

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

АВТОРЕФЕРАТ
диссертации на соискание ученой степени
кандидата медицинских наук

Москва, 2020 г.

Диссертационная работа выполнена в Федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего образования «Кубанский государственный медицинский университет» Министерства здравоохранения Российской Федерации.

Научный руководитель: доктор медицинских наук, профессор
Поморцев Алексей Викторович

Официальные оппоненты:

Терновой Сергей Константинович – доктор медицинских наук, профессор, академик РАН, главный научный сотрудник Федерального государственного бюджетного учреждения «Национальный медицинский исследовательский центр кардиологии» Министерства здравоохранения Российской Федерации.

Ховрин Валерий Владиславович – доктор медицинских наук, главный научный сотрудник отделения рентгенодиагностики и компьютерной томографии Федерального государственного бюджетного научного учреждения «Российский научный центр хирургии имени академика Б.В. Петровского» Министерства здравоохранения Российской Федерации.

Ведущая организация: Федеральное государственное бюджетное учреждение высшего образования «Национальный медицинский исследовательский центр имени В.А. Алмазова» Министерства здравоохранения Российской Федерации.

Защита состоится «11» ноября 2020 г. в 10 часов на заседании Диссертационного совета Д 208.071.05 на базе ФГБОУ ДПО «Российская медицинская академия непрерывного профессионального образования» Минздрава России по адресу: 125993, г. Москва, ул. Баррикадная, д. 2/1.

С диссертацией и авторефератом можно ознакомиться в ФГБОУ ДПО РМАНПО Минздрава России по адресу: 125993, г. Москва, ул. Баррикадная, д. 2/1, стр. 1 и на официальном сайте организации: <https://rmapo.ru/>.

Автореферат разослан « ____ » _____ 2020 г.

Учёный секретарь
диссертационного совета:

Самсонова Л.Н.

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность проблемы

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 10,4 на 100000 у мужчин и женщин [Cormack SM et al., 2012], а частота развития расслоения грудной аорты в мире в среднем составляет 3-8 случаев на 100000 населения в год [Howard D.P., 2013, Melvinsdottir H.I., 2016, Wang S-H., 2014]. Хирургическое лечение пациентов с аневризмой и расслоением восходящего отдела аорты является одной из нерешённых проблем 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]. На сегодняшний день существует 2 основных способа хирургического лечения аневризм и расслоений восходящего отдела аорты: протезирование с использованием клапаносодержащего кондуита и клапаносохраняющие, так называемые, реконструктивные операции. В связи с высоким риском развития протезозависимых осложнений 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]. При этом необходимо отметить, что следствием неправильного выбора диаметра протеза становится резидуальная аортальная регургитация.

«Золотым стандартом» в диагностике патологии восходящего отдела аорты является КТ-ангиография, в то время как методом выбора в функциональной оценке аортального клапана принято считать эхокардиографию [Erbel R, 2014]. Ультразвуковой метод (УЗИ) 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, являющейся инвазивным методом исследования. 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 коаптации створок и их размеры. Эти данные являются ключевыми в принятии решения о возможности клапаносохраняющей операции, что в итоге позволяет хирургу выбрать оптимальную хирургическую тактику [Hoang JK et al., 2009; Vrtiska TJ et al., 2010]. 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].

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 корня аорты 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 3 июня 2019 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, 3 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.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Материалы исследования

Исследование состояло из двух этапов.

Первый этап включал разработку и апробацию применения МСКТ - протокола исследования корня аорты на дооперационном этапе у пациентов с патологией восходящего отдела и корня аорты, сопоставление полученных данных с ультразвуковым исследованием и интраоперационными измерениями, применение алгоритма подбора необходимых параметров кондуита для реконструкции корня аорты, основанном на результатах МСКТ-исследования.

С этой целью были изучены результаты обследования 171 пациента с наличием аневризм и/или диссекций восходящей аорты и 50 пациентов без структурной патологии данного сегмента аорты.

Критерии включения: пациенты с приобретённой патологией восходящего отдела и/или корня аорты, требующей хирургической коррекции (аневризмы, диссекции I,II типа по De Bakey) для

основной группы и 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) - для группы контроля.

