорты/ Чернявский А.М., Аверко Н.Н., Антропова Т.В., Альсов С.А., Марченко А.В.// Патология кровообращения и кардиохирургия. - 2008. - № 1. - С. 54–59.

28. Шармазанова Е.П., Бортный Н.А. Клинико-рентгенологическая диагностика аневризм грудного отдела аорты и их осложнений. // «Медицина неотложных состояний» -М. – 2008 - 3(16) – с.18.

29. Юрпольская Л.А. Рентгеновская и магнитно-резонансная томография в диагностике врожденных пороков сердца. Диссертация на соискание ученой степени доктора медицинских наук. - Москва, 2008.

30. Adam J. Brownstein, BA1 , Bulat A. Ziganshin, MD1 , Helena Kuivaniemi, MD, PhD2 , Simon C. Body, MD, MPH3 , Allen E. Bale, MD4 , John A. Elefteriades, MD. Genes Associated with Thoracic Aortic Aneurysm and Dissection An Update and Clinical Implications.// AORTA, - February 2017. - Volume 5. - Issue 1. –p. 11-20. DOI: [Http://dx.doi.org/10.12945/j.aorta.2017.17.003](http://dx.doi.org/10.12945/j.aorta.2017.17.003)

31. Agarwal PP, Chughtai A, Matzinger FR, Kazerooni EA. Multidetector CT of thoracic aortic aneurysms. //Radiographics. – 2009. -29. - p. 537–552.

32. Ahmad W, Hasselmann H- C, Galas N, et al. Image fusion using the two-dimensional-three-dimensional registration method helps reduce contrast medium volume, fluoroscopy time, and procedure time in hybrid thoracic endovascular aortic repairs. // J Vasc Surg. - 2019. – V.69. – P.1003–10.

33. Aicher D., Holz A., Feldner S., et al. Quality of life after aortic valve surgery: replacement versus reconstruction. // Journal of Thoracic and Cardiovascular

34. Aicher D., Kuniyama T., Abou Issa O., et al. Valve configuration determines long-term results after repair of the bicuspid aortic valve. // Circulation 123. - 2011. –p. 178–185.

35. Alkadhi H, Desbiolles L, Husmann L, Plass A, Leschka S, Scheffel H, Vachenaer R, Schepis T, Gaemperli O, Flohr TG, Genoni M, Marincek B, Jenni R, Kaufmann PA, Frauenfelder T.// Aortic regurgitation: assessment with 64-section CT. Radiology. – 2007. -245.- p.111-21.

36. Anderson RH, Devine WA, Ho SY, Smith A. McKay A. The myth of the aortic annulus: the anatomy of the subaortic outflow tract.// Ann Thorac Surg. – 1991. - 52. - 640-6.

37. Anderson RH. The surgical anatomy of the aortic root. // MMCTS -2007. – p. 25 – 27.
38. Anderson R.H. Clinical anatomy of the aortic root. // Heart. — 2000. - Vol. 84.- p.670-673.
39. Asano M., Kunihara T., Aicher D., et al., Mid-term results after sinutubular junction remodelling with aortic cusp repair. // European Journal of Cardiothoracic Surgery. -2012. – 42. –p. 1010–1015.
40. Baliyan V, Verdini D, Meyersohn NM. Noninvasive aortic imaging. // Cardiovasc Diagn Ther. - 2018. – V.8. – P.S3–18.
41. Bavaria J.E., Carl L., Brindis R.D, et. all. 2018 AATS/ACC/SCAI/STS Expert Consensus Systems of Care Document: Operator and Institutional Recommendations and Requirements for Transcatheter Aortic Valve Replacement.//Journal of the American College of Cardiology. – 2019. – 73 (3). – p.1-35.
42. Beeres M, Wichmann JL, Frellesen C, et al. ECG- gated versus Non- ECG-gated High- pitch Dual- source CT for whole body CT angiography (cta). // Acad Radiol. - 2016. – V.23. – P.163–7.
43. Bellhouse BJ, Bellhouse FH, Reid KG. Fluid mechanics of the aortic root with application to coronary flow.// Nature. – 1968. -219. – p.1059-61.
44. Bellhouse BJ, Bellhouse FH. Mechanism of closure of the aortic valve. Nature. – 1991. -217. –p. 86-7.
45. Bertrand PB, Levine RA, Isselbacher EM, et al. Fact or artifact in two-dimensional echocardiography: avoiding misdiagnosis and missed diagnosis. // J Am Soc Echocardiogr. - 2016. – V.29. – P.381–91.
46. Bhave NM, Nienaber CA, Clough RE, et al. Multimodality imaging of thoracic aortic diseases in adults. // JACC Cardiovasc Imaging. - 2018. – V.11. – P.902–19.
47. Bierbach BO, Aicher D, Issa OA, et al. Aortic root and cusp configuration determine aortic valve function.// Eur J Cardiothorac Surg. – 2010. - 38. – p.400-6.
48. Boodhwani M., El Khoury G., Kerchoue L. Graft sizing for aortic valve sparing surgery // Ann. Cardiothorac. Surg. - 2013. - Vol. 2 (1).- P. 140–143.

