

На правах рукописи

ПЕТРАКОВА ЕЛИЗАВЕТА АНАТОЛЬЕВНА

**ЗНАЧЕНИЕ АНАТОМИЧЕСКИХ ВАРИАНТОВ БРАХИОЦЕФАЛЬНОГО
СТВОЛА В ХИРУРГИИ АНЕВРИЗМЫ ВОСХОДЯЩЕГО ОТДЕЛА
АОРТЫ**

3.1.15. Сердечно-сосудистая хирургия

Автореферат
диссертации на соискание ученой степени
кандидата медицинских наук

Томск – 2026

Работа выполнена в Научно-исследовательском институте кардиологии - филиале ФГБНУ
«Томский национальный исследовательский медицинский центр Российской академии наук»

Научный руководитель - д-р мед. наук Панфилов Дмитрий Сергеевич

Официальные оппоненты:

Марченко Андрей Викторович, д-р мед. наук (Федеральное государственное бюджетное учреждение «Федеральный центр сердечно-сосудистой хирургии имени С.Г. Суханова» Министерства здравоохранения Российской Федерации, (г. Пермь), заместитель главного врача по медицинской части);

Ляшенко Максим Михайлович, канд. мед. наук (Федеральное государственное бюджетное учреждение «Национальный медицинский исследовательский центр имени академика Е.Н. Мешалкина» Министерства здравоохранения Российской Федерации (г. Новосибирск), заведующий кардиохирургическим отделением № 2).

Ведущая организация:

Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Российский научный центр хирургии имени академика Б.В. Петровского» (119991, г.Москва, пер.Абрикосовый, д.2)

Защита состоится 18.11.2026 года в 12.00 часов на заседании диссертационного совета 21.1.027.01 Д (208.063.01) при ФГБУ «НМИЦ им. ак. Е.Н. Мешалкина» Минздрава России.

Адрес: 630055, Новосибирск, ул. Речкуновская, 15;

e-mail: dissovet@meshalkin.ru

http://meshalkin.ru/nauchnaya_deyatelnost/dissertatsionnyy_sovet/soiskateli

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке ФГБУ «НМИЦ им. ак. Е.Н. Мешалкина» Минздрава России и на сайте

http://meshalkin.ru/nauchnaya_deyatelnost/dissertatsionnyy_sovet/soiskateli

Автореферат разослан «___» _____ 20__ года

Ученый секретарь
21.1.027.01 Д (208.063.01)
д-р мед. наук



Афанасьев Александр Владимирович

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность темы исследования

Нормальная анатомия дуги аорты, характеризующаяся четкой дифференциацией супрааортальных сосудов (брахиоцефальный ствол (БЦС), левая общая сонная артерия (ЛОСА), левая подключичная артерия (ЛПА)), в популяции встречается в подавляющем числе случаев (Setacci F. et al., 2009; Yousef S. et al., 2021).

Однако примерно у 3% населения могут отмечаться аномалии строения и количества супрааортальных сосудов, обусловленные aberrациями эмбрионального периода (Natsis K.I. et al., 2009; Yousef S. et al., 2021). Среди целого ряда анатомических аномалий выявляют самостоятельное отхождение левой позвоночной артерии от дуги аорты (5%), *arteria lusoria* (25%), изолированная aberrантная левая подключичная артерия (16%) и aberrантная левая подключичная артерия в сочетании с правосторонней дугой (12%) (Чаплыгина Е.В. и др., 2015; Yousef S. et al., 2021). При этом наиболее частой аномалией супрааортальных сосудов (58%) считается общее устье для брахиоцефального ствола и левой общей сонной артерии (Martocco-Trischitta M.M. et al., 2020; Yousef S. et al., 2021).

В современной литературе факт единого устья БЦС и ЛОСА рассматривается как состояние, ассоциированное с патологией грудной аорты. Так, Angouras D.C. et al. (2012) в своем исследовании отметили, что у пациентов с аневризмами и, реже, с расслоением грудной аорты встречаемость общего устья БЦС и ЛОСА значимо выше относительно людей с нормальной анатомией супрааортальных сосудов (26,3 против 16,4%, $p=0,001$). Malone C.D et al. (2012) и Kaul P. et al. (2009) также подтверждают этот факт.

В литературе опубликованы данные о том, что в группе пациентов с общим устьем БЦС и ЛОСА темпы роста размеров аорты, особенно в восходящем отделе, больше, чем в группе пациентов с нормальной анатомией супрааортальных сосудов. Так, Шаданов А.А. и соавторы (2020) отмечают более раннюю манифестацию аневризматической трансформации восходящего отдела аорты в группе пациентов с общим устьем БЦС и ЛОСА. Angouras D.C. et al. (2012), проведя анализ данных,

подтвердили, что скорость увеличения размеров восходящей аорты у пациентов с вариантной анатомией БЦС значимо выше по сравнению с теми, у кого данной аномалии не было выявлено (0,29 против 0,09 см/в год, $p=0,004$).

Martin C. et al. (2015) в своем исследовании провели анализ эластичности аортальной стенки. Авторы приходят к заключению о том, что при повышении жесткости аортальной стенки увеличивается риск ее разрыва. Отечественные авторы в своем исследовании также подчеркивают важность анализа эластико-тонического состояния аортальной стенки для определения уровня потенциального риска аортальных катастроф у пациентов с аневризмой восходящего отдела аорты (Шаданов А.А. и др., 2020).

У пациентов с единым устьем брахиоцефального ствола и левой общей сонной артерии имеются особенности выполнения хирургического и эндоваскулярного лечения аортальной патологии, способные оказывать негативное влияние на результат оперативного вмешательства (Angouras D.C. et al., 2012). Так, Faggioli G.L. et al. (2007) показали, что вариантная анатомия сосудов дуги усложняет технику эндоваскулярного вмешательства на сонных артериях. Авторы продемонстрировали относительно бóльшую частоту некорректной имплантации эндоваскулярных устройств у пациентов с вариантной анатомией БЦС по сравнению с пациентами, имеющими обычную анатомию сосудов дуги (89,6% против 76,4%, $p=0,1$). При этом стоит отметить, что частота и тяжесть послеоперационных неврологических осложнений в группе общего устья БЦС и ЛОСА значимо выше – 20% против 5,3% ($p=0,039$).

Несмотря на наличие фундаментальных работ, на сегодняшний день в доступной литературе недостаточно данных о связи обсуждаемой анатомии супрааортальных сосудов и неврологических осложнений при хирургическом лечении патологии грудной аорты. В единственном подобном исследовании отмечено, что хирургическая тактика, включая методы церебропротекции у пациентов с общим отхождением брахиоцефального ствола и левой общей сонной артерии, в высокой степени вариабельна. Таким образом, учитывая анатомические особенности этих пациентов, вопрос эффективности и безопасности хирургического лечения у пациентов с вариантной анатомией брахиоцефального ствола остается нерешенным.

Ряд важных проблем в аортальной хирургии до сих пор не решен – и это при том, что сама отрасль за последние годы добилась значительных успехов. Поэтому любое исследование, нацеленное на оптимизацию лечения данной категории пациентов, становится актуальным. Недостаточная изученность целого ряда вопросов, касающихся анатомо-функциональных, генетических, клинических особенностей у пациентов с единым устьем брахиоцефального ствола и левой общей сонной артерии, побуждает к проведению разностороннего научного анализа.

Степень разработанности темы исследования

Несмотря на пристальный интерес исследователей к анатомическим вариантам дуги аорты и накопленные данные о связи общего устья БЦС и лОСА с патологией грудной аорты (ускоренный рост аневризмы, повышенная жесткость сосудистой стенки), степень разработанности данной проблемы остается неравномерной и недостаточной. В литературе убедительно продемонстрирована более высокая встречаемость этой аномалии у пациентов с аневризмами и расслоением аорты (Angouras D.C. et al. 2012; Kaul P. et al. 2009), а также установлены негативные тенденции в темпах ее дилатации и эластических свойствах стенки (Шаданов А.А. с соавторами 2020; Martin C. et al. 2015). Однако целый ряд ключевых аспектов остается вне фокуса систематических исследований. Практически отсутствуют данные о влиянии общего устья БЦС и лОСА на частоту и структуру неврологических осложнений при хирургической коррекции патологии грудной аорты, а имеющиеся единичные наблюдения свидетельствуют о высокой вариабельности применяемых методов церебропротекции. Более того, вопросы оптимизации хирургической тактики, выбора реконструктивных стратегий и оценки их эффективности именно у данной категории пациентов до настоящего времени не получили комплексного решения. Таким образом, при очевидной клинической значимости аномалии степень ее изученности в аспекте хирургических рисков и тактических подходов остается фрагментарной, что обосновывает необходимость дальнейшего целенаправленного научного анализа.

Цель

Проанализировать влияние общего устья брахиоцефального ствола и левой общей сонной артерии на клинический и аортальный статусы, а также исходы хирургического лечения у пациентов с аневризмой восходящего отдела аорты

Задачи

1. Провести сравнительный анализ фенотипических и генетических данных пациентов с нормальной и вариантной анатомией брахиоцефального ствола.
2. Проанализировать анатомо-функциональные параметры грудной аорты у пациентов с нормальной и вариантной анатомией брахиоцефального ствола.
3. Провести сравнительный анализ течения раннего послеоперационного периода и клинические исходы у обсуждаемых групп пациентов.
4. Оценить эффективность и безопасность правосторонней унилатеральной антеградной перфузии головного мозга у пациентов с нормальной и вариантной анатомией брахиоцефального ствола при операции *hemiarch*.