Критерии невключения: пациенты с непереносимостью к йодсодержащему рентгенконтрастному препарату и с наличием патологического процесса иного отдела аорты или сердца (врождённые или приобретённые пороки сердца, постоянная форма трепетания/фибрилляции предсердий, диссекции III по De Bakey, аневризмы дуги и нисходящей аорты, травматические повреждения аорты и сердца, ранее перенесённые оперативные вмешательства на сердце или аорте).

В соответствии с поставленными задачами исследования, пациенты основной клинической группы были разделены на 4 клинические подгруппы.

I клиническая подгруппа (n=50) - пациенты 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, обследованные с помощью МСКТ по поводу иной патологии;

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

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

IV клиническая подгруппа (n=59) – пациенты с наличием диссекции аорты I, II типа по De Bakey без аневризм, с наличием или без признаков недостаточности аортального клапана.

На основании исследования параметров корня аорты и аортального клапана с помощью МСКТ в основной и контрольной клинических группах, с оценкой параметров коаптации и регургитации аортального клапана, был разработан диагностический алгоритм, который определял объем хирургического вмешательства у

пациентов с патологией восходящего отдела, корня аорты, а также алгоритм подбора параметров кондуита для пациентов, планируемых на реконструктивные вмешательства.

Точность диагностического алгоритма была оценена по данным обследования проспективной клинической группы.

Второй этап включал оценку результатов хирургического лечения у пациентов после реконструктивных вмешательств на корне аорты с применением и без применения способа подбора сосудистого кондуита, с помощью МСКТ, и сравнение полученных данных с ультразвуковым исследованием. Для решения данной задачи проспективно обследовано 56 пациентов после клапаносохраняющих операций на корне аорты.

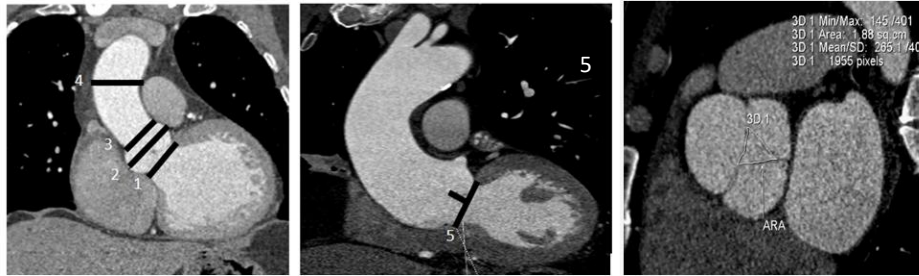
Методы исследования

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. Сканировалась грудная клетка, при подозрении на наличие диссекции - все тело: грудная клетка, брюшная полость, таз). КТ сканирование проводилось 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. При подключении датчиков ЭКГ использовали ретроспективный тип синхронизации с реконструкцией изображений через всю грудную клетку на 65% R-R-интервала и полным мультифазовым набором данным (от 0% до 90% интервала R-R) сердца и грудного отдела аорты. 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 аортального клапана 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 [Irfan Zeb, 2012]. Эта центральная зона коаптации является

закрытой у нормальных людей и визуализируется как участок отсутствия контрастирования в этой области.

Рисунок 1. МСКТ восходящего отдела аорты с измерениями на разных уровнях и определением аортальной регургитации.

1 – уровень фиброзного кольца, 2 - синусы аорты, 2 – синотубулярный гребень, 4 - средняя треть восходящего отдела, 5 – измерение высоты коаптации. АРА – площадь аортальной регургитации.



У пациентов с аортальной регургитацией визуализировалось неполное смыкание створок в фазу диастолы на коронарных, сагиттальных и поперечных срезах (рис.1) 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 [Gudrun M. Feuchtner, 2008].

Ультразвуковое исследование выполнялось на аппаратах iE 33 фирмы «Philips» (США) секторным датчиком S1-5 с использованием всех имеющихся режимов сканирования, аппарате CX50 с чреспищеводным датчиком 3,5 / 2,7 МГц, S4, S8.

Интраоперационные измерения калибра аорты на разных уровнях, коаптации аортального клапана осуществлялись линейками и устройством для интраоперационного измерения диаметра кольца аортального.

