

На правах рукописи

Соловьёв Александр Владимирович

**ИСКУССТВЕННЫЙ ИНТЕЛЛЕКТ В ПОВЫШЕНИИ ТОЧНОСТИ
ВЫЯВЛЕНИЯ РАСШИРЕНИЯ АОРТЫ И СТВОЛА ЛЁГОЧНОЙ АРТЕРИИ
ПРИ КОМПЬЮТЕРНОЙ ТОМОГРАФИИ ОРГАНОВ ГРУДНОЙ КЛЕТКИ**

3.1.25. – Лучевая диагностика (Медицинские науки)

Автореферат

диссертации на соискание ученой степени

кандидата медицинских наук

Москва – 2025

Работа выполнена в Государственном бюджетном учреждении здравоохранения города Москвы «Научно-практический клинический центр диагностики и телемедицинских технологий Департамента здравоохранения города Москвы»

Научный руководитель:

Синицын Валентин Евгеньевич – доктор медицинских наук, профессор

Официальные оппоненты:

Ховрин Валерий Владиславович – доктор медицинских наук, Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Российский научный центр хирургии имени академика Б.В. Петровского», главный научный сотрудник отделения рентгенодиагностики и компьютерной томографии

Фокин Владимир Александрович – доктор медицинских наук, профессор, Федеральное государственное бюджетное учреждение «Национальный медицинский исследовательский центр имени В. А. Алмазова» Министерства здравоохранения Российской Федерации, профессор кафедры лучевой диагностики и медицинской визуализации с клиникой

Ведущая организация:

Государственное бюджетное учреждение здравоохранения Московской области «Московский областной научно-исследовательский клинический институт им. М. Ф. Владимирского»

Защита диссертации состоится «__» _____ 2025 года на заседании диссертационного совета 21.1.044.02 на базе ФГБУ «НМИЦ хирургии имени А.В. Вишневского» Минздрава России (117997, г. Москва, ул. Большая Серпуховская, д.27).

С диссертацией можно ознакомиться в научной библиотеке ФГБУ «НМИЦ хирургии имени А. В. Вишневского» Минздрава России (117997, г. Москва, ул. Большая Серпуховская, д.27) и на сайте www.vishnevskogo.ru.

Автореферат разослан «__» _____ 2025 года.

Ученый секретарь диссертационного совета
кандидат медицинских наук

Кондратьев Евгений Валерьевич

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность темы исследования

Сердечно-сосудистые заболевания, по данным Всемирной организации здравоохранения (ВОЗ), продолжают оставаться основной причиной смертности во всем мире. Каждый год более 17,9 млн человек умирают от патологий сердечно-сосудистой системы, включая аневризмы аорты и различные виды легочной гипертензии (ЛГ) [Xin Wang et al., 2024]. Эти патологические состояния часто остаются незамеченными на ранних стадиях, что значительно повышает риск внезапных и фатальных осложнений. Аневризмы аорты, часто протекающие бессимптомно, могут приводить к тяжелым, часто летальным осложнениям (диссекции, разрывы) [Gouveia e Melo R. et al., 2022]. Годовая заболеваемость аневризмами грудного отдела аорты оценивается примерно в 10 случаев на 100 000 человек, а частота диссекций и разрывов — около 1,6 случая на 100 000 человек [Lavall D. et al., 2012].

Легочная гипертензия, возникающая при широком спектре заболеваний сердца и легких, играет ключевую роль в ранней диагностике сердечно-сосудистой патологии [Galiè N. et al., 2015]. Расширение ствола легочной артерии является одним из основных симптомов ЛГ [Zouk A.N. et al., 2020], в частности, оно часто встречается при хронической обструктивной болезни легких (ХОБЛ), пороках сердца, сердечной недостаточности и других заболеваниях системы кровообращения [Galiè N. et al., 2015]. ЛГ представляет собой гетерогенную группу заболеваний, но независимо от своей природы она приводит к тяжелым последствиям, таким как перегрузка правого желудочка сердца и развитие правожелудочковой недостаточности. В Российской Федерации распространенность артериальной ЛГ варьирует в пределах 15–60 случаев на миллион населения, при этом уровень заболеваемости достигает 10 случаев на миллион [Martynyuk T. V., 2018; Чазова И. Е. и др., 2020]. В глобальном масштабе ЛГ различного генеза диагностируется приблизительно у 1 % населения, а среди лиц старше 65 лет ее распространенность возрастает до 10 % [Hoerger M. M. et al., 2016]. Основными этиологическими факторами ЛГ являются заболевания сердца и легких, причем 80 % пациентов проживают в развивающихся странах. Для сравнения, в Великобритании распространенность ЛГ составляет 97 случаев на миллион человек [Galiè N. et al., 2015].