Научная новизна

1. Впервые проведен анализ анатомо-функциональных особенностей аортальной стенки по данным МСКТ-аортографии, продемонстрировавший сопоставимые результаты у пациентов с вариантной анатомией БЦС относительно пациентов с нормальной анатомией сосуда.
2. Впервые проанализированы результаты правосторонней унилатеральной антеградной перфузии головного мозга при операциях на восходящей аорте в условиях циркуляторного ареста у пациентов с единым устьем БЦС и ЛОСА 1-го типа и 2-го типа, которые не выявили статистически значимых различий в отношении развития стойкого неврологического дефицита у анализируемых групп пациентов.
3. При оценке неврологического статуса после операций *hemiarch* впервые показано, что у пациентов с вариантной анатомией брахиоцефального ствола

правосторонняя антеградная унилатеральная церебральная перфузия адекватна, эффективна и безопасна.

Теоретическая и практическая значимость

1. На основании комплексного клинико-инструментального анализа обоснована эффективность и безопасность антеградной унилатеральной перфузии головного мозга в отношении клинического и субклинического неврологического статуса при операциях *hemiarc* у пациентов с единым устьем брахиоцефального ствола.

2. С помощью проведенного анализа результатов анатомо-функциональных особенностей грудной аорты продемонстрированы сопоставимые характеристики аортальной стенки у пациентов с нормальной и вариантной анатомией брахиоцефального ствола.

Методология и методы исследования

В исследование было включено 259 пациентов, которые были прооперированы по поводу аневризмы восходящего отдела аорты. Методологической основой исследования являлся комплексный подход, который включал в себя оценку неврологического и когнитивного статуса пациентов до и после хирургического вмешательства, также оценку анатомо-функциональных особенностей аортальной стенки по данным КТ-аортографии. Методологическую основу работы составили принципы доказательной медицины и биомедицинской статистики в сочетании с современными инструментально-аналитическими методами. С целью достижения поставленных задач проведён систематический обзор отечественных и зарубежных литературных источников, отражающих современное состояние проблемы хирургического лечения аневризм восходящего отдела аорты при различных анатомических типах дуги аорты. Объективная сравнительная оценка ранних послеоперационных данных у пациентов с вариантной анатомией БЦС и с нормальным строением дуги аорты обеспечивалась статистической интерпретацией полученных результатов.

Положения, выносимые на защиту

1. Фенотипическая характеристика пациентов с нормальным и вариантным строением брахиоцефального ствола имеет сопоставимый характер. Генетический портрет у пациентов с аномалией брахиоцефального ствола имеет больше вариантов генов неопределенной значимости.
2. Анатомо-функциональные параметры грудной аорты у пациентов с общим устьем брахиоцефального ствола и левой общей сонной артерии сопоставимы таковым у пациентов с нормальной анатомией брахиоцефального ствола.
3. Вариантная анатомия брахиоцефального ствола не требует изменения технологии унилатеральной перфузионной защиты головного мозга в период циркуляторного ареста и не является фактором риска развития неврологических осложнений при операциях hemiarch.

Степень достоверности и апробация результатов

Достоверность результатов обусловлена комплексным, последовательным характером инструментальных исследований, включающих теоретический анализ проблемы, достаточный по объёму клинический материал и современные методы статистической обработки. Формирование групп пациентов в зависимости от анатомии брахиоцефального ствола обеспечило сопоставимость данных и позволило объективно оценить влияние изучаемых факторов на первичную конечную точку. Выводы базируются на надёжных инструментальных данных и подтверждены корректными методами математической статистики. Основные положения диссертации представлены и обсуждены на заседаниях этического комитета и проблемной комиссии, что дополнительно подтверждает научную обоснованность и практическую ценность полученных результатов.

Материалы диссертации доложены на: Четвертом Всероссийском научно-образовательном форуме с международным участием «Кардиология XXI века: альянсы и потенциал» (Томск, 2023); Международной конференции по сосудистой и рентгенэндоваскулярной хирургии XXXVIII конференция Российского общества ангиологов и сосудистых хирургов и V конференции по патологии сосудов

Российского научного общества специалистов по рентгенэндоваскулярной диагностике и лечению (Москва, 2023); XXXX Международной конференции «Современные подходы в лечение заболеваний сосудов» (Санкт-Петербург, 2025); Пятом Всероссийском научно-образовательном форуме с международным участием «Кардиология XXII века: альянсы и потенциал» (Томск, 2024); III Совместном съезде РОСЭКТ и РосЭКМО (Санкт-Петербург, 2024); VIII Сибирском Международном аортальном симпозиуме (Новосибирск, 2025).

Объем и структура диссертации

Диссертационная работа состоит из введения, обзора литературы, описания клинического материала и методов исследования, трех глав собственных исследований и обсуждений результатов, выводов, практических рекомендаций и списка литературы. Диссертация представлена на 96 страницах машинописного текста, иллюстрирована 22 рисунками и 10 таблицами. Список литературы содержит 123 источника, в том числе 13 отечественных и 110 зарубежных работ.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Объект исследования

В рамках выполнения диссертационной работы было проведено одноцентровое ретроспективное обсервационное исследование с целью оценки ранних результатов протезирования восходящего отдела аорты (hemiarch) по поводу АВА у пациентов с нормальной и вариантной анатомией БЦС.

Исследование одобрено локальным этическим комитетом НИИ кардиологии Томского НИМЦ (протокол № 260 от 7 февраля 2024 года) и проведено в соответствии с этическими нормами, изложенными в Хельсинской декларации 2013 года.

В исследование включено 259 пациентов с аневризмой восходящего отдела аорты (рисунок 1).

Все пациенты были прооперированы в плановом порядке на базе сердечно-сосудистой хирургии НИИ кардиологии Томского НИМЦ в период с января 2013 по декабрь 2023 года. Включенные в исследование пациенты были разделены на две

группы. В первую группу включены пациенты с нормальным строением брахиоцефального ствола (No CILCA, n=202). Вторую группу составили пациенты с аномалией строения брахиоцефального ствола (CILCA, n=57).

Согласно протоколу исследования все данные были собраны до операции, на интраоперационном этапе, а также в раннем послеоперационном периоде

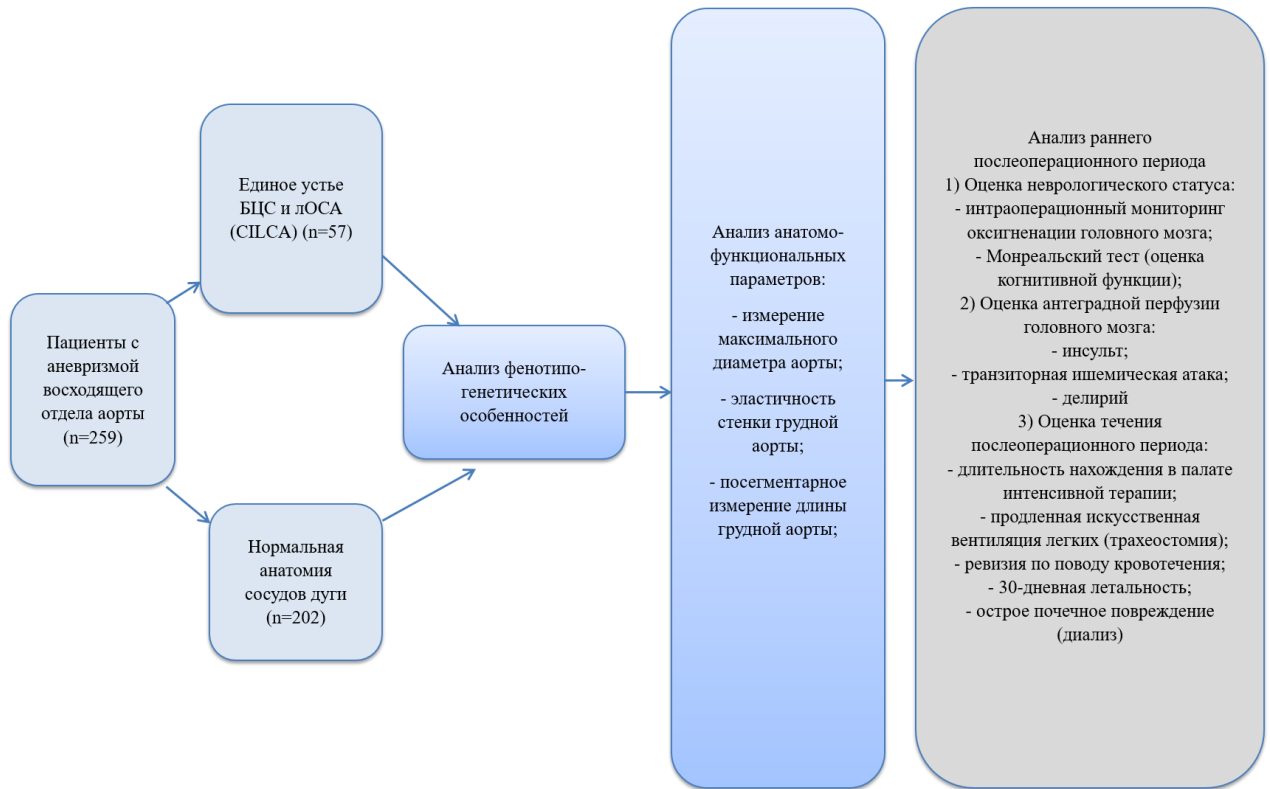


Рисунок 1 – Дизайн исследования

Гипотеза (non-inferiority)

Наличие общего устья брахиоцефального ствола и левой общей сонной артерии не сопровождается увеличением риска аортосвязанных состояний и не имеет негативного влияния на результаты неврологических осложнений, а также на результаты протезирования восходящей аорты относительно пациентов с нормальной анатомией брахиоцефального ствола.