49. Bockeria L.A., Skopin I.I., Sazonenkov M.A. Computation maximal aortic annulus compliance using spatial model of aortic root.//Clinical Physiology of Circulation. – 2008. -№3. – p. 60-64.
50. Brunkwall J, Kasprzak P, Verhoeven E, et al. Endovascular repair of acute uncomplicated aortic type B dissection promotes aortic remodelling: 1 year results of the adsorb trial. // Eur J Vasc Endovasc Surg. - 2014. – V.48. – P.285–91.
51. Budde RP, Mali WP, de Vos AM, van Herwerden LA, Kluin J. Aortic root dimension changes during systole and diastole: evaluation with ECG-gated multidetector row computed tomography. //Int J Cardiovasc Imaging. -2011.- 27(8).- p.1195–1204
52. Budillon A.M., Nicolini F., Beghi C., et al. Surgical repair of thoracic aortic aneurysms: results and complications. //Acta Biomed Ateneo Parmense. - 2001. - V. 72.- P. 33-36.
53. Budovec JW, Dennis Foley D, et al. Prospective and Retrospective ECG Gating for Thoracic CT Angiography: A Comparative Study. // AJR. – 2009. – V.193. –
54. Cabrol C., Pavie A., Gandjbarch I. et al. Complete replacement of ascending aorta with reimplantation of the coronary arteries.// J. Thorac. Cardiovasc. Surg. - 1981. -
55. Carr JA, Savage EB. Aortic valve repair for aortic insufficiency in adults: a contemporary review and comparison with replacement techniques. // Eur J Cardiothorac Surg. – 2004. – V.25 – P.6-15.
56. Castañer E, Andreu M, Gallardo X, Mata JM, Cabezuelo MA, Pallardó Y. CT in nontraumatic acute thoracic aortic disease: typical and atypical features and complications. //RadioGraphics. – 2003. –V.23(spec no). – P.93–110.
57. Chikwe J, Cavallaro P, Itagaki S, et al. National outcomes in acute aortic dissection: influence of surgeon and institutional volume on operative mortality. // Ann Thorac Surg. - 2013. – V.95. – P.1563–9.
58. Crawford E.S., Svensson L.G., Coselli J.S., Safi H.J., Hess K.R. Surgical treatment of aneurysm and/or dissection of the ascending aorta, transverse aortic arch, and ascending aorta and transverse aortic arch. Factors influencing survival in 717

patients. //J Thorac Cardiovasc Surg. – 1989. – V.98(5 Pt 1). – P.659-73; discussion 673-4.

59. Dagum P., Green G.R., Mistal F.J. et al. Deformation dynamics of the aortic root: modes and physiologic determinants // Circulation. 1999. – V. 100 (Suppl. II). - P.

60. Dähnert W. Cardiovascular disorders: aortic dissection. In: Radiology review manual. //5th ed. Philadelphia, Pa: Lippincott Williams & Wilkins. – 2003 - P.607–609.

61. Daily P.O., Trueblood H.W. et al. Management of acute aortic dissections. // Ann Thorac Surg. – 2009. –V.10(3). – P. 237-47.

62. Dapunt O.E., Galla J.D., Sadeghi A.M., et al. The natural history of thoracic aortic aneurysms. //J. Thorac. Cardiovasc. Surg. - 1994. - V. 107. - P. 1323-1326.

63. David T.E., Armstrong S., Ivanov J. et al. Results of aortic valve-sparing operations. //J. Thorac. Cardiovasc. Surg. - 2001. - V. 122. - P. 39-46.

64. David T.E., Feindel C.M., An aortic valve-sparing operation for patients with aortic incompetence and aneurysm of the ascending aorta. // Journal of Thoracic and Cardiovascular Surgery 103 (1992) 617–621, discussion 622.

65. David T.E., Ivanov J., Armstrong S. Aortic valve-sparing operations in patients with aneurysms of the aortic root or ascending aorta. //Ann. Thorac. Surg. - 2002. -V. 74.-P. 1758-1761.

66. David TE, Feindel CM, Webb GD, et al. Long-term results of aortic valve-sparing operations for aortic root aneurysm.// J Thorac Cardiovasc Surg. – 2006. –V.132 – P.347-5

67. David TE, Maganti M, Armstrong S. Aortic root aneurysm: principles of repair and long-term follow-up.// J Thorac Cardiovasc Surg. - 2010 – V. 140 - P. 14-19.

68. David TE. An anatomic and physiologic approach to acquired heart disease. 8<sup>th</sup> annual meeting of the European Cardio-thoracic Association, The Hague, Netherlands, September 25-28, 1994.// Eur J Cardiothorac Surg. – 1995. – V. 9 - P. 175-178.