Раннее выявление ЛГ играет ключевую роль в профилактике ее тяжелых последствий, таких как правожелудочковая недостаточность, нарушения сердечного ритма, отек легких и, в конечном итоге, смерть [Galiè N. et al., 2015; Чазова И. Е. и др., 2020].

В России крупные эпидемиологические исследования по распространенности аневризм грудного отдела аорты не проводились уже более 40 лет, а масштабные исследования по раннему выявлению расширения легочного ствола отсутствуют, что указывает на необходимость обновления статистики с помощью внедрения современных методов диагностики.

Применение технологий искусственного интеллекта (ТИИ) в медицине, особенно в области диагностики сердечно-сосудистых заболеваний, открывает новые возможности для улучшения выявляемости таких патологий, как аневризма аорты и ЛГ. ТИИ может помочь в анализе больших объемов данных, повышая точность диагностики и снижая вероятность пропуска клинически значимых патологий [Коденко М. Р. И др., 2022; Adam E.M. et al., 2024]. Более того, применяющийся все шире в настоящее время так называемый оппортунистический скрининг с использованием ТИИ, который включает в себя анализ данных уже имеющихся компьютерной томографии (КТ) и других исследований, может существенно улучшить диагностику сопутствующих заболеваний без необходимости выполнения дополнительных исследований, снижая лучевую нагрузку на пациентов [Law M., 1994; Adam E.M. et al., 2024].

Изучение распространенности изменений грудной аорты и легочной артерии с использованием КТ органов грудной клетки (ОГК), оценка их клинической значимости при диагностике сосудистой патологии, а также возможности выявления этих изменений с применением ТИИ и оппортунистического скрининга представляют собой актуальное направление научных исследований.

Аневризмы грудной аорты и признаки лёгочной гипертензии часто выявляются на поздних стадиях, что связано с отсутствием в РФ организованных скрининговых программ. Кроме того, до настоящего времени не проводились масштабные популяционные исследования с участием выборок более 100 тысяч человек, как в России, так и за рубежом. Это подчёркивает необходимость обновления эпидемиологических данных с использованием современных технологий. Применение ТИИ в рамках оппортунистического скрининга позволяет анализировать рутинные КТ-исследования, выполненные по иным показаниям, что способствует раннему выявлению сосудистых патологий, своевременному началу лечения и снижению риска неблагоприятных исходов.

Цели и задачи

Цель исследования – повышение эффективности ранней диагностики расширения грудной аорты и легочной артерии с использованием технологий искусственного интеллекта при анализе компьютерной томографии органов грудной клетки.

Задачи исследования:

1. Выполнить исследование распространенности расширения грудной аорты и ствола легочной артерии на основе данных нативной КТ ОГК, выполненной по клиническим показаниям в лечебных учреждениях г. Москвы.
2. Оценить роль ТИИ в повышении качества описания расширения грудной аорты в протоколах КТ ОГК на примере аневризм.
3. Выполнить контроль точности определения ИИ-сервисами диаметров грудной аорты и ствола легочной артерии путем сравнения с результатами измерений системы мониторинга ТИИ, проводимого врачами-экспертами.
4. Обосновать использование ИИ-сервисов в диагностике расширения грудной аорты и ствола легочной артерии по данным КТ ОГК.
5. Подготовить рекомендации по применению ИИ-сервисов для выявления признаков заболеваний грудной аорты и легочной артерии на КТ ОГК и направления пациентов на уточняющие исследования.