Критерии включения:

- возраст пациентов старше 18 лет;
- несиндромные аневризмы восходящего отдела аорты;
- подписанное информированное согласие на участие в исследовании.

Критерии исключения:

- сочетанная аневризма дуги аорты и/или нисходящего отдела аорты;

- расслоение аорты;
- другие аномалии сосудов дуги аорты (аберрантная правая подключичная артерия, arteria lusoria, самостоятельное отхождение позвоночной артерии от дуги аорты, аберрантная левая подключичная артерия в сочетании с правосторонней дугой);
- отказ пациента участвовать в исследовании.

Конечные точки исследования

Первичная комбинированная:

- неврологические события в раннем послеоперационном периоде (транзиторная ишемическая атака, делирий, инсульт).

Вторичные:

- послеоперационное кровотечение, требующее реоперации;
- острое почечное повреждение;
- дыхательная недостаточность, требующая продленной искусственной вентиляции легких (ИВЛ);
- кардиальные осложнения.

Клиническая характеристика пациентов

Анализ предоперационных данных обсуждаемых пациентов показал, что группы были сопоставимы по основным клинико-демографическим показателям.

Средний возраст пациентов, включенных в исследование, составил 60 [23; 79] лет. Преобладали пациенты мужского пола над женским (соотношение 3:1).

Основные предоперационные характеристики пациентов представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Предоперационная характеристика пациентов

Параметры	No CILCA (n = 202)	CILCA (n = 57)	p- уровень
Возраст, лет	61 [23; 79]	60 [29; 77]	0,637
Мужской пол, n (%)	145 (71,7%)	37 (64,9%)	0,344
Рост, см	172 [150; 194]	172 [150; 195]	0,556
Вес, кг	82 [51; 137]	85 [51; 136]	0,217
Площадь поверхности тела, м ²	1,95 [1,49; 2,96]	2,0 [1,5; 1,6]	0,495

Параметры	No CILCA (n = 202)	CILCA (n = 57)	p- уровень
Атеросклероз аорты, n (%)	27 (13,3%)	9 (15,7%)	0,632
ИБС, n (%)	62 (30,6%)	21 (36,8%)	0,420
ПИКС, n (%)	17 (8,4%)	5 (8,7%)	0,956
Бикуспидальный аортальный клапан, n (%)	61 (30,1%)	14 (24,5%)	0,420
Артериальная гипертензия, n (%)	147 (72,7%)	46 (80,7%)	0,207
Кисты почек/ поликистоз, n (%)	14 (6,9%)	5 (8,7%)	0,632
Кисты печени, n (%)	1 (0,49%)	1 (1,7%)	0,345
Фибрилляция предсердий, n (%)	33 (16,3%)	11 (19,2%)	0,590
ХОБЛ, n (%)	10 (20,2%)	5 (8,7%)	0,290
СД, n (%)	12 (5,9%)	6 (10,5%)	0,243
Предшествующие кардиохирургические вмешательства, n (%)	11 (5,4%)	3 (5,2%)	0,938

Примечание: ИБС-ишемическая болезнь сердца; ПИКС-постинфарктный кардиосклероз; СД-сахарный диабет; ХОБЛ-хроническая обструктивная болезнь легких

МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Мультиспиральная компьютерная томография

С целью количественной оценки деформации и геометрических параметров грудной аорты всем больным в дооперационном и послеоперационном периодах проводилось контрастное МСКТ-исследование.

Для визуализации грудной аорты применялась система «Discovery NM/CT 570C» (GE Healthcare, США) на базе 64-срезового компьютерного томографа. С целью контрастирования сосудистого русла использовался йодсодержащий препарат (концентрация активного вещества 370–400 мг/мл) в объёме 1 мл/кг, вводимый со скоростью 4–5,5 мл/с. Сканирование выполнялось в режиме ретроспективной синхронизации с ЭКГ, что обеспечивало возможность последующего реформатирования данных в 10 временных интервалов сердечного

цикла. Условия записи включали напряжение на трубке 120 кВ, ток в диапазоне 300–600 мА (с ЭКГ-модуляцией), период вращения трубки 0,4 с и значение пика от 0,20 до 0,22 (вариабельно в зависимости от частоты сердечных сокращений). Стандартная реконструкция изображений производилась с толщиной среза 0,625 мм. Обработка полученных массивов данных (включая сегментарные измерения грудной аорты и построение трёхмерных реконструкций) осуществлялась на рабочей станции Advantage Workstations 4.3. Помимо этого, до и после контрастного усиления у пациентов фиксировали уровень артериального давления по методике Короткова.

Каждое измерение выполнялось в плоскости, ортогонально центральной оси аорты. Оценке подлежали следующие анатомические структуры и уровни: фиброзное кольцо аортального клапана; синусы Вальсальвы; сино-тубулярное соединение; восходящая аорта проксимальнее устья БЦС; дуга аорты (проксимальнее устья ЛПА); начальный отдел нисходящей аорты (дистальнее устья ЛПКА); левое предсердие; диафрагма.

Диаметр восходящего отдела аорты определяли на уровне бифуркации лёгочного ствола. Измерения максимального диаметра аорты (мм) выполняли с включением толщины сосудистой стенки. Нормализованный диаметр аорты (см/м²) вычисляли как отношение максимального диаметра (см) к площади поверхности тела (м²). Все измерения и интерпретация изображений проводились на основе согласованного мнения двух опытных специалистов.

Также измеряли длину восходящего отдела, дуги аорты и нисходящей аорты перпендикулярно центральной линии просвета сосуда в следующих сегментах: 1-й сегмент – от уровня фиброзного кольца аортального клапана до СТС; 2-й сегмент – от СТС до уровня отхождения БЦС; 3-й сегмент – от уровня отхождения БЦС до истмуса аорты; 4-й сегмент – от истмуса аорты до устья чревного ствола.

Для каждого пациента выбирали фазы сердечного цикла: конечно-систолическая (30–40% R–R) и конечно-диастолическая (80–90% R–R).

Дополнительно проводили вычисление циркулярной деформации, комплаенса, жесткости и растяжимости аортальной стенки (на аналогичных уровнях исследования).

Для анализа анатомии брахиоцефального ствола и левой общей сонной артерии использовали классификацию Layton K.F. et al., где 1-й тип – общее устье брахиоцефального ствола и левой общей сонной артерии, 2-й тип – отхождение устья левой общей сонной артерии от брахиоцефального ствола.

Генетическое тестирование

Для генетического анализа проводили поиск редких (популяционная частота минорного аллеля менее 1%) несинонимичных генетических вариантов, локализованных в экзонах 62 генов наследственных и синдромальных форм аневризмы грудной аорты. Выбор генов проводили на основании данных, представленных в базе ClinGene. Классификацию выявленных вариантов по степени патогенности проводили с использованием инструмента VarSome The Human Genomics Community, который представляет собой автоматизированный классификатор генетических вариантов по степени патогенности на основе анализа данных о патогенности из нескольких *in silico* инструментов, в том числе CADD, Polyphen2 HDIV, Polyphen2 HVAR, DEOGEN2, PROVEAN.

Валидацию идентифицированных Variant of Uncertain Significance (VUS – англ. – вариант гена неизвестного клинического значения) в генах FBN1, MYH11, COL3A1, COL4A5, NOTCH1 и PLOD3 осуществляли при помощи прямого двунаправленного секвенирования по Сэнгеру на автоматическом секвенаторе «3730xl DNA Analyzer» (Applied Biosystems, США).

Техника хирургического лечения

Всем пациентам выполняли хирургическое лечение аневризмы восходящего отдела аорты в объеме протезирования восходящего отдела аорты с захватом малой кривизны дуги аорты (hemiarch).

Операцию проводили в условиях умеренной гипотермии (25–31°C), унилатеральной антеградной перфузией головного мозга через БЦС с объемной скоростью 8–10 мл/кг/мин, а также с поддержанием артериального давления на уровне 60–80 мм рт. ст.

После срединной стернотомии выделяли проксимальные сегменты всех супрааортальных сосудов. Под контролем церебральной оксиметрии и уровня

артериального давления выполняли боковое отжатие БЦС для формирования анастомоза с линейным сосудистым протезом 10 мм по типу «конец в бок» с последующим соединением с артериальной магистралью аппарата искусственного кровообращения. Правое предсердие использовали для венозной канюляции. Искусственное кровообращение подключали по схеме «правое предсердие – БЦС» и начинали охлаждение тела пациента до целевой температуры. Кардиopleгический арест проводили путем селективной антеградной фармакологической холодной кардиopleгии в устья коронарных артерий раствором «Кустодиол» (Kohler Chemie GmbH, Германия). При достижении необходимой температуры тела начинали циркуляторный арест нижней половины тела с унилатеральной антеградной перфузией головного мозга через брахиоцефальный ствол. Стенку аорты резецировали, формировали косой дистальный анастомоз от проекции устья левой подключичной артерии до уровня брахиоцефального ствола, используя технику «открытого» анастомоза. По окончании дистального аортального анастомоза завершали циркуляторный арест нижней половины тела и начинали согревание тела пациента. Далее формировали проксимальный аортальный анастомоз на уровне сино-тубулярного соединения. По показаниям протезировали корень аорты с использованием известных методик, а также выполняли сочетанные вмешательства на клапанах сердца, коронарных артериях.