69. David TE. Aortic Valve Sparing in Different Aortic Valve and Aortic Root Conditions. // J Am Coll Cardiol. - 2016. – V.68. – P.654–64.

70. De Paulis R, De Matteis GM, Nardi P, et al. Opening and closing characteristics of the aortic valve after valve-sparing procedures using a new aortic root conduit.// *Ann Thorac Surg.* – 2001. –V.72. – P.487-94.

71. Edward T.D. Hoey, Arul Ganeshan. Multi-detector CT angiography of the aortic valve—Part 1: anatomy, technique and systematic approach to interpretation.// *Quant Imaging Med Surg.* – 2014.- V.4(4). – P. 265-272. doi: 10.3978/j.issn.2223-4292.2014.07.06

72. Efstratios I. Charitos, Hans-Hinrich Sievers, Anatomy of the aortic root: implications for valve-sparing surgery.// *Ann Cardiothorac Surg.* – 2013. – V.2(1). – P.53-56.

73. Erbel R, Aboyans V, Boileau C, et al. 2014 ESC guidelines on the diagnosis and treatment of aortic diseases: document covering acute and chronic aortic diseases of the thoracic and abdominal aorta of the adult. The task force for the diagnosis and treatment of aortic diseases of the European Society of Cardiology (ESC). // *Eur Heart J.* - 2014. – V.35. – P.2873–926.

74. Erbel R, Engberding R, Daniel W, Roelandt J, Visser C, Rennollet H. Echocardiography in diagnosis of aortic dissection. // *Lancet.*- 1989. – V.1. –P. 457-461.

75. Erbel R, Oelert H, Meyer J, Puth M, Mohr-Katoly S, Hausmann D, Daniel W, Maffei S, Caruso A, Covino FE. Effect of medical and surgical therapy on aortic dissection evaluated by transesophageal echocardiography. Implications for prognosis and therapy. The European Cooperative Study Group on Echocardiography. // *Circulation.* – 1993. V.87. – P.1604-1615.

76. Erbel R., Aboyans V., Boileau C., et al., 2014 ESC Guidelines on the diagnosis and treatment of aortic diseases: document covering acute and chronic aortic diseases of the thoracic and abdominal aorta of the adult. The Task Force for the Diagnosis and Treatment of Aortic Diseases of the European Society of Cardiology (ESC). // *European Heart Journal.* - 2014. - V.35. – P. 2873–2926.

77. Eric M. Isselbacher. Thoracic and Abdominal Aortic Aneurysms// *Circulation.* -2005. – V.111 – P.816-828. American Heart Association, Inc. DOI: 10.1161/01.CIR.0000154569.08857.

78. Evangelista A, Flachskampf FA, Erbel R, Antonini-Canterin F, Vlachopoulos C, Rocchi G, Sicari R, Nihoyannopoulos P, Zamorano J, Pepi M, Breithardt OA, Plonska-Gosciniak E. Echocardiography in aortic diseases: EAE recommendations for clinical practice. //Eur J Echocardiogr. – 2011. – V.11. – P.645-658.
79. Feuchtner G, Dichtl W, Schachner T, Müller S, Mallouhi A, Friedrich GJ, Nedden DZ. Diagnostic performance of MDCT for detecting aortic valve regurgitation. //AJR Am J Roentgenol. – 2006. – V.186(6). – P.1676-81.
80. Feuchtner G.M., Dichtl W., Müller S., et al. 64-MDCT for diagnosis of aortic regurgitation in patients referred to CT coronary angiography // AJR Am. J. Roentgenol. - 2008. - V. 191 (1). - P. W1–7. DOI: 10.2214/AJR.07.3432.
81. Fleischmann D., Miller D.C. Clinical 3D and 4D Imaging of the Thoracic Aorta. //Diseases of the Heart, Chest & Breast – 2014. – P.119-130. DOI <https://doi.org/10.1007/978-88-470-0633-120>.
82. Francois Dagenais. Anatomy of the Thoracic Aorta and of Its Branches.//Thorac Surg Clin. – 2011. – V. 21. – P. 219-227
83. Frater R.W. Aortic valve insufficiency due to aortic dilatation: correction by sinus rim adjustment. // Circulation. - 1986. - V. 74 N.3, Pt. 2 - P. 113642.
84. Gharib M., Kremers D., Koochesfahani M.M., Kemp M. Leonardo's vision of flow visualization. // Experiments in Fluids. - 2002. - Vol. 33. -P.219-223.
85. Gil Marom, Rami Haj-Ali, Moshe Rosenfeld, Hans Joachim Schafers, Ehud Raanani, Aortic root numeric model: Annulus diameter prediction of effective height and coaptation in post-aortic valve repair. // The Journal of Thoracic and Cardiovascular Surgery. – 2006. - Volume 145, Number 2. – P.123-145.
86. Gilon D, Mehta RH, Oh JK, Januzzi JL Jr., Bossone E, Cooper JV, Smith DE, Fang J, Nienaber CA, Eagle KA, Isselbacher EM. Characteristics and in-hospital outcomes of patients with cardiac tamponade complicating type A acute aortic dissection.//Am J Cardiol. - 2009. –V.103. – P.1029–1031.
87. Gleason TG. Current perspective on aortic valve repair and valve-sparing aortic root replacement. //Semin Thorac Cardiovasc Surg. – 2006. V.18. – P.154-64.