Научная новизна

1. Впервые в РФ проведено популяционное исследование, основанное на анализе КТ ОГК в Едином радиологическом информационном сервисе (ЕРИС) г. Москвы, позволившее установить распространенность расширения грудной аорты и ствола легочной артерии у взрослых пациентов, направленных на КТ. В частности, выявлено, что распространенность аневризмы грудного отдела аорты составляет 12,4 случая на 100 000 человек, а распространенность расширения ствола легочной артерии — 794,7 случая на 100 000 человек.
2. Впервые проведено сопоставление диагностической эффективности ИИ-сервисов и врачей-экспертов при выявлении расширения грудной аорты по данным КТ ОГК, показавшее, что применение алгоритмов ТИИ увеличивает выявляемость аневризм грудного отдела аорты на 41 %, что свидетельствует о высокой эффективности систем поддержки принятия врачебных решений (СППВР), основанных на применении ТИИ.
3. Впервые проведена оценка точности применения ИИ-сервисов при анализе КТ ОГК в ЕРИС г. Москвы, выявившая, что чувствительность алгоритмов при выявлении патологического расширения грудной аорты составила от 1,00 до 1,00, специфичность — от 0,98 до 1,00; для расширения легочного ствола чувствительность — от 0,87 до 1,00, специфичность — от 0,98 до 1,00, что подчеркивает необходимость обязательного применения ТИИ при анализе данных КТ ОГК.
4. Впервые разработана и обоснована методология оппортунистического скрининга патологий магистральных сосудов (аневризм грудного отдела аорты и

возможных признаков ЛГ) на основе применения ИИ-сервисов при проведении КТ ОГК, позволяющая выявлять данные патологии на доклинических стадиях.

5. Впервые сформулированы рекомендации по стандартизации протоколов КТ-исследований ОГК с применением ИИ-сервисов и по повышению квалификации медицинского персонала. Их внедрение позволит обеспечить более высокое качество диагностики и раннее выявление жизненно важных патологий магистральных сосудов в рутинной медицинской практике.

Теоретическая и практическая значимость работы

1. Определена распространенность патологических расширения грудной аорты и легочной артерии по данным бесконтрастной КТ ОГК. Это позволило выделить группы риска и обосновать необходимость дальнейших уточняющих исследований у пациентов с выявленными патологическими изменениями сосудов.

2. Доказана эффективность интеграции ИИ-сервисов в рутинную практику лучевой диагностики, позволяющая своевременно выявлять заболевания грудной аорты и легочной артерии и существенно снижать вероятность пропуска данной патологии при описании КТ ОГК.

3. Усовершенствованы шаблоны протоколов описания КТ ОГК, что повысит качество диагностики заболеваний магистральных сосудов грудной клетки и привлечет дополнительное внимание врачей-рентгенологов к изменениям в структуре аорты и легочной артерии.

4. Полученные результаты способствовали совершенствованию подходов к использованию ИИ-сервисов при анализе КТ ОГК, обеспечив повышение точности диагностики и упростив процесс интеграции данных технологий в клиническую практику здравоохранения.

Методология и методы исследования

Исследование проведено в 2022–2023 гг. в медицинских организациях Департамента здравоохранения города Москвы (МО ДЗМ), оказывающих первичную медико-санитарную и специализированную помощь взрослому населению. В его основу лег ретроспективный анализ данных КТ ОГК, выполненных по клиническим показаниям и хранящихся в ЕРИС г. Москвы. Методологическая база работы включала комплексный эпидемиологический подход, направленный на изучение распространенности патологий магистральных сосудов, а также оценку эффективности ТИИ в их выявлении.

Теоретической основой исследования послужили труды отечественных и зарубежных ученых, посвященные ранней диагностике заболеваний магистральных сосудов с использованием КТ, а также нормативные правовые акты Российской Федерации и Министерства здравоохранения РФ, регламентирующие

применение ТИИ в медицине. Анализ проводился с использованием статистических и аналитических методов, включая оценку точности автоматизированных измерений сосудов, сравнение результатов ИИ-сервисов с заключениями врачей-экспертов, а также определение эффективности оппортунистического скрининга для выявления скрытых патологий. Статистическая обработка данных включала методы корреляционного и дисперсионного анализа, логистической регрессии и тестов на достоверность различий, что обеспечило объективность полученных результатов и их клиническую значимость.