Статистическая обработка полученных результатов

Статистическая обработка полученных результатов проводилась с использованием пакета программ Statistica 12.0 (StatSoft Inc., США) и пакета R Foundation for statistical Computing (версия 3.2, Vienna, Austria). 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 ($p_{25};p_{75}$), где Me - медиана наблюдений, а p_{25} и p_{75} - нижний и верхний квартили, соответственно. Значение $p < 0,05$ рассматривалось как критерий статистической значимости нулевой гипотезы.

Диагностическая ценность определялась с помощью расчётов чувствительности, специфичности, и точности.

Результаты исследований и их обсуждение

Оптимизация и апробация применения МСКТ-протокола исследования корня аорты.

Для уточнения возможностей МСКТ в визуализации анатомии, точного определения линейных размеров и особенностей функционирования структур корня аорты нами исследована группа пациентов без наличия структурной патологии грудного отдела аорты и аортального клапана (I подгруппа). Всем пациентам выполнена ТТЭХО-КТ с использованием всех имеющихся режимов сканирования (В-режим эхокардиографии, цветовой, импульсноволновой и непрерывноволновой доплер). Измерения аорты при выполнении МСКТ и ТТЭХО-КТ проводили на уровне фиброзного кольца аортального клапана (ФК), синусов Вальсальва, синотубулярного гребня (СТГ) и на уровне средней трети восходящего отдела, оценивали глубины и высоту коаптации аортального клапана.

Результаты МСКТ исследования сравнивали с аналогичными данными, полученными при ТТЭХО-КТ, при этом в определении основных геометрических характеристик корня аорты показатели диагностической эффективности методов УЗИ и КТ сопоставимы ($p=0,522$), что делает возможным использовать последний для исследования анатомических особенностей корня аорты и аортального клапана. Высокие значения чувствительности, специфичности и точности свидетельствовали о достаточной диагностической ценности изученных методик: 99,6% против 99,8% при измерении диаметра аорты на уровне ФК ($p=0,954$), 99,4% против 98,8% при измерении на уровне синусов (0,804), 97,4% против 98,7% при измерении на уровне СТГ ($p=0,557$) и 96,6% против 98,5% при оценке степени коаптации АК ($p=0,697$).

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

Из 171 обследованного пациента, 81 (47,4%) выполнено оперативное вмешательство по поводу аневризмы восходящего отдела аорты, при этом все аневризмы нами разделялись на две группы согласно классификации Ю.В. Белова (2006, 2009): анулоаортальные - 25 (14,6%) и супраанулярные - 56 (32,7%). Показатели КТ и УЗ-исследований двух групп сопоставлялись между собой, различия между ТТЭХО-КГ и КТ были статистически не значимы. При этом в первой группе пациентов наибольший размер аорта имела на уровне синусов Вальсальвы с дилатацией ФК, во второй группе – максимальный диаметр имела аорта на уровне средней трети, выше синотубулярного гребня. Наибольшее расхождение показателей наблюдалось в группе пациентов с анулоаортальными аневризмами при измерении диаметра аорты на уровне СТГ ($p=0,286$) и синусов Вальсальвы ($p=0,260$), в группе с супраанулярными аневризмами при измерении диаметра на уровне ФК ($p=0,390$) и на уровне СТГ ($p=0,354$), но оно не достигло статистической значимости. Тем не менее, наиболее полное и точное представление о состоянии аорты и аортального клапана получали именно благодаря МСКТ, что подтверждалось не только полученными измерениями, но и данными о состоянии аортального клапана, визуализации его возможной деформации, кальциноза, выраженного стеноза или недостаточности по состоянию площади регургитации. Оба метода показывали достаточную диагностическую эффективность и не имели статистически значимой разницы, но данные МСКТ превосходили ЭХО-КГ в точности: 99,8% против 97,5% при измерении диаметра аорты на уровне ФК ($p=0,120; 0,390$), 99,4% против 95,6% при измерении на уровне синусов ($0,260; 0,354$) и 96,5% против 92,9% при оценке степени аортальной регургитации ($p=0,204; 0,444$).

Возможность выполнения клапансохраняющей операции определялась отсутствием выраженной анулоаортальной эктазии, нормальной анатомией и структурой створок аортального клапана. Окончательное решение о сохранении нативного клапана принималось интраоперационно, при этом полученные измерения также сравнивались с дооперационными данными ЭХО-КГ и МСКТ. Различия в результатах неинвазивных и интраоперационных

измерений не достигли статистической значимости, при этом данные МСКТ более соответствовали интраоперационным.