88. Goldstein SA, Evangelista A, Abbara S, et al. Multimodality imaging of diseases of the thoracic aorta in adults: from the American Society of echocardiography and the European association of cardiovascular imaging. // J Am Soc Echocardiogr. - 2015. – V.28. – P.119–82.
89. Gudrun M. Feuchtner, Wolfgang Dichtl, Silvana Müller, Daniel Jodocy, Thomas Schachner, Andrea Klauser, Johannes O. Bonatti. 64-MDCT for Diagnosis of Aortic Regurgitation in Patients Referred to CT Coronary Angiography. //AJR. – 2008. – V. 191- P1–7. DOI:10.2214/AJR.07.3432
90. Gueret P, Senechal C, Roudaut R, Cormier B, Wolf J, Tribouilloy C, Cohen A, Lusson J, Bensaid J. Comparison of transesophageal and transthoracic echocardiography in acute aortic dissection. A multi-center prospective study.// J Am Coll Cardiol. – 1991. – V.17 - A260.
91. Hagan P.G., Nienaber C.A., Isselbacher E.M., Bruckman D., et al. The International Registry of Acute Aortic Dissection (IRAD): new insights into an old disease. //JAMA. – 2000. – V.283(7). – P.897-903.
92. Hagan PG, Gary S. Accuracy of echocardiography for assessing aortic root diameter. // British Heart Journal. -1975. – V.37. – P.376-378.
93. Hansmann HJ, Dhlibert N. et al. Various spiral CT protocols and their significance in the diagnosis of aortic dissection: results of a prospective study // Rofo. - 2000. -V.172. - N. 11. -P.879-887.
94. Hartnell GG. Imaging of aortic aneurysms and dissection: CT and MRI. //J
95. Hiratzka LF, Bakris GL, Beckman JA, Bersin RM, Carr VF, Casey DE Jr, Eagle KA, Hermann LK, Isselbacher EM, Kazerooni EA, Kouchoukos NT, Lytle BW, Milewicz DM, Reich DL, Sen S, Shinn JA, Svensson LG, Williams DM et al. 2010 ACCF/AHA/AATS/ACR/ASA/SCA/SCAI/SIR/STS/SVM guidelines for the diagnosis and management of patients with Thoracic Aortic Disease: a report of the American College of Cardiology Foundation/American Heart Association Task Force on Practice Guidelines. //Circulation. - 2010. - V. 121, 13 – P. 266-369.

96. Hiratzka LF, Creager MA, Isselbacher EM, et al. Surgery for aortic dilatation in patients with bicuspid aortic valves: a statement of clarification from the American College of cardiology/american heart association Task force on clinical practice guidelines. // *Circulation*. - 2016. – V.133. – P.680–6.

97. Howard DP, Banerjee A, Fairhead JF, et al. Population- based study of incidence and outcome of acute aortic dissection and premorbid risk factor control: 10-year results from the Oxford vascular study. // *Circ*. - 2013. – V.127. – P.2031–7.

98. Howard DP, Banerjee A, Fairhead JF, et al. Population-based study of incidence and outcome of acute aortic dissection and premorbid risk factor control: 10-year results from the Oxford Vascular Study.// *Circulation* -2013.- V.127. – P.2031–7

99. Hoang JK, Martinez S, Hurwitz LM. MDCT angiography after open thoracic aortic surgery: pearls and pitfalls. // *AJR Am J Roentgenol*. - 2009. –V.192. P.20–7.

100. Holubec T., Zacek P., Jamaliramin M., et al., Valve cuspidity: a risk factor for aortic valve repair // *Journal of Cardiac Surgery*. – 2014. – V. 29. – P. 585–592.

101. Jeon M.H., Choe Y.H., Cho S.J., Park S.W., Park P.W., Oh J.K. Planimetric measurement of the regurgitant orifice area using multidetector CT for aortic regurgitation: a comparison with the use of echocardiography. // *Korean J Radiol*. – 2010. – V.11(2) - P.169-77. doi: 10.3348/kjr.2010.11.2.169. Epub 2010 Feb 22.