Положения, выносимые на защиту

1. Определена распространенность расширения магистральных сосудов по данным КТ ОГК. Проведенное популяционное исследование позволило установить частоту встречаемости расширения грудной аорты и ствола легочной артерии, что является основой для формирования групп риска и дальнейшего клинического наблюдения.
2. Доказана эффективность применения ТИИ для диагностики патологий магистральных сосудов. Использование ИИ-сервисов увеличивает выявляемость аневризм грудного отдела аорты на 41 %, повышает точность диагностики и снижает риск пропуска клинически значимых патологий.
3. Подтверждена эффективность оппортунистического скрининга с применением ТИИ. Использование ТИИ при анализе рутинных КТ-исследований ОГК позволяет выявлять скрытые аневризмы грудной аорты и признаки легочной гипертензии даже у пациентов без клинических проявлений, что способствует ранней диагностике и профилактике осложнений.
4. Обоснована необходимость стандартизации протоколов КТ ОГК и повышения квалификации медицинского персонала. Внедрение унифицированных шаблонов описания с обязательным анализом магистральных сосудов и обучение врачей методам работы с ИИ-сервисами позволят повысить качество диагностики и внедрить ТИИ в клиническую практику.

Связь работы с научными программами

Научное исследование выполнялось в рамках реализации научно-исследовательской работы (НИР) «Оппортунистический скрининг социально значимых и иных распространенных заболеваний» (№ в Единой государственной информационной системе учета: № 123031400009-1) в соответствии с приказом Департамента здравоохранения города Москвы от 21.12.2022 № 1196 «Об утверждении государственных заданий, финансовое обеспечение которых осуществляется за счет средств бюджета города Москвы, государственным

бюджетным (автономным) учреждениям, подведомственным Департаменту здравоохранения города Москвы, на 2023 год и плановый период 2024 и 2025 годов».

Соответствие диссертации паспорту научной специальности

Диссертация соответствует паспорту научной специальности 3.1.25 – Лучевая диагностика: п. 3 «Определение информативности отдельных параметров (диагностических симптомов) и их сочетания (диагностических синдромов) для углубленного изучения этиологии, патогенеза, диагностики, эффективности лечения и исхода заболеваний, травм, патологических состояний и врожденных пороков развития (в том числе внутриутробно) с помощью методов лучевой диагностики»; п. 4 «Исследование эффективности и качества медицинских изделий, технологий, программных средств для получения, анализа и хранения медицинских изображений или другой информации, получаемой с помощью методов лучевой диагностики»; п. 11 «Использование цифровых технологий, искусственного интеллекта и нейросетей для диагностики и мониторинга физиологических и патологических состояний, заболеваний, травм и пороков развития (в том числе внутриутробно) с помощью методов лучевой диагностики».

Степень достоверности результатов исследования

Достоверность полученных результатов, обоснованность сделанных выводов и предложенных практических рекомендаций основаны на достаточной выборке клинических данных и применении корректных методов статистического анализа.

Апробация результатов исследования

Результаты диссертационного исследования внедрены в практическую деятельность и учебный процесс Отдела лучевых исследований Медицинского научно-образовательного центра МГУ имени М.В. Ломоносова, а также использованы в работе Государственного бюджетного учреждения здравоохранения города Москвы «Научно-практический клинический центр диагностики и телемедицинских технологий Департамента здравоохранения города Москвы» (ГБУЗ «НПКЦ ДиТ ДЗМ»). Разработанные методические подходы по оппортунистическому скринингу заболеваний магистральных сосудов с применением ТИИ интегрированы в обучение студентов, клинических ординаторов и аспирантов, а также применяются в клинической практике учреждений, участвовавших в исследовании. Полученные результаты способствуют повышению эффективности диагностики, стандартизации протоколов КТ-исследований ОГК и расширению возможностей использования ИИ-сервисов в рутинной лучевой диагностике.

Основные положения и результаты диссертационного исследования были автором самостоятельно опубликованы в научных статьях и представлены на следующих научных конференциях:

- Вторая Всероссийская конференция молодых ученых «Современные тренды в хирургии», секция «Перспективы лучевой диагностики в хирургии», 31 марта 2023 г.;
- Открытая конференция молодых ученых ГБУЗ «НПКЦ ДиТ ДЗМ» (27 апреля 2023 г., 3 апреля 2024 г.);
- Российский диагностический саммит 2023, 4-6 октября 2023 г.;
- Конференция Российского общества рентгенологов и радиологов (8 ноября 2023 г., 6 ноября 2024 г.);
- XI Международный конгресс «Кардиоторакальная радиология», секция «Искусственный интеллект в кардиоторакальной радиологии», 6 апреля 2024 г.;
- Конференция «Онлайн диагностика 2024», 29 марта 2024 г.;
- Конференция «Искусственный интеллект и Радиомика: от диагностики к лечению», 17 мая 2024 г.