Применение новых параметров оценки корня аорты с помощью МСКТ

Впервые в нашей работе были продемонстрированы возможности дооперационной МСКТ в оценке таких показателей, как глубина и высота коаптации - параметров, необходимых для планирования реконструктивных оперативных вмешательств и предикторов полного восстановления геометрии корня аорты, ранее определяемыми во время оперативного вмешательства. Используя схему, предложенную Hans-Joachim Schafers (рис.2), а также данные Ю.В.Белова с описанием основных геометрических параметров корня аорты (2006,2009 г.), нами были измерены глубина и высота коаптации АК методом проведения линии в проекции ФК в косои сагиттальной проекции, 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. В исследовании не было получено статистически значимых различий между измерениями, проведёнными при МСКТ - исследовании, и соответствующими интраоперационными данными (табл. 1).

Рис.2 Схематичное изображение корня аорты с описанием основных геометрических параметров корня аорты, предложенные для измерений Hans-Joachim Schafers (2013)

AN - аортотрикулярное соединение; gH - геометрическая высота; STJ - синотрикулярный 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.

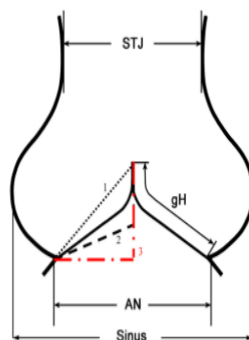


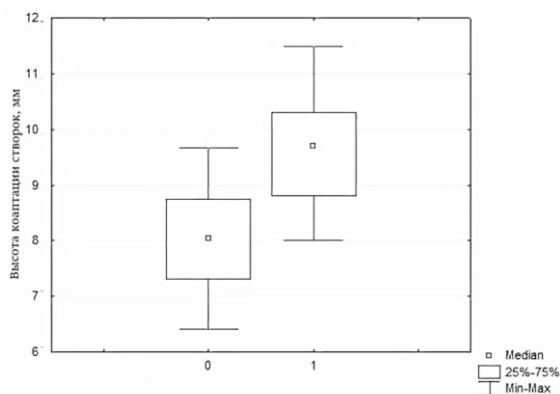
Таблица 1. Сопоставление неинвазивного и интраоперационного измерения геометрических характеристик аортального клапана.

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 (рис.3).

Рисунок 3. Высота коаптации створок аортального клапана у пациентов, подвергшихся хирургическому лечению.

0 – протезирование аортального клапана, 1 – клапансохраняющие операции



Для оценки прогностической значимости мы сравнили две группы больных. В первую группу включили 50 пациентов, которым выполнено протезирование аортального клапана, во вторую группу вошли 56 пациентов, которым удалось выполнить клапансохраняющую операцию. Высота коаптации створок у пациентов, которым не удалось сохранить аортальный клапан, оказалась статистически значимо меньше ($p=0,000$).

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. 4). 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 ($p=0,000$).

Рисунок 4. Оценка диагностической эффективности высоты (а) и глубины (б) коаптации створок аортального клапана.

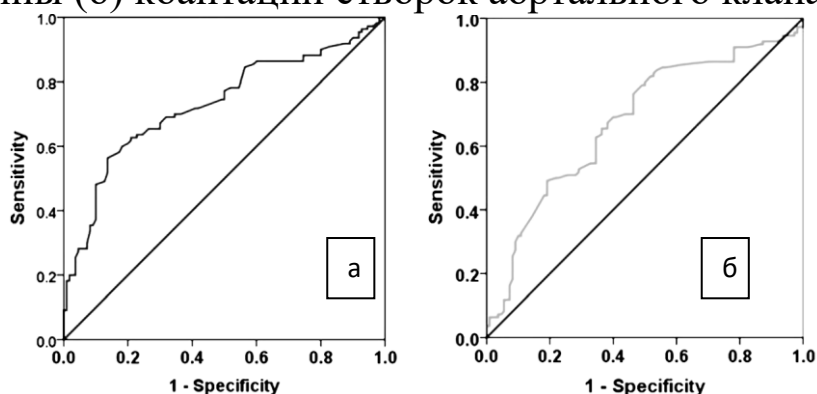
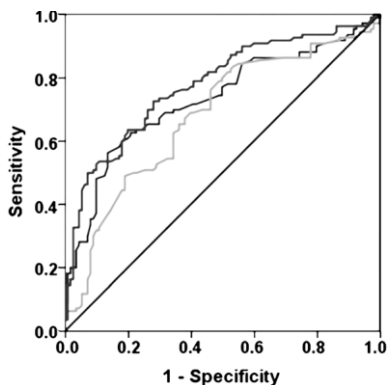


Рисунок 5. Оценка диагностической эффективности комплексного применения высоты и глубины коаптации створок аортального клапана.