102. Jilaihawi H, Kashif M, Fontana G et al (2012) Cross-sectional computed tomographic assessment improves accuracy of aortic annular sizing for transcatheter aortic valve replacement and reduces the incidence of paravalvular aortic regurgitation.// *J Am Coll Cardiol*. – 2012. - V.59(14). – P.1275–1286

103. Joshi D, Bicer EI, Donmez C, et al. Incremental value of live/real time three-dimensional transesophageal echocardiography over the two-dimensional technique in the assessment of aortic aneurysm and dissection. // *Echocardiography*. - 2012. – V.29. – P.620–30.

104. Karmy-Jones R, Aldea G, Boyle EM Jr. The continuing evolution in the management of thoracic aortic dissection. // *Chest*. – 2000. V.117(5). P. 1221–1223.

105. Kilner PJ, Birks EJ, et al. The aortic outflow and root: a tale of dynamism and crosstalk. // *Ann Thorac Surg*. - 1999. – V.68. – P.37-43.

106. Klaus Pethig, Andrea Milz, Christian Hagl, Wolfgang Harringer and Axel Haverich. Aortic valve reimplantation in ascending aortic aneurysm: risk factors for early valve failure. // *Ann Thorac Surg.* - 2002; - V.73. P.29-33.

107. Klompas M. Does this patient have an acute thoracic aortic dissection. // *JAMA.* – 2002. - V.287. P.2262–2277.

108. Kramer CM, Barkhausen J, Flamm SD, et al. Standardized cardiovascular magnetic resonance (CMR) protocols 2013 update. // *J Cardiovasc Mag Res.* - 2013. –

109. Kuniyama T, Aicher D, Rodioncheva S, Groesdonk HV, Langer F, Sata F et al. Preoperative aortic root geometry and postoperative cusp configuration primarily determine long-term outcome after valve preserving aortic root repair. // *J Thorac Cardiovasc Surg.* - 2012. – V.143. – P.1389–95.

110. Kunzelman KS, Grande J, David TE, Cochran RP, Verrier E. Aortic root and valve relationships: Impact on surgical repair.// *J Thorac Cardiovasc Surg.* - 1994. –

111. Lansac E, Di Cerna I, Raoux F, et al. An expansible aortic ring for a physiological approach to conservative aortic valve surgery. // *J Thorac Cardiovasc Surg.* - 2009. – V.138. - P.718-24.

112. Lansac E, Litn HS, Shomura Y, Lim KH, Rice NT, Goetz W, Acar C, Duran CMG. A four-dimensional study of the aortic root dynamics. // *Eur J Cardiothoracic Surg.* - 2002. – V.22. – P.497-503.

113. Lansac E., Cerna I. Di, Sleilaty G., et al., Long-term results of external aortic ring annuloplasty for aortic valve repair. // *European Journal of Cardiothoracic Surgery.* – 2016. – V. 50. – P. 350– 360.

114. Leyh RG, Schmidtke C, Sievers HH, et al. Opening and closing characteristics of the aortic valve after different types of valve-preserving surgery.// *Circulation.* - 1999. – V.100 – P.2153-60.

115. Malas T.R., de Kerchove L., et al., Systematic review of aortic valve preservation and repair. // *Annals of Cardiothoracic Surgery.* – 2013. – V. 2. – P.3–9.

116. Manghat N.E., Rachapalli V., Van Lingen R., Veitch a.m. et al/Imaging the heart valves using ECG-gated 64-detector row cardiac CT//The British Institute of Radiology. – 2008. – V.81 (964). <https://doi.org/10.1259/bjr/16301537>.
117. Marom G, Haj-Ali R, Rosenfeld M, et al. Aortic root numeric model: Annulus diameter prediction of effective height and coaptation in post-aortic valve repair.// J Thorac Cardiovasc Surg. - 2012. – V.64. – P.134-43.
118. Meng J, Mellnick VM, Monteiro S, et al. Acute aortic syndrome: yield of computed tomography angiography in patients with acute chest pain. // Can Assoc Radiol J. - 2019. – V.70. – P.23–8.
119. Michelle A. McMahon, Christopher A. Squirrell. Multidetector CT of Aortic Dissection: A Pictorial Review. // RadioGraphics. - 2010. – V. 30. – P.445–460.  
10.1148/rg.302095104
120. Mijiti Wuliya, Ghassan Sleilaty, Isabelle Di Centa, Nizar Khelil, Alain Berrebi, Daniel Czitrom, Leila Mankoubi, Milena Noghin, Marie Christine Malergue. An expansible aortic ring to preserve aortic root dynamics after aortic valve repair. //European Journal of Cardio-Thoracic Surgery. – 2014 – V.1. – P.9. doi:10.1093/ejcts/ezu174.
121. Miller DC. Valve-sparing aortic root replacement in patients with the Marfan syndrome. //J Thorac Cardiovasc Surg. – 2003. – V.125. – P.773-778.
122. Miller DC. Valve-sparing aortic root replacement: current state of the art and where are we headed? //Ann Thorac Surg. – 2007. –V.83. – P.736-9;discussion S785-90.
123. Min Hee Jeon, Yeon Hyeon Choe, Soo Jin Cho. Planimetric Measurement of the Regurgitant Orifice Area Using Multidetector CT for Aortic Regurgitation: a Comparison with the Use of Echocardiography. // Korean J Radiol. - 2010. – V.11. -
124. Misfeld M, Sievers HH. Heart valve macro- and microstructure. //Philos Trans R Soc Lond B Biol Sci. – 2007. – V.362. – P.1421-36.
125. Mohr-Kahaly S, Erbel R, Rennollet H, Wittlich N, Drexler M, Oelert H, Meyer J. Ambulatory follow-up of aortic dissection by transesophageal two-dimensional and color-coded Doppler echocardiography.//Circulation. -1989. - V80. – P.24-33.