Личный вклад автора

Личный вклад автора является определяющим на всех этапах выполнения диссертационной работы. Автором самостоятельно проведены обоснование актуальности темы, постановка цели и задач, выбор методологического подхода, разработка дизайна исследования, определение критериев включения и исключения, а также сбор, обработка и анализ данных. Выполнена оценка распространённости сосудистой патологии, проанализированы результаты функционирования технологий искусственного интеллекта и их сопоставление с заключениями специалистов. Сформулированы методические подходы к оппортунистическому скринингу и разработаны практические рекомендации, направленные на повышение точности диагностики заболеваний магистральных сосудов с применением ТИИ.

Публикации

По теме диссертации опубликовано 3 статьи, 1 обзор в научных рецензируемых изданиях, соответствующих критериям и перечню рецензируемых научных изданий, рекомендованных ВАК РФ, 4 тезиса в сборниках тезисов Конгрессов ROPR и в научных рецензируемых изданиях. По теме диссертации получено свидетельство о государственной регистрации базы данных:

«MosMedData: КТ с отсутствием и наличием признаков расширения легочного ствола» № 2023621254 от 18.04.2023 г.

Структура диссертации

Диссертация изложена на 148 печатных страницах, состоит из введения, 4 глав, выводов, практических рекомендаций, списка литературы, который включает 192 источника, из них – 52 отечественных и 140 иностранных. Диссертация иллюстрирована 26 рисунками, содержит 31 таблицу.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Материалы исследования

Для выполнения настоящего исследования использовались данные нативной КТ ОГК пациентов г. Москвы. Исследование включало как пациентов с нормой, так и с патологическим расширением восходящего и нисходящего отделов аорты, а также легочного ствола. В общей сложности было проанализировано более 353 027 (161 617 мужчин и 191 410 женщин) КТ-исследований, проведенных в рамках Единого радиологического информационного сервиса Единой медицинской информационно-аналитической системы города Москвы (ЕРИС ЕМИАС) г. Москвы. Основное внимание уделялось популяционному исследованию распространенности дилатации и аневризм грудной аорты, а также расширению легочного ствола (как признак ЛГ) на основании данных бесконтрастных КТ.

Для анализа использовались комплексные сервисы ИИ, которые автоматически обрабатывали изображения с целью выявления патологий сосудов и сопутствующих изменений в легких.

Для автоматизированного выявления расширения восходящего и нисходящего отделов грудной аорты на КТ были использованы следующие ИИ-сервисы:

- «Chest-IRA» (ООО «Интеллидгент радиолоджи ассистанс лабораторис (АЙРА Лабс)», Россия),
- «CVL – Chest CT Complex» (ООО «СиВижинЛаб», Россия),
- «Третье мнение – КТ ОГК комплекс» (ООО «Платформа Третье Мнение», Россия),
- «Цельс – КС КТ ОГК» (ООО «Медицинские скрининг системы», Россия).

Для автоматизированного выявления расширения легочного ствола на КТ применялись следующие ИИ-сервисы:

- «Chest-IRA» (ООО «Интеллидгент радиолоджи ассистанс лабораторис (АЙРА Лабс)», Россия),
- «CVL – Chest CT Complex» (ООО «СиВижинЛаб», Россия),

- «Третье мнение – КТ-Легочный ствол» (ООО «Платформа Третье Мнение», Россия).

Применение ТИИ позволило провести ретроспективное исследование распространенности патологий грудной аорты и легочного ствола, а также оценить точность работы ТИИ по сравнению с традиционными методами диагностики.

Выборка включала пациентов, направленных на КТ по различным показаниям, в основном по подозрению на заболевания легких, а также тех, у кого были выявлены скрытые случаи патологии при помощи оппортунистического скрининга с использованием ТИИ. Это позволило расширить базу данных и выявить дополнительные случаи патологического расширения грудной аорты и легочного ствола.