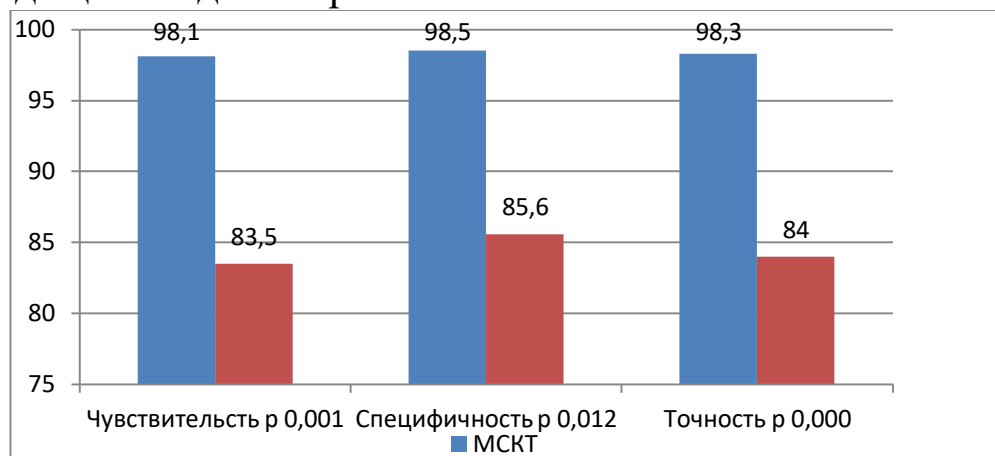
Из данного результата можно сделать вывод, что учет высоты и глубины коаптации аортального клапана в комплексной оценке пациента перед реконструктивной операцией на корне аорты, может дать хирургу больше информации для принятия объективного решения в пользу выбора метода коррекции аортального порока (рис.5).

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

С учётом диагностических особенностей пациенты были разделены нами на две группы: с наличием расслоения восходящего отдела аорты и сопутствующей аневризмой - 31 пациент (18%) и с наличием изолированной диссекции аорты - 59 пациентов (34,5%). Большинство пациентов было обследовано в экстренном порядке, сложности диагностики заключались в тяжести состояния пациентов, невозможности предварительной подготовки к исследованию,

трудности визуализации места отрыва интимы при выполнении ТТЭХО-КГ. МСКТ позволяла в условиях ограниченного времени провести полное исследование и интерпретацию даже у нестабильного пациента, за счёт этого возрастала точность результатов обследования по отношению к ЭХО-КГ.

Рисунок 6. Диагностическая информативность МСКТ и ЭХО-КГ в оценке восходящего отдела аорты в группе пациентов с расслоением восходящего отдела аорты.



Чувствительность и специфичность МСКТ в условиях острой диссекции аорты по отдельным параметрам значительно превосходили аналогичные показатели ЭХО-КГ (рис.6): 96,5% МСКТ против 85,9% ЭХО-КГ в оценке аортальной регургитации ($p=0,044$), 99,1 % МСКТ против 88,5% ЭХО-КГ в оценке диаметра ФК ($p<0,001$). Статистически значимыми были различия в измерениях аорты на разных уровнях и оценке аортальной регургитации при сочетании аневризм и диссекций ($p<0,001$) в виду сложности выполнения и ограничений ультразвукового метода диагностики.

Основываясь на результатах нашего исследования (доказанная высокая чувствительность, специфичность и точность метода КТ (в сравнении с показателями ЭХО-КГ), предложен оптимизированный диагностический МСКТ – протокол с использованием измерения высоты, глубины коаптации, площади регургитации аортального клапана у пациентов с патологией восходящего отдела аорты.