126. Morishita K, Murakami G, Koshino T, Fukada J, Fujisawa Y, Mawatari T, Abe T. Aortic root remodeling operation: how do we tailor a tube graft? // *Ann Thorac Surg.* - 2002. – V.73(4). – P.1117-21.
127. Mussa FF, Horton JD, Moridzadeh R, et al. Acute aortic dissection and intramural hematoma: a systematic review. // *JAMA.* - 2016. – V.316. – P.754–63.
128. Nevsky G, Jacobs J.E., Lim RP et al. Sex-Specific Normalized Reference Values of Heart and Great Vessel Dimensions in Cardiac CT Angiography. // *AJR.* - 2011. – V.196 - P.788-794.
129. Olsson C, Thelin S, Ståhle E, et al. Thoracic aortic aneurysm and dissection: increasing prevalence and improved outcomes reported in a nationwide population-based study of more than 14,000 cases from 1987 to 2002. // *Circulation.* - 2006. – V.114. – P.2611–8.
130. Pacini D, Settepani F, De Paulis R, Loforte A, Nardella S, Ornaghi D, Gallotti R, Chiariello L, Di Bartolomeo R. Early results of valve-sparing reimplantation procedure using the Valsalva conduit: a multicenter study. // *Ann Thorac Surg.* - 2006. – V. 82. – P. 865-871.
131. Pan E, Kytö V, Savunen T, Gunn J. Early and late outcomes after open ascending aortic surgery: 47-year experience in a single centre. // *Heart Vessels.* - 2018. – V.33(4) . – P.427–433. doi:10.1007/s00380-017-1075-3
132. Pape LA, Awais M, Woznicki EM, et al. Presentation, Diagnosis, and Outcomes of Acute Aortic Dissection: 17- Year Trends From the International Registry of Acute Aortic Dissection. // *J Am Coll Cardiol.* - 2015. – V.66. – P.350–8.
133. Parker MS, Matheson TL, Rao AV, Sherbourne CD, Jordan KG, Landay MJ, MillerGL, SummaJA. Making the transition:the role of helical CT intheevaluation of potentially acute thoracic aortic injuries.// *AJR Am J Roentgenol.* - 2001. – V.176. – P.1267–1272.
134. Prachi P. Agarwal et al., Multidetector CT of Thoracic Aortic Aneurysms. // *RadioGraphics.* – 2009. – V.29. – P.537–552

135. Rankin JS, Conger JL, Tuzun E, et al. In vivo testing of an intra-annular aortic valve annuloplasty ring in a chronic calf model. // *Eur J Cardiothorac Surg.* - 2012. – V.42. – P.149-54
136. Riambau V, Böckler D, Brunkwall J, et al. Editor's Choice - Management of Descending Thoracic Aorta Diseases: Clinical Practice Guidelines of the European Society for Vascular Surgery (ESVS). // *Eur J Vasc Endovasc Surg.* - 2017. – V.53. – P.4–52.
137. Ridge CA, Litmanovich DE. Acute aortic syndromes: current status. // *J Thorac Imaging.* - 2015. – V.30. – P.193–201.
138. Roberts WC, Ko JM, Moore TR, Jones WH 3rd. Causes of pure aortic regurgitation in patients having isolated aortic valve replacement at a single US tertiary hospital (1993 to 2005). // *Circulation.* – 2006. - V. 114(5). – P. 422-429.
139. Roos JE, Willmann JK, Weishaupt D., Lachat M., Marincek B., Hilfiker PR. Thoracic aorta: motion artifact reduction with retrospective and prospective electrocardiography-assisted multi-detector row CT. // *Radiology.* – 2002.- V.222.- P. 271–277.
140. Runza G., Fattouch K., Cademartiri F. et al. ECG-gated multidetector computed tomography for the assessment of the postoperative ascending aorta // *Radiol. med.* - 2009. - V. 114. - P.705–717. DOI: 10.1007/s11547-009-0402-x.
141. Saini SR, Rubin GD, Kalra MK., et al. MDCT: a practical approach. //
142. Sarsam M.A., Yacoub M., Remodeling of the aortic valve annulus. // *Journal of Thoracic and Cardiovascular Surgery.* – 1993. – V.105. – P.435–438.
143. Sakamoto I, Sueyoshi E, Uetani M. MR imaging of the aorta. // *Radiol Clin North Am.* – 2007. – V. 45.- P.485– 497
144. Schafers H.J., Raddatz A., Schmied W., et al., Reexamining remodeling. // *Journal of Thoracic and Cardiovascular Surgery.* – 2015. – V. 149 (2 Suppl.). – P.30–36.
145. Schafers H.J., Kunihara T., Fries P., et al., Valve-preserving root replacement in bicuspid aortic valves. // *Journal of Thoracic and Cardiovascular Surgery.* – 2010. – V. 140 (6 Suppl.). –P.36–40, discussion P. 45–51.