Для оценки точности работы ИИ-сервисов был выполнен выборочный контроль, при котором линейные показатели диаметра аорты и легочного ствола, определенные ТИИ, были проверены врачами-экспертами. Результаты этой проверки позволили провести детальный анализ точности и надежности автоматизированных измерений. Кроме того, все исследования были деперсонализированы в соответствии с действующим законодательством Российской Федерации.

В рамках данного исследования часть анализа была выполнена с учетом принципов ретроспективного диагностического исследования, соответствующего методологическим рекомендациям STARD 2015. Для оценки точности работы каждого ИИ-сервиса использовался эталонный набор деперсонализированных данных ($n = 100$) [Бобровская Т.М., и др. (2024)] по каждому алгоритму: для задач выявления расширения восходящего и нисходящего отделов грудной аорты, а также расширения легочного ствола. Для сравнения результатов автоматизированного анализа с эталоном применялась оригинальная методология тестирования и мониторинга алгоритмов [Васильев Ю.А., и др. (2023)]. При этом результаты автоматизированного анализа сравнивались с эталонной разметкой, и все выявленные изменения классифицировались как истинно положительные, истинно отрицательные, ложноположительные или ложноотрицательные.

На основании полученных данных рассчитывались стандартные показатели диагностической эффективности: чувствительность, специфичность, точность и площадь под ROC-кривой (AUC). Для определения оптимального порога активации ИИ-сервисов использовался индекс Юдена. В дальнейшем результаты интерпретировались согласно принятым критериям: AUC менее 0,7 – неприемлемое качество, 0,7–0,8 – приемлемое качество, 0,81–0,9 – хорошее качество, более 0,9 – высокое качество [Nahm F.S. (2022)].

Дополнительно была проанализирована частота ложноотрицательных результатов: в рамках мониторинга формировалась репрезентативная случайная

выборка из 1680 КТ ОГК, где каждая ошибка (невьявленная ТИИ патология, подтвержденная затем экспертной оценкой) учитывалась при расчетах для оценки надежности работы алгоритмов. Это позволило определить, какие сервисы требуют дальнейшего совершенствования.

Кроме того, в рамках исследования была проведена оценка эффективности применения ТИИ для повышения качества описания протоколов КТ ОГК врачами-рентгенологами, включая диагностику аневризм грудной аорты. В рамках исследования проверки качества протоколов врачей-рентгенологов и эффективности работы ТИИ было отобрано 86 КТ-исследований ОГК без контрастного усиления, обработанные с помощью ТИИ, с подозрением на аневризмы грудного отдела аорты. После ретроспективной оценки врачами-рентгенологами и сосудистыми хирургами 11 пациентов были исключены из выборки (6 — из-за отсутствия первичного протокола рентгенолога и 5 — как ложноположительные результаты ТИИ). Итоговая выборка составила 75 пациентов (57 мужчин и 18 женщин).

Методы исследования

Исследование выполнено в рамках ретроспективного описательного эпидемиологического анализа данных, собранных в ходе «Московского Эксперимента» по направлениям «Аневризмы грудного отдела аорты» и «Расширение легочного ствола» (mosmed.ai) [Владимирский А.В. и др., (2023)]. Исследование охватывало период с июня 2022 г. по февраль 2023 г. и включало данные популяции г. Москвы. Краткий дизайн исследований отображен на рисунке 1.



Рисунок 1 – Краткий дизайн исследований диссертационной работы

Все КТ-исследования проводились без применения контрастного усиления, с толщиной срезов не более 3 мм и без кардиосинхронизации. Исследования были выполнены в медицинских учреждениях государственной системы здравоохранения г. Москвы, предоставляющих медицинскую помощь как в амбулаторных условиях, так и в стационаре. Все результаты исследований архивировались и хранились в формате DICOM в ЕРИС ЕМИАС и были доступны для автоматизированной обработки с использованием ТИИ.