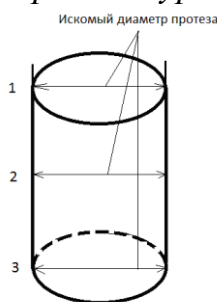
Результаты применения алгоритма подбора необходимых параметров кондуита для реконструкции корня аорты, основанном на результатах МСКТ-исследования.

По данным МСКТ определяли 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: $H_c = \frac{1}{2}D_{CTГ} = \frac{1}{2}D_{п1}$. То есть диаметр дистального конца протеза равен удвоенной величине высоты створки аортального клапана: $D_{п1}' = 2H_c$ (рис.7). При этом сужение, близкое к физиологическому, на данном уровне возможно сформировать за счет непосредственно анастомоза с аортой, пликации, гофрирования некоронарного синуса или шовной техники модификации Т. David. Техника определяется размерами восходящего отдела аорты и локализацией аневризмы.

Рисунок 7. 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 ($D_{п3}$)



Определяли 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 была выведена на основе практического опыта центра грудной хирургии ГБУЗ «НИИ-ККБ №1 им. проф. С.В. Очаповского», где 1,25 – коэффициент соотношения диаметра СТГ к диаметру СВ.

После этого необходимо сравнить полученное число с диаметром протеза на уровне синусов, рассчитанным на основе возраста и площади поверхности тела пациента (Echocardiography in aortic diseases: EAE recommendations for clinical practice):

1. Возраст ≤ 19 лет: $D (СВ пл) = 1,02 + (0,98 \times ППТ) \pm$ (диапазон значений $\pm 0,18$),
2. Возраст 20-39 лет: $D (СВ пл) = 0,97 + (1,12 \times ППТ) \pm$ (диапазон значений $\pm 0,24$),
3. Возраст ≥ 40 лет: $D (СВ пл) = 1,92 + (0,74 \times ППТ) \pm$ (диапазон значений $\pm 0,40$).

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

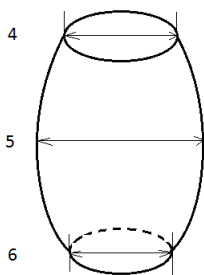
100% - 37 (мм)

X% - 25,5 (мм), где X = 68%,

Отсюда можно определить диаметр аорты на уровне фиброзного кольца (Dфк), он же равен диаметру протеза в области проксимального его конца: $D_{пз'} = D_{фк} = 0,68 \times D_{пз'}$ (рис.8).

Рисунок 8. 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 ($D_{п3'}$)



С целью клинической апробации нами было выделено 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 наш алгоритм, все необходимые расчёты и формирование кондуита выполнялись перед началом основного этапа.

При оценке интраоперационных параметров обращалось внимание на объем хирургического вмешательства, длительность искусственного кровообращения, время ишемии миокарда (табл. 2).

Таблица 2. 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 данных, представленных в таблице 2, следует, что, несмотря на сопоставимый объем операции, реконструкция корня аорты при использовании традиционного подхода требует более длительного

пережатия аорты и времени искусственного кровообращения. Эти различия обусловлены временем, затраченным на выполнение интраоперационных измерений и подготовку кондуита.

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 (табл. 3).

Таблица 3. 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

Оценка отдалённых результатов клапансохраняющих операций на аорте проводилась по результатам контрольного МСКТ и УЗИ обследования пациентов с использованием оценки коаптации, регургитации аортального клапана, измерениями сосудистого протеза и аорты на разных уровнях в сроки от 3 до 20 месяцев.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Высокие показатели диагностической точности МСКТ с использованием ЭКГ-синхронизации в выявлении и детальной морфо-функциональной оценке структурной патологии восходящего отдела аорты делают этот метод основным инструментом в предоперационном планировании на первичном этапе лучевой диагностики. МСКТ позволяет за одно исследование оценить степень изменения аорты и состояние аортального клапана, что играет решающую роль в выборе вида оперативного вмешательства. Внедрённые в алгоритм диагностики параметры оценки коаптации аортального клапана позволяют прогнозировать возможность его

сохранения у пациентов с патологией восходящего отдела аорты, сокращая время проведения операции. Разработанный метод подбора сосудистого протеза также позволяет сократить время циркуляторного ареста, избегая впоследствии возможных осложнений.