146. Schäfers HJ, Bierbach B, Aicher D. A new approach to the assessment of aortic cusp geometry. // J Thorac Cardiovasc Surg. – 2006. – V.132. P.436–8.
147. Schäfers HJ, Schmied W, Marom G, et al. Cusp height in aortic valves. // J
148. Scharfschwerdt M, Pawlik M, Sievers HH, et al. In vitro investigation of aortic valve annuloplasty using prosthetic ring devices. // Eur J Cardiothorac Surg. - 2011. – V.4. – P.121-125.
149. Schmidtke C, Sievers HH, Frydrychowicz A, et al. First clinical results with the new sinus prosthesis used for valvesparing aortic root replacement. // Eur J Cardiothorac Surg. - 2012.- V4(5). – P.345-49.
150. Schwein A, Khan M, Bennett M, et al. Proposed magnetic resonance imaging criteria to diagnose intramural haematoma and to predict aortic healing after acute type B aortic syndrome. // Eur J Vasc Endovasc Surg. - 2019. – V.57. – P.350–9.
151. Sievers HH, Hemmer W, Beyersdorf F, et al. The everyday used nomenclature of the aortic root components: the tower of Babel? //Eur J Cardiothorac Surg. – 2012. – V.41 – P.478-82.
152. Sievers HH, Schmidtke C. A classification system for the bicuspid aortic valve from 304 surgical specimens. // J Thorac Cardiovasc Surg. – 2007. – V.133. – P.1226-33.
153. Simon JP, Ho SY, Anderson RH. The forgotten interleaflet triangles: a review of the surgical anatomy of the aortic valve. // Ann Thorac Surg. - 1995. – V.59. – P.419-27.
154. Silva V.F, Spiga D.S., Branco D.R. Bentall and De Bono surgery for correction of valve and ascending aortic disease: long-term results. // Rev Bras Cir Cardiovasc. – 2008. - V.23 – p.256-261. <http://dx.doi.org/10.1590/S0102-76382008000200016/>
155. Sir Magdi Yacoub. Valve-Conserving Operation for Aortic Root Aneurysm or Dissection. // J Thorac Cardiovasc Surg. – 1996. – V.1 (1) - P. 57–67. DOI: [https://doi.org/10.1016/S1085-5637\(07\)70081-5](https://doi.org/10.1016/S1085-5637(07)70081-5).

156. Smid M, Ferda J, Baxa J et al. Aortic annulus and ascending aorta: comparison of preoperative and periooperative measurement in patients with aortic stenosis. //Eur J Radiol. – 2010. – V.74(1). P.152–155.

157. Suhny Abbara, Antonio J. Pena, Paul Maurovich-Horvat, Javed Butler, David E. Sosnovik, Alexander Lembcke. Feasibility and Optimization of Aortic Valve Planimetry with MDCT. //AJR. - 2007. – V.188. – P.356–360. DOI:10.2214/AJR.06.023.

158. Suzuki T, Distanto A, Zizza A, Trimarchi S, Villani M, Salerno Uriarte JA, De Luca Tupputi Schinosa L, Renzulli A, Sabino F, Nowak R, Birkhahn R, Hollander JE, Counselman F, Vijayendran R, Bossone E, Eagle K. Diagnosis of acute aortic dissection by D-dimer: the International Registry of Acute Aortic Dissection Substudy on Biomarkers (IRAD-Bio) experience. //Circulation. – 2009. – V.119. – P.2702-2707.

159. Svensson LG, Adams DH, Bonow RO, Kouchoukos NT, Miller DC, O'Gara PT, Shahian DM, Schaff HV, Akins CW, Bavaria J, Blackstone EH, David TE, Desai ND, Dewey TM, D'Agostino RS, Gleason TG, Harrington KB, Kodali S, Kapadia S, Leon MB, Lima B, Lytle BW et al. Aortic valve and ascending aorta guidelines for management and quality measures: executive summary.// Ann Thorac Surg. -2013. – V. 95 (4). – P.1491-1505.