Церебральная оксиметрия

Для оценки церебральной оксиметрии (rSO₂, %) правого и левого полушария регистрировали показатели инфракрасной спектроскопии (NIRS) на аппарате «INVOS 5100» (Somanetics, США). Измерения проводили на следующих этапах операции: исходные значения, момент инициации искусственного кровообращения, период циркуляторного ареста, завершение ИК и окончание оперативного вмешательства

Монреальская шкала оценки когнитивных функций

Когнитивный статус пациентов оценивали при поступлении в стационар (исходные данные), а также в течение первых двух недель после проведенной операции. Для его оценки использовали шкалу MoCA (MoCA-тест, Montreal Cognitive Assessment), которая включает оценку внимания, речи, памяти, исполнительных

функций, визуально-пространственных навыков, знания предметов, ориентации и отсроченного воспроизведения символов. Нижней границей нормальных значений был уровень ≥ 23 баллов из 30 возможных.

Методы статистической обработки данных

Статистический анализ выполнен с использованием пакета прикладных программ STATISTICA 10.0 for Windows. Формирование базы данных осуществлялось в среде Microsoft Excel 2010 (Microsoft Corp., США). Проверка количественных показателей на нормальность распределения проводилась с помощью критерия Шапиро–Уилка. Описательная статистика для количественных признаков: при нормальном распределении — среднее арифметическое (M) и стандартное отклонение (SD); при распределении, отличном от нормального, — медиана (Me) и межквартильный размах ($Q25$ – $Q75$). Качественные и категориальные данные представлены абсолютными (n) и относительными (%) частотами.

Статистическое сравнение независимых групп проводили следующим образом. Для количественных переменных, распределение которых соответствовало нормальному закону, применяли параметрический t -критерий Стьюдента; при отсутствии нормальности — непараметрический критерий Манна–Уитни. Для категориальных показателей использовали χ^2 -критерий Пирсона (а при соблюдении соответствующих условий — точный критерий Фишера). Различия считали статистически значимыми при $p < 0,05$.

ФЕНОТИПИЧЕСКИЕ И ГЕНЕТИЧЕСКИЕ ДАННЫЕ У ПАЦИЕНТОВ С ВАРИАНТНОЙ АНАТОМИЕЙ БРАХИОЦЕФАЛЬНОГО СТВОЛА

При анализе фенотипических критериев в когорте пациентов, включающих возрастные, половые и росто-весовые характеристики, не было выявлено значимых межгрупповых различий (рисунок 2). Так, в исследуемых группах преобладали пациенты мужского пола (71,7% в группе No CILCA и 64,9% в группе CILCA, $p=0,344$). Возраст пациентов в группе No CILCA составил $61 \pm 1,8$ лет, в группе CILCA — $60 \pm 1,7$ лет. Анализируемые антропометрические показатели пациентов в обеих группах были сопоставимы.

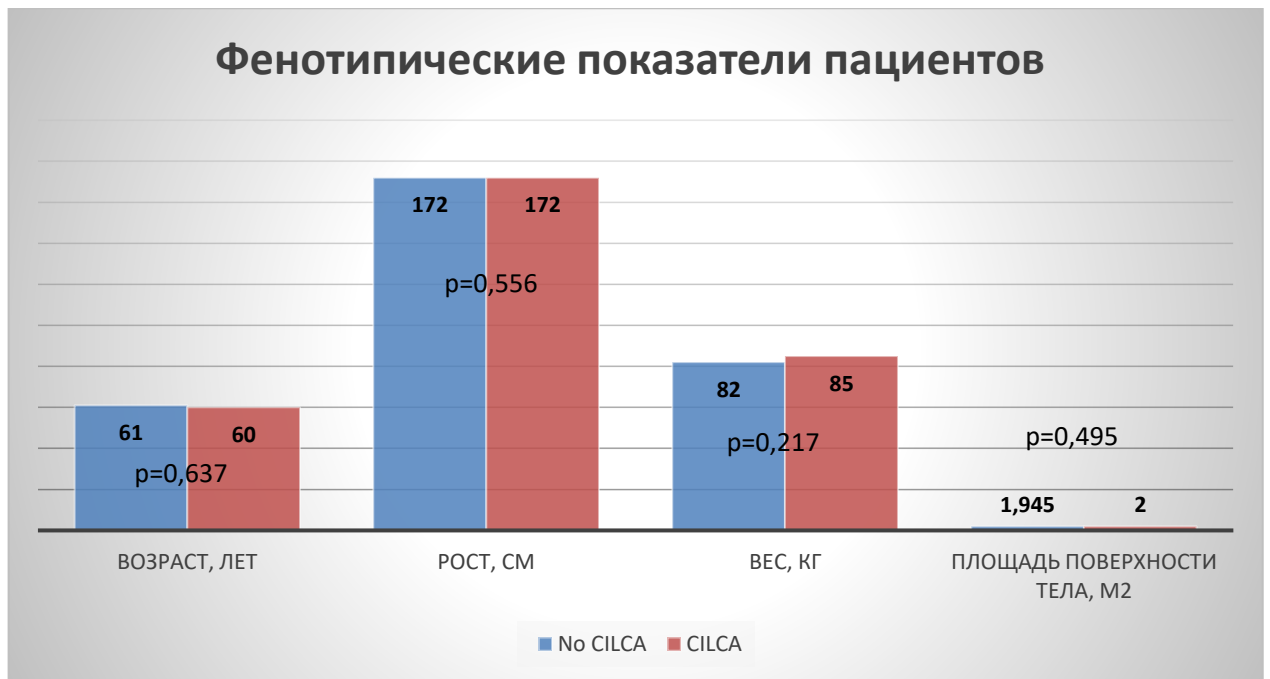


Рисунок 2 – Фенотипические показатели пациентов

При сравнительном анализе групп пациентов по частоте встречаемости дислипидемии, сахарного диабета, фибрилляции предсердий также не было выявлено статистически значимых различий. При сравнении групп обращает на себя внимание разница в частоте атеросклероза аорты, в группе No CILCA этот показатель составил 27 (13,3%) случаев, тогда как в группе CILCA – 9 (15,7%) случаев, однако данное различие не было статистически значимым ($p=0,632$). Это находилось в соответствии с частотой ишемической болезни сердца, которая в группе No CILCA составила 62 (30,6%) случая, в группе CILCA – 21 (36,8%), $p=0,420$. Также частота встречаемости артериальной гипертензии в группе CILCA 46 (80,7%) случаев превышала аналогичный показатель в группе No CILCA 147 (72,7%) случаев, однако разница не была статистически значимой ($p=0,207$).

Генетический анализ проводился у 42 пациентов: у 31 пациентов группы No CILCA и у 11 пациентов группы CILCA. Так, в ходе поиска был выявлен ген патогенного варианта CCDC39 – c.610-2A>G, который обнаружен у пациента группы CILCA, выражающийся в виде одноклеотидной замены, приводящей к потере акцепторного сайта сплайсинга.

Всего у анализируемых пациентов было выявлено 67 VUS в 38 генах, из них 57 вариантов (36 генов) в группе No CILCA и 13 вариантов (12 генов) в группе CILCA.

Некоторые варианты или гены пересекались между группами. Так, общими для обеих групп генами являются *HYDIN* (с.12076G>A), *HOXA3* (с.1127G>A) и *COQ9* (с.826C>T). При анализе пациентов с разным строением брахиоцефального ствола были выявлены генетические варианты одних и тех же генов: *MEGF8*, *MKS1*, *GALNT11*, *DNAH9*, *DNAH5*, *KMT2D*, *CCDC40*. Однако стоит отметить, что только у пациентов CILCA был обнаружен VUS в генах *ANKS6* (с.2564T>C:p.Phe855Ser (rs200644058)) и *FBN1* (с.7841C>T:p.Ala2614Val). Однако вариант с.2564T>C гена *ANKS6* классифицируется как вероятно патогенный, но также данный вариант по оценке показателя CADD относится к высокопатогенному варианту. При анализе на инструменте AlphaMissense данный вариант относят к вероятно патогенному.

АНАТОМО-ФУНКЦИОНАЛЬНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ГРУДНОЙ АОРТЫ

Для анализа геометрических показателей стенки аорты были отобраны 72 пациента, из которых 44 пациента входили в группу No CILCA, 28 – в группу CILCA (таблица 2).

Согласно данным МСКТ было отмечено, что тубулярная часть восходящей аорты имела тенденцию к увеличению у пациентов группы No CILCA относительно пациентов группы CILCA – 51 [43; 70] мм против 49 [41; 69] мм соответственно ($p=0,266$). И наоборот, размеры корня аорты имели тенденцию к увеличению в группе CILCA – 45 [34; 70] мм против 44 [32; 65] мм, $p=0,319$.

Таблица 2 – Размеры грудной аорты по данным МСКТ

Показатель	No CILCA (n=44)	CILCA (n=28)	p-уровень
Корень аорты, мм	44 [32; 65]	45 [34; 70]	0,319
Тубулярная часть восходящей аорты, мм	51 [43; 70]	49 [41; 69]	0,266
Аортальный индекс, см/м ²	2,6 [1,7; 3,5]	2,5 [1,8; 4,05]	0,086
Дуга аорты, мм	32 [24; 41]	32 [25; 39]	0,842

При этом в группе CILCA максимальный размер корня аорты составил 70 мм, в группе No CILCA – 65 мм. Анализируя размеры дуги аорты, у обеих групп пациентов этот показатель был сопоставим без превышения нормальных значений.

При анализе длин сегментов грудной аорты были выявлены следующие особенности (таблица 3). Длина корня аорты в исследуемых группах была сопоставима и составила 23 [13; 39] мм в группе No CILCA и 25 [13; 40] мм в группе CILCA. Вместе с этим тубулярный отдел восходящей аорты был значимо длиннее в группе No CILCA – 86 [63; 123] мм против 82 [40; 103] мм в группе CILCA – 82 [40; 103] мм ($p=0,018$). Это в свою очередь отразилось на общей длине восходящей аорты (от аортального клапана до БЦС), которая была значимо больше у пациентов группы No CILCA 113 [89; 144] мм против 108 [63; 143] мм в группе CILCA ($p=0,021$). Измеренная длина дуги аорты демонстрировала тенденцию к росту у пациентов с вариантной анатомией БЦС – 58 [32; 88] мм против 54 [35; 81] мм, однако полученное различие не достигло порога статистической значимости ($p=0,355$). Колебания размеров в проксимальной и средней частях грудной аорты в анализируемых группах не отразились на показателе общей длины восходящего отдела и дуги аорты, которая была сопоставима ($p=0,113$).

Таблица 3 – Длины сегментов аорты по данным МСКТ

Длина	No CILCA (n=44)	CILCA (n=28)	p-уровень
Корень аорты, мм	23 [13; 39]	25 [13; 40]	0,306
Тубулярная часть ВоА, мм	86 [63; 123]	82 [40; 103]	0,018
ВоА (от AoК до БЦС), мм	113 [89; 144]	108 [63; 143]	0,021
ВоА (от AoК до БЦС), > 115 мм, n (%)	20 (45,5%)	8 (28,5%)	0,156
ВоА (от AoК до БЦС), < 115 мм, n (%)	24 (54,5%)	20 (71,5%)	0,154
Дуга аорты, мм	54 [35; 81]	58 [32; 88]	0,355
Сегмент аорты корень-тубулярный отдел-дуга, мм	168 [133; 218]	161 [120; 202]	0,113

Примечание: AoК – аортальный клапан, ВоА – восходящая аорта, БЦС – брахиоцефальный ствол

На анализируемых уровнях аорты не было выявлено статистически значимых различий по показателю циркулярной деформации стенки аорты между группами No CILCA и CILCA на всех уровнях (рисунок 3).

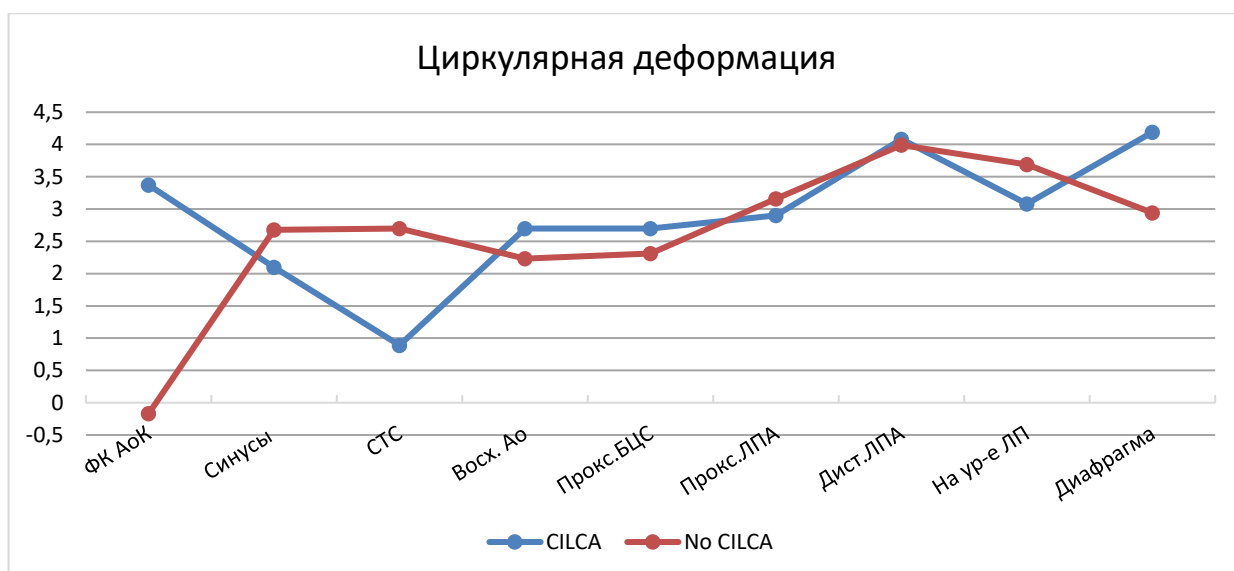


Рисунок 3 – Циркулярная деформация аортальной стенки

Однако стоит отметить, что на уровне фиброзного кольца аортального клапана у пациентов в группе No CILCA наблюдается отрицательное значение циркулярной деформации в сравнении с пациентами группы CILCA ($-0,17$ [$-5,66$; $5,84$] против $3,37$ [$0,79$; $11,4$], $p=0,118$). Также на уровне сино-тубулярного соединения установлено, что циркулярная деформация была в 3 раза меньше в группе с единым устьем БЦС и ЛОСА, чем в группе с нормальной анатомией сосуда ($0,89$ [$0,49$; $2,59$] против $2,7$ [$0,20$; $4,22$], $p=0,230$).

При измерении комплаенса стенки аорты на определяемых уровнях была обнаружена разрозненная динамика показателей (рисунок 4).

Так, на уровне фиброзного кольца аортального клапана в группе CILCA анализируемый параметр аортальной стенки имел более высокое значение, чем в группе No CILCA ($1,92$ [$0,22$; $5,16$] против $1,09$ [$-1,74$; $3,2$], $p=0,136$). При этом комплаенс аортальной стенки на уровне сино-тубулярного соединения в группе No CILCA был в 2,5 раза выше относительно группы CILCA ($1,53$ [$2,05$; $3,08$] против $0,61$ [$-0,17$; $2,36$], $p=0,338$). При анализе на уровне корня аорты, восходящего отдела и нисходящего отдела грудной аорты показатели были сопоставимы. Обобщая полученные данные, стоит отметить, что в обеих группах наблюдался сопоставимый тренд комплаенса аортальной стенки на всех уровнях измерения.

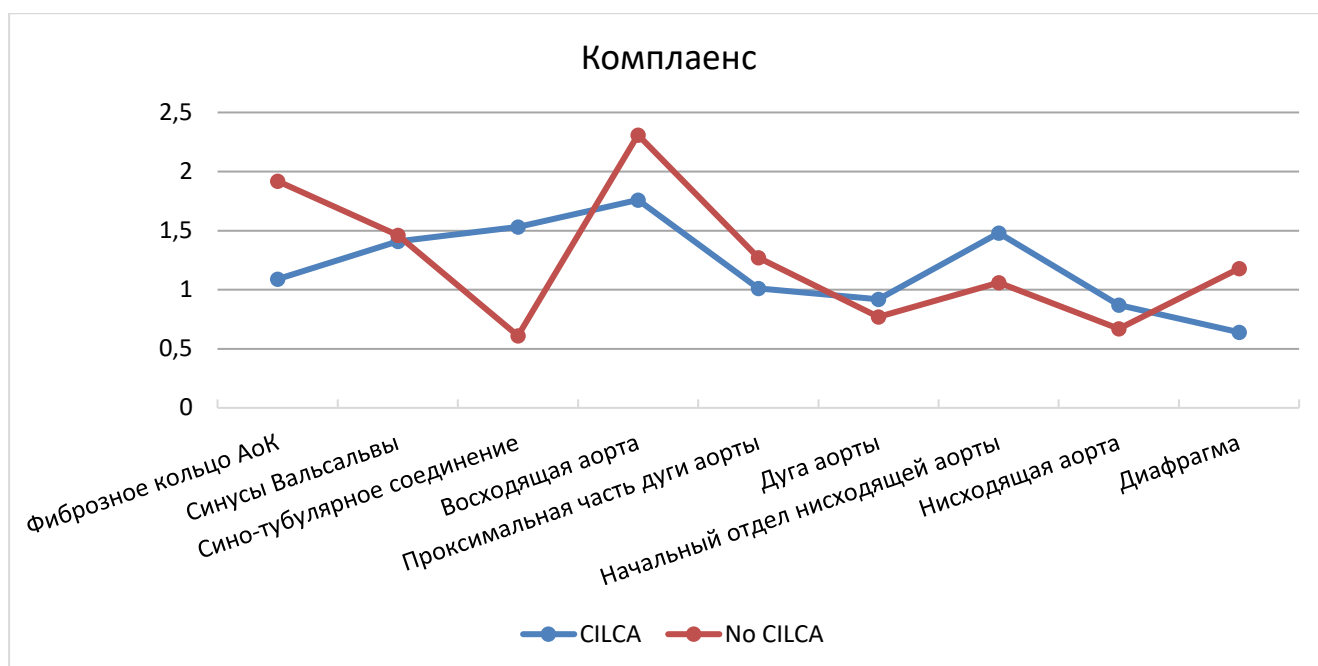


Рисунок 4 – COMPLIANCE аортальной стенки

В целом при анализе растяжимости стенки грудной аорты на всех диагностируемых уровнях не было зафиксировано статистически значимых межгрупповых различий (рисунок 5).



Рисунок 5 – RASTYAZHIMOST' аортальной стенки

На уровне фиброзного кольца низкий показатель растяжимости аортальной стенки наблюдался у пациентов с вариантной анатомией БЦС относительно пациентов с нормальным строением сосуда ($-0,17 [-0,31; 0,35]$ против $0,26 [0,04; 0,06]$, $p=0,113$). Одновременно с этим на уровне сино-тубулярного соединения

анализируемый показатель в группе CILCA оказался в 3 раза выше по сравнению с группой No CILCA (0,16 [0,28; 0,34] против 0,05 [0,02; 0,026], $p=0,648$).

При анализе индекса жесткости аортальной стенки восходящего отдела, дуги, нисходящего отдела аорты результаты были сопоставимы (рисунок 6).

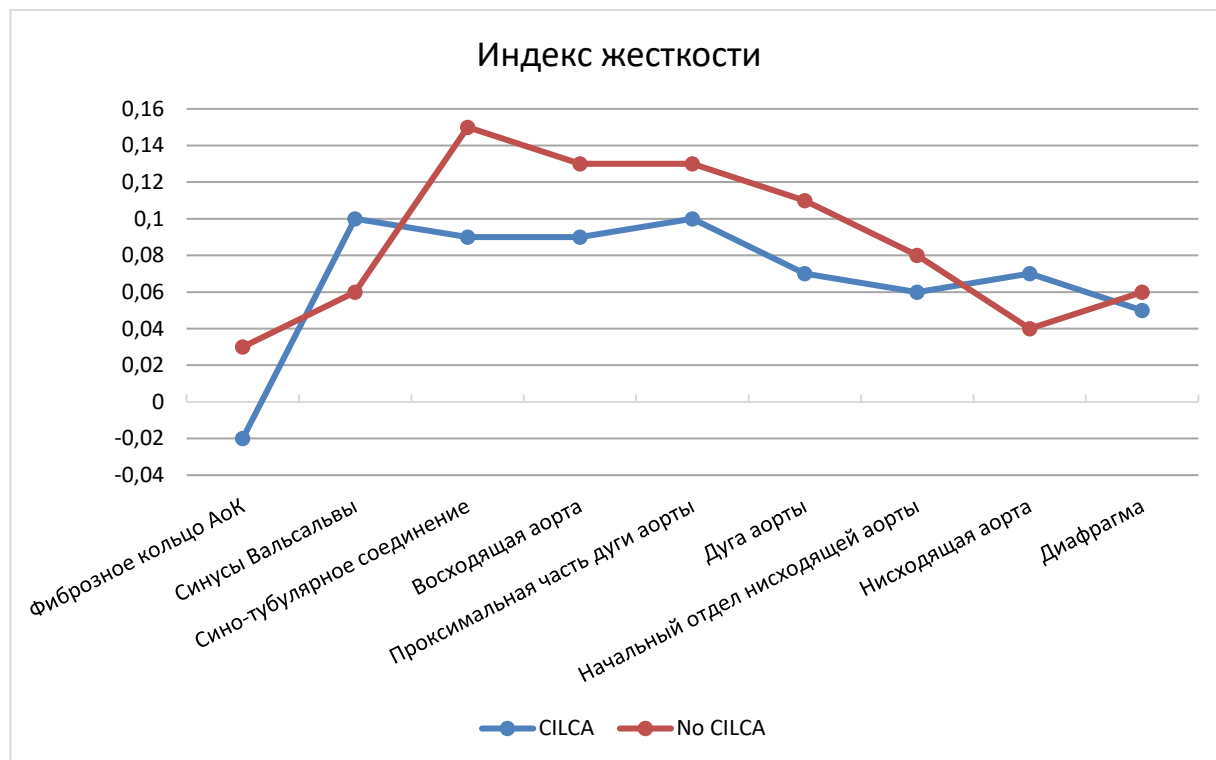


Рисунок 6 – Индекс жесткости аортальной стенки

Вместе с тем стоит отметить, что в группе CILCA на уровне фиброзного кольца был замечен более низкий индекс жесткости (вплоть до отрицательных значений) относительно группы No CILCA ($-0,02 [-0,08; 0,05]$ против $0,03 [0,01; 0,12]$ ($p=0,03$)). Напротив, более высокий индекс жесткости стенки аорты наблюдался на уровне сино-тубулярного соединения в группе с нормальной анатомией БЦС ($0,15 [0,07; 0,41]$ против $0,09 [0,03; 0,15]$, $p=0,273$).

Необходимо подчеркнуть, что, несмотря на отсутствие статистически значимых межгрупповых различий, жесткость аортальной стенки была выше у пациентов с нормальной анатомией БЦС на всем протяжении восходящего отдела, дуги и нисходящей аорты с максимальным значением на уровне сино-тубулярного соединения с постепенным снижением к дистальным отделам грудной аорты.

РЕЗУЛЬТАТЫ ХИРУРГИЧЕСКОГО ЛЕЧЕНИЯ ПАЦИЕНТОВ С АНЕРИЗМОЙ ВОСХОДЯЩЕГО ОТДЕЛА АОРТЫ В ГРУППАХ С НОРМАЛЬНОЙ И ВАРИАНТНОЙ АНАТОМИЕЙ БРАХИОЦЕФАЛЬНОГО СТВОЛА

Сравнение результатов в двух анализируемых группах показало, что общая длительность операции, продолжительность искусственного кровообращения, время сердечного ареста и период циркуляторного ареста с антеградной перфузией головного мозга были сопоставимы (рисунок 7).

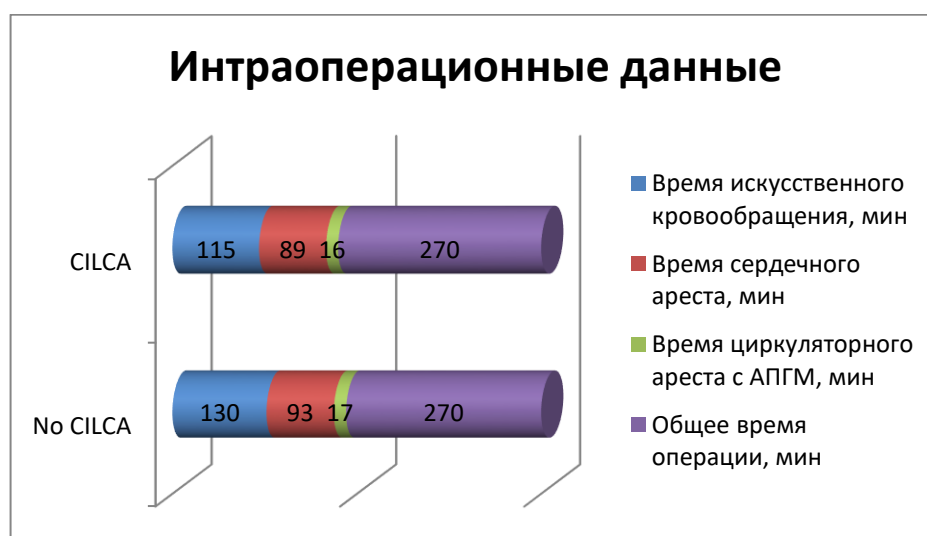


Рисунок 7 – Интраоперационные данные

(АПГМ – антеградная перфузия головного мозга)

Структура сочетанных кардиохирургических операций у пациентов обеих групп не имела значимых различий и включала протезирование аортального клапана, реконструкцию корня аорты, аортокоронарное шунтирование и их сочетание (рисунок 8).

Операции протезирования аортального клапана составили основную долю сочетанных кардиохирургических вмешательств. Так, в группе No CILCA частота протезирования аортального клапана составила 90 (44,5%) случаев, в группе CILCA – 20 (35,1%) случаев без значимых межгрупповых различий ($p=0,174$). Процедура David была выполнена несколько реже в группе No CILCA, чем в группе CILCA – 20 (9,9%) случаев против 6 (10,5%) случаев. Также статистически значимого различия по этому показателю получено не было ($p=0,916$). Частота выполнения

аортокоронарного шунтирования в обеих группах не различалась: в группе CILCA - 5(8,7%) случаев, в группе No CILCA – 17 (8,4%) случаев, $p=0,956$. Стоит отметить, что в группе No CILCA потребность в одномоментном протезировании аортального клапана и аортокоронарного шунтирования составила 2,9%, при этом в группе в группе CILCA таких операций не выполняли.

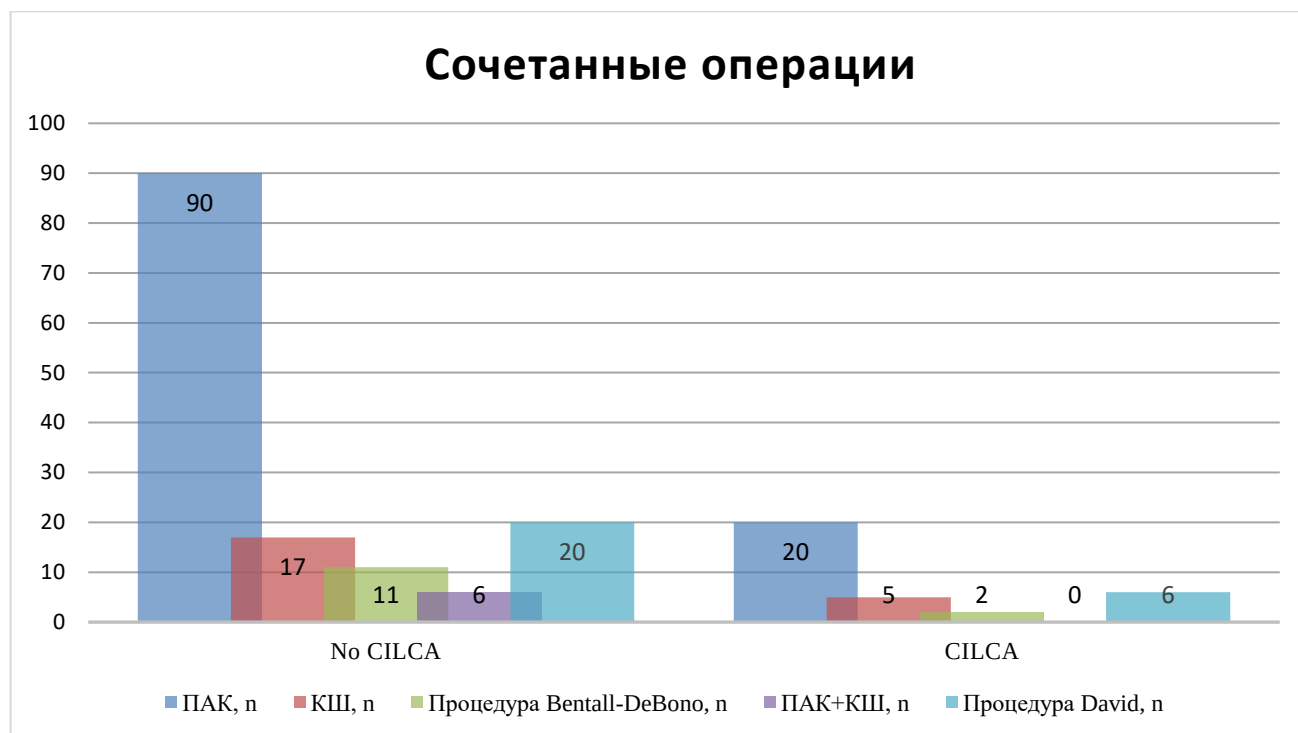


Рисунок 8 – Структура сочетанных операций

(КШ – коронарное шунтирование; ПАК – протезирование аортального клапана)

Течение раннего послеоперационного периода у обсуждаемых пациентов представлено в таблице 4.

Таблица 4 – Ранний послеоперационный период

Показатели	No CILCA (n=202)	CILCA (n=57)	p- уровень
Палата интенсивной терапии, койко-день	2 [1; 46]	2 [1; 32]	0,026
Неврологические события, n (%)	11 (5,4%)	2 (3,5%)	0,542
<i>Инсульт, n (%)</i>	2 (0,99%)	0	0,449
<i>ТИА, n (%)</i>	1 (0,49%)	1 (1,7%)	0,345
<i>Делирий, n (%)</i>	8 (3,9%)	1 (1,7%)	0,414
Дыхательная недостаточность, n (%)	14 (6,9%)	1 (1,7%)	0,142

Показатели	No CILCA (n=202)	CILCA (n=57)	p- уровень
Острое почечное повреждение, n (%)	6 (2,9%)	3 (5,2%)	0,418
Рестернотомия (кровотечение), n (%)	6 (2,9%)	4 (7,01%)	0,170
Госпитальная летальность, n (%)	7 (3,4%)	0	0,152

Примечание: ТИА – транзиторная ишемическая атака

Согласно полученным данным частота неврологических осложнений в обеих анализируемых группах была сопоставимой – 5,4% в группе No CILCA и 3,5% в группе CILCA. Стоит отметить, что значительную долю в структуре неврологического дефицита составили делириозные состояния. Несмотря на отсутствие значимых межгрупповых различий по этому показателю ($p=0,414$), наблюдался восходящий тренд по частоте делирия в группе No CILCA относительно пациентов группы CILCA – 3,9% и 1,7% соответственно. Схожая картина была отмечена в отношении стойкого неврологического дефицита. В группе No CILCA частота инсульта в раннем послеоперационном периоде была диагностирована у 0,99% пациентов, а в группе CILCA данного осложнения не было ($p=0,449$). Транзиторная ишемическая атака была диагностирована в единичных случаях в обеих группах.

При анализе послеоперационных исходов установлено, что частота дыхательной недостаточности, потребовавшей продлённой ИВЛ, в группе No CILCA характеризировалось тенденцией к росту в сравнении с группой CILCA (6,9% и 1,7% соответственно), однако это различие не было статистически значимым ($p=0,142$). В то же время длительность лечения в отделении интенсивной терапии оказалась достоверно больше в группе No CILCA ($p=0,026$).

В группе CILCA оказались выше частота заместительной почечной терапии по поводу острого почечного повреждения, а также частота рестернотомии из-за послеоперационного кровотечения. Однако по этим критериям также не было выявлено статистически значимых различий.

Ранняя послеоперационная летальность в группе No CILCA составила 7 (3,4%) случаев. У данных пациентов причиной смерти явилась полиорганная недостаточность ($n=6$), один пациент умер от COVID-19. В группе CILCA летальность отсутствовала.

АНТЕГРАДНАЯ ПЕРФУЗИЯ ГОЛОВНОГО МОЗГА У ПАЦИЕНТОВ С НОРМАЛЬНОЙ И ВАРИАНТНОЙ АНАТОМИЕЙ БРАХИОЦЕФАЛЬНОГО СТВОЛА

По данным инфракрасной спектроскопии в обеих анализируемых группах пациентов уровень оксигенации головного мозга в течение всей операции находился в диапазоне 62–72% (рисунок 9).

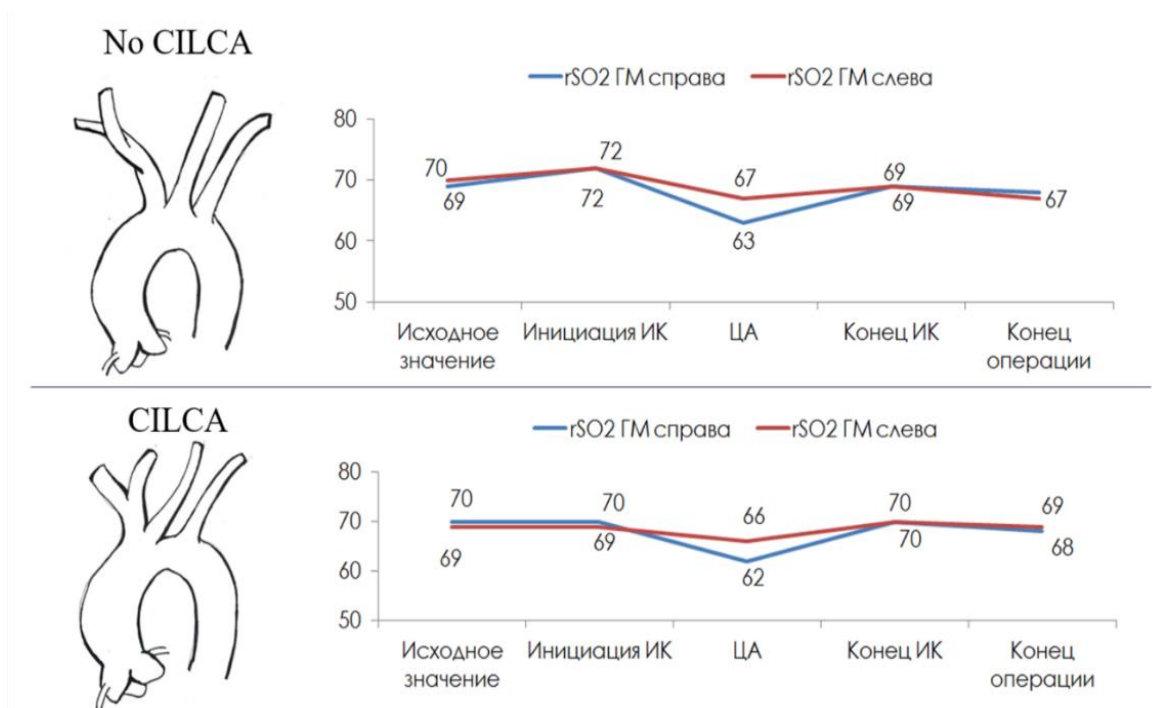


Рисунок 9 – Церебральная оксиметрия (rSO₂, %) головного мозга
в группах No CILCA и CILCA

При анализе наиболее «критического» этапа хирургического вмешательства – периода циркуляторного ареста – у обсуждаемых пациентов было отмечено следующее. В группе No CILCA уровень церебральной оксигенации левой гемисферы составил 67%, правой гемисферы – 63%, при этом уровень межгемисферальной асимметрии на этом этапе операции не превышал 4%. У пациентов группы CILCA показатели оксигенации левой и правой гемисфер головного мозга в этот период вмешательства были на уровне 66% и 62% соответственно. Межгемисферальная асимметрия в данной группе пациентов также составила 4%.

Субанализ колебаний церебральной оксигенации в подгруппах CILCA 1-го типа и CILCA 2-го типа выявил, что ее уровень находился в схожих пределах – 61–72%. При этом на этапе циркуляторного ареста с антеградной перфузией головного мозга

межполушарная асимметрия в подгруппе CILCA 1-го типа составила 6%, в подгруппе CILCA 2-го типа не превышала 4% (рисунок 10).

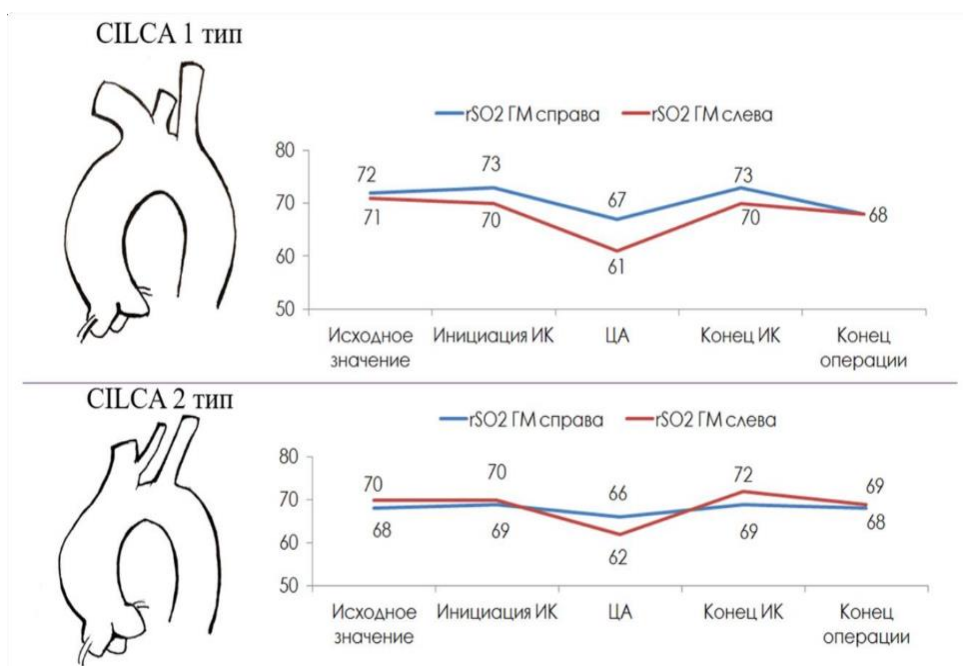


Рисунок 10 – Церебральная оксигенация головного мозга у пациентов CILCA 1-го типа и CILCA 2-го типа

В раннем послеоперационном периоде у 12 (4,6%) пациентов были зарегистрированы неврологические осложнения. Сравнительный анализ структуры и частоты этих осложнений не выявил статистически значимых различий (таблица 5).

Таблица 5 – Неврологический статус в раннем послеоперационном периоде у анализируемых пациентов

Показатель	No CILCA (n=202)	CILCA (n=57)	р- уровень
Инсульт, n (%)	2 (0,99%)	0	0,449
Транзиторная ишемическая атака, n (%)	1 (0,49%)	1 (1,7%)	0,345
Делирий, n (%)	8 (3,9%)	1 (1,7%)	0,414

В структуре неврологических осложнений преобладали делириозные состояния - 9 случаев, что составило 75% от общего количества пациентов с послеоперационным неврологическим дефицитом. При этом важно подчеркнуть, что в группе No CILCA фиксировалась тенденция к росту частоты делирия по сравнению с группой CILCA – 8 (3,9%) случаев против 1 (1,7%) случая (p=0,414).

Также необходимо отметить, что эпизоды грубой неврологической дисфункции со стороны головного мозга (инсульт) отсутствовали в подгруппе CILCA. При этом в подгруппе No CILCA в двух (0,99%) случаях был диагностирован стойкий неврологический дефицит.

При проведении субанализа в отношении неврологического статуса в подгруппах не было отмечено неврологического дефицита после операции у пациентов группы CILCA 2-го тип, тогда как у пациентов CILCA 1-го типа были диагностированы по одному случаю транзиторная ишемическая атака и делирий (таблица 6).

Таблица 6 – Неврологический статус в раннем послеоперационном периоде у пациентов в подгруппах 1-го тип CILCA и 2-го тип CILCA

Показатель	CILCA 1-го типа (n=29)	CILCA 2-го типа (n=28)	р- уровень
Инсульт, n (%)	0	0	> 0,999
Транзиторная ишемическая атака, n (%)	1 (3,4%)	0	0,321
Делирий, n (%)	1 (3,4%)	0	0,321

У анализируемых пациентов рассматривали динамику когнитивного статуса в периоперационном периоде, рассчитанную с использованием MoCA-теста. На дооперационном этапе в группе No CILCA сумма баллов составила 24, в группе CILCA этот показатель достиг уровня 26 баллов. Проведенный статистический анализ не выявил значимых различий по этому показателю между анализируемыми группами ($p=0,49$).

Согласно результатам MoCA-теста, проведенного в раннем послеоперационном периоде, в группе No CILCA сумма баллов достигла 25, в группе CILCA - 23 балла. Таким образом, в группе No CILCA была отмечена слабая положительная динамика (+4%), а в группе CILCA – слабая отрицательная динамика (-12%). Стоит отметить, что и на послеоперационном этапе статистически значимых различий по анализируемому показателю между группами не было выявлено ($p=0,11$).

ВЫВОДЫ

1. На основании генетического тестирования анализируемых пациентов в группе с единым устьем БЦС и ЛОСА выявлены гены *ANKS6* и *FBN1* с неопределенной значимостью, а также патогенный вариант гена *CCDC39*, которые не обнаружены у пациентов с нормальной анатомией БЦС.

2. Степень элонгации восходящей аорты (от аортального клапана до БЦС) на 4,6% больше в группе с нормальной анатомией БЦС в сравнении с вариантной анатомией БЦС (113 [89; 144] мм против 108 [63; 143] мм, $p=0,021$).

3. Эластико-деформационные характеристики аортальной стенки на уровне восходящего отдела, дуги, нисходящего отдела аорты, включающие ее комплаенс, индекс жесткости, растяжимость и продольную деформацию, у пациентов с нормальной анатомией БЦС и с вариантной анатомией БЦС сопоставимы.

4. Течение раннего послеоперационного периода после протезирования восходящей аорты у пациентов с нормальной и вариантной анатомией БЦС имеет сопоставимый характер в отношении частоты дыхательной недостаточности, эпизодов острого почечного повреждения и потребности рестернотомий по поводу кровотечения, а также ранней летальности.

5. Вариантная анатомия БЦС не увеличивает частоту развития стойких неврологических событий по сравнению с пациентами с нормальным строением сосуда, делирия и транзиторных ишемических атак ТИА в раннем послеоперационном периоде.

6. Билатеральная антеградная перфузия головного мозга у пациентов с вариантной анатомией БЦС 2-го типа и унилатеральная антеградная перфузия головного мозга у пациентов с вариантной анатомией БЦС 1-го типа не ухудшают неврологический статус в раннем послеоперационном периоде.

ПРАКТИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ

1. Наличие нормального или вариантного анатомического строения БЦС не имеет решающего значения в выборе или изменении при определении

хирургической тактики в отношении диагностики и лечения у пациентов с аневризмой восходящей аорты.

2. При наличии технической возможности у пациентов с вариантной анатомией брахиоцефального ствола целесообразно проводить билатеральную антеградную перфузию головного мозга путем канюляции БЦС с наложением зажима на единое устье БЦС и ЛОСА.

СПИСОК РАБОТ, ОПУБЛИКОВАННЫХ АВТОРОМ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ

Список статей в рецензируемых изданиях, рекомендованных ВАК:

1. Геометрические характеристики грудной аорты у пациентов с аневризмой восходящего отдела и разной анатомией брахиоцефального ствола / Д.С. Панфилов, Е.А. Петракова, В.В. Саушкин, Б.Н. Козлов // Российский кардиологический журнал. – 2025. – Т. 30, № 8. – С. 49–55.

2. Антеградная церебральная перфузия у пациентов с разными анатомическими вариантами брахиоцефального ствола / Д.С. Панфилов, Е.А. Петракова, Н.Л. Афанасьева, Б.Н. Козлов // Сибирский журнал клинической и экспериментальной медицины. – 2025. – Т. 40, № 3. – С. 140–147.

3. Идентификация клинически значимых вариантов генов эмбрионального развития сердечно-сосудистой системы при спорадической аневризме восходящего отдела и «бычьей дуге» аорты / И.А. Гончарова, Д.С. Панфилов, А.А. Слепцов, С.А. Шипулина, А.А. Зарубин, Н.П. Бабушкина, Н.Р. Валиахметов, В.В. Саушкин, Е.В. Лелин, Е.А. Петракова, Б.Н. Козлов, М.С. Назаренко // Сибирский журнал клинической и экспериментальной медицины. – 2025. – Т. 40, № 4. – С. 81–89.

4. Протезирование восходящей аорты у пациентов с нормальной и вариантной анатомией брахиоцефального ствола / Е.А. Петракова, Д.С. Панфилов, Е.В. Лелик, Б.Н. Козлов // Ангиология и сосудистая хирургия. Журнал им. академика А.В. Покровского. – 2025. – Т. 31, № 3. – С. 72–77.

СПИСОК СОКРАЩЕНИЙ

АПГМ – антеградная перфузия головного мозга

БЦС – брахиоцефальный ствол

ИБС – ишемическая болезнь сердца

ИВЛ – искусственная вентиляция легких

лОСА – левая общая сонная артерия

ЛПА (ЛПКА) – левая подключичная артерия

МСКТ – мультиспиральная компьютерная томография

ПИКС – постинфарктный кардиосклероз

СТС – сино-тубулярное соединение

ТИА – транзиторная ишемическая атака

ХОБЛ – хроническая обструктивная болезнь легких

ЧСС – частота сердечных сокращений

ЭКГ – электрокардиограмма