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 ± 27 мин до 89 ± 22 мин, $p<0,001$; время искусственного кровообращения уменьшается с 196 ± 38 мин до 158 ± 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 морфо-функциональных 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 ультразвуковым методом необходимо применять компьютерную томографию.

РАБОТЫ, ОПУБЛИКОВАННЫЕ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ:

1. Ясакова Е.П. Прямая канюляция в истинный просвет аорты при расслоении I типа по DeBakey / С.Ю. Болдырев, И.И. Якуба, В.П. Магомет, О.А. Рассоха, К.О. Барбухатти, В.А. Порханов // Кардиология и сердечно-сосудистая хирургия (импакт-фактор 0,239). – 2013. – Т.4, № 4. – С. 60-62.-3/0,4 с.

2. Ясакова Е.П. Компьютерная томография в диагностике травматических повреждений аорты /Е.И. Зяблова, Е.В. Расулова, А.А. Завражнов // Лучевая диагностика и терапия (импакт-фактор 0,311). – 2013. – Т. 4, № 2. – С. 29-33. – 5/1,25 с.

3. Ясакова Е.П. Случай успешного хирургического лечения разрыва дуги аорты при тупой травме грудной клетки / С.А. Белаш, К.О. Барбухатти // Патология кровообращения и кардиохирургия (импакт-фактор 0,570). – 2018. – Т. 22, № 1. – С. 51–55. – 5/1,6 с.

4. Ясакова Е.П. Мультиспиральная компьютерная томография в диагностике пациентов с патологией восходящего отдела аорты в до и послеоперационном периоде / С.А. Белаш, В.С. Пыхтеев, В.А. Порханов, Е.И. Зяблова // Лучевая диагностика и терапия (импакт-фактор 0,311). – 2018.-Т.9,№3.-с.5-12.-8/1,6 с

5. Ясакова Е.П. Возможности МСКТ в оценке аортального клапана у пациентов с аневризмами и диссекциями грудного отдела аорты / Е.И. Зяблова, А.Е. Петрушенко, С.Ю. Болдырев, В.А. Порханов // Диагностическая и интервенционная радиология (импакт-фактор 0,189). – 2011. – Т. 5, № 2. – С. 503. – 1/0,2 с.

6. Ясакова Е.П. Кубанский регистр острых аортальных диссекций тип А (КУБРАДА) /К.О. Барбухатти, С.А. Белаш, С.Ю. Болдырев, Г.И. Ким, В.А. Порханов, О.А. Россоха// Фармакоэкономика: теория и практика (импакт-фактор 0,620). – 2014. –Т.2,№1 – С.41- 1/0,1 с.

7. Патент 2676666, Российская Федерация. Способ определения требуемых размеров сосудистых протезов при клапаносохраняющих операциях на восходящем отделе аорты/ Ясакова Е.П., Пыхтеев В.С., Белаш С.А., Богдан А.П.; заявитель и патентообладатель ФГБОУВО КубГМУ Минздрава России. - № 2676666; опубликовано 09.01.2019.

8. E. Iasakova. MSCT in Diagnosing and Treating Cardiac and Chest Aorta Traumatic Injuries /E. Zyablova, V. Logvinova,S. Boldyrev, V. Porkhanov // Electronic Presentation Online System, European Society of Cardiac Radiology. – 2013. – p. 11-16. – 6/1,2 p.

9. E.Iasakova. Evaluation of Aortic Valve with ECG-gated 64-MDCT in Patients with Thoracic Pathology/ E. Zyablova, S. Boldyrev, V. Porkhanov//Electronic Presentation Online System, European Society of Cardiac Radiology. – 2011. - p. 25-29. – 5/1,25 p.

10. Ясакова Е.П. Нестандартный подход к повторному вмешательству у пациента с дилатацией восходящей аорты и аортальной недостаточностью./С.Ю. Болдырев, К.О. Барбухатти, Г.И. Ким, О.А. Россоха, В.П. Магомет // Бюл. НЦССХ им. А.Н. Бакулева РАМН «Сердечно-сосудистые заболевания». – 2014. – Т.15,№3 - С. 31. – 1/0,1 с.

СПИСОК СОКРАЩЕНИЙ

АК – аортальный клапан

МСКТ – мультиспиральная компьютерная томография

ИК – искусственное кровообращение

ОНМК – острое нарушение мозгового кровообращения

ПРАК – площадь регургитации аортального клапана