Для автоматизированного анализа изображений КТ использовались отечественные ИИ-сервисы. Эти сервисы обеспечивали автоматическое измерение диаметров восходящего и нисходящего отделов грудной аорты, а также ствола легочной артерии. В соответствии с рекомендациями Европейского общества кардиологов (ESC) от 2014 и 2015 гг. были установлены пороговые значения для диагностики патологий: дилатация восходящей аорты (40–49 мм), аневризма восходящей аорты (≥ 50 мм), аневризма нисходящей аорты (≥ 40 мм), а также расширение легочного ствола (≥ 29 мм), что является предиктором ЛГ. Дуга аорты в анализ не включалась: применённые ИИ-сервисы валидированы только для восходящего и нисходящего отделов.

Для проведения популяционных исследований пациенты были разделены на возрастные категории в соответствии с классификацией ВОЗ: молодой возраст (18–44 года), средний возраст (45–59 лет), пожилой возраст (60–74 года), старческий возраст (75–89 лет) и долгожители (90 лет и старше). Учитывалось также распределение пациентов по полу. Это позволило провести анализ частоты выявляемых патологий в зависимости от возрастных и половых характеристик пациентов.

Все случаи, выявленные с помощью ТИИ, с подозрением на аневризмы грудного отдела аорты и расширение ствола легочной артерии подвергались ретроспективной проверке врачами-рентгенологами и сосудистыми хирургами. В случае разногласий окончательное решение принималось врачом-рентгенологом с опытом работы более 10 лет. Этот этап верификации включал перепроверку автоматических измерений диаметра аорты и легочного ствола в аксиальной проекции и их сравнение с традиционными методами измерений, что позволило обеспечить высокую точность диагностики.

В процессе проверки данных, собранных в рамках популяционного исследования, участвовали только врачи-рентгенологи. Сосудистые хирурги участвовали в верификации данных исключительно в рамках отдельного исследования по оценке качества протоколов, составленных врачами-рентгенологами, и эффективности помощи ТИИ в диагностике аневризм грудной аорты.

Для статистической обработки данных использовались методы описательной и аналитической статистики с применением программ Stata14® и RStudio. Для количественных переменных рассчитывались средние значения, стандартные отклонения, медианы, минимальные и максимальные значения, а также первый и третий квартили. Нормальность распределения проверялась с помощью критерия Шапиро – Уилка, а для сравнения категориальных данных применялся χ^2 -критерий Пирсона с поправкой Йейтса. Для числовых данных использовался однофакторный дисперсионный анализ (ANOVA), а попарные сравнения проводились с использованием t-теста с поправкой на множественные сравнения по методу Тьюки. Модель логистической регрессии применялась для оценки факторов риска развития аневризм грудной аорты и расширения легочного ствола, с учетом пола и возраста. Корреляционный анализ проводился с использованием коэффициентов Пирсона и Спирмена для изучения зависимости между переменными.

Результаты исследований и их обсуждение

Проверка качества протоколов врачей-рентгенологов и эффективности ТИИ

Выборка составила 75 пациентов (57 мужчин и 18 женщин).

Аневризмы грудного отдела аорты были описаны в первичных протоколах рентгенологического исследования в 44 случаях (59 %). В 31 случае (41 %) применение ТИИ позволило выявить аневризмы, которые не были указаны в первичных протоколах, что продемонстрировало высокую эффективность ТИИ как вспомогательного инструмента для врачей-рентгенологов. Основные статистические показатели у пациентов с выявленными аневризмами грудного отдела аорты распределились следующим образом. Для мужчин медианный возраст составил 66 лет [59; 73], с диапазоном от 27 до 87 лет, а для женщин — 62 года [59; 74], с диапазоном от 47 до 87 лет. Максимальный диаметр грудного отдела аорты среди мужчин составил 56 мм [54; 60], с диапазоном от 52 до 84 мм, а среди женщин — 57 мм [54; 63], с диапазоном от 52 до 87 мм. Группы мужчин и женщин с аневризмами грудного отдела аорты по возрасту и по максимальному диаметру аорты достоверно не различались ($p > 0,05$).

Применение ТИИ позволило выявить дополнительные 41 % случаев аневризм грудного отдела аорты, которые не были указаны в первичных протоколах, что свидетельствует о значительном улучшении диагностики.

Пациенты с выявленными аневризмами были проинформированы и направлены на дальнейшее обследование, включающее эхокардиографию, КТ или магнитно-резонансную ангиографию