160. Svensson LG, Deglurkar I, Ung J, et al. Aortic valve repair and root preservation by remodeling, reimplantation, and tailoring: technical aspects and early outcome. //J Card Surg. - 2007. – V.22. – P.473-9.

161. Svensson L.G., Al Kindi A.H., Vivacqua A., et al., Long-term durability of bicuspid aortic valve repair. // Annals of Thoracic Surgery. – 2014. – P. 1539–1547, discussion 48.

162. Tanaka Y, Sakata K, Sakurai Y, et al. Prevalence of type A acute aortic dissection in patients with out- of- hospital cardiopulmonary arrest. // Am J Cardiol. - 2016. – V.117. – P.1826–30.

163. Thubrikar M, Bosher LPNS. The mechanism of opening of the aortic valve.// J Thorac Cardiovasc Surg. - 1979. – V.77. – P.863-70.

164. Thubrikar M, Harry R, Nolan SP. Normal aortic valve function in dogs. //Am J Cardiol. - 1977. – V.40. – P.563-8.

165. Thubrikar M, Piepgrass WC, Boshier LP, et al. The elastic modulus of canine aortic valve leaflets in vivo and in vitro. // *Circ Res.* - 1980. – V.47. – P.792-800.
166. Thubrikar MJ, Nolan SP, Aouad J, Deck JD. Stress sharing between the sinus and leaflets of canine aortic valve. // *Ann Thorac Surg.* - 1986. – V.42. – P.434-40.
167. Tomas Jurencak, Jakub Turek, Bastiaan L. J. H., Casper Muhl, Madeleine Kok. MDCT evaluation of aortic root and aortic valve prior to TAVI. What is the optimal imaging time point in the cardiac cycle? // *Eur Radiol.* – 2015. – V. 25. – P.1975–1983. DOI 10.1007/s00330-015-3607-5.
168. Trimarchi S, Tolenaar JL, Sai TT, Froehlich J, Pegorer M, Upchurch GR, Fattori R, Sundt TM 3rd, Isselbacher EM, Nienaber CA, Rampoldi V, Eagle KA. Influence of clinical presentation on the outcome of acute B aortic dissection: evidences from IRAD. // *J Cardiovasc Surg (Torino).* - 2012. – V.53. – P.161–168.
169. Trivedi D, Navid F, Balzer JR, et al. Aggressive aortic arch and carotid replacement strategy for type A aortic dissection improves neurologic outcomes. // *Ann Thorac Surg.* - 2016. – V.101. – P.896–905.
170. Vrtiska TJ, Fletcher JG, McCollough CH. State-of-the-art imaging with 64-channel multidetector CT angiography // *Perspect Vasc Surg Endovasc Ther.* - 2005. – V. 17. – P.3–8
171. Vohra H.A., Whistance R.N., de Kerchove L., et al., Influence of higher valve gradient on long-term outcome after aortic valve repair. // *Annals of Cardiothoracic Surgery.* – 2013. – V. 2. – P. 30–39.
172. Yacoub MH, Cohn LH. Novel approaches to cardiac valve repair: from structure to function: Part II. // *Circulation.* - 2004. – V.109. P.1064-72.
173. Yacoub MH, Kilner PJ, Birks EJ, et al. The aortic outflow and root: a tale of dynamism and crosstalk. // *Ann Thorac Surg.* - 1999. – V.68. – P.37-43.
174. Zacek P., Holubec T., Vobornik M., et al., Quality of life after aortic valve repair is similar to Ross patients and superior to mechanical valve replacement: a cross-sectional study. // *BMC Cardiovascular Disorders.* - 2016. – P. 63.
175. Zeb I, Hamirani YS, Mao S, Isma'eel H, Saeed A, Karnwal S, Raina S, Chung J, Budoff MJ. Detection of aortic regurgitation with 64-slice multidetector

computed tomography (MDCT). // Acad Radiol. – 2010. – V.17(8). – P.1006-11. doi: 10.1016/j.acra.2010.04.007.

176. Zeb I, Mao SS, Hamirani YS, Raina S, Kadakia J, Elamir S, Budoff MJ. Central aortic valve coaptation area during diastole as seen by 64-multidetector computed tomography (MDCT). // Int J Cardiovasc Imaging. – 2010.- V.26(8). – P.947-51. doi: 10.1007/s10554-010-9643-y.

177. Zoghbi WA, Adams D, Bonow RO, et al. Recommendations for noninvasive evaluation of native valvular regurgitation: a report from the American Society of echocardiography developed in collaboration with the Society for cardiovascular magnetic resonance. // J Am Soc Echocardiogr. - 2017. – V.30. – P.303–71.

178. Kari F.A., Doll K.N., Hemmer W., et al., Survival and freedom from aortic valve-related reoperation after valve-sparing aortic root replacement in 1015 patients. // Interactive Cardiovascular and Thoracic Surgery. -2016. – V.22. – P.431–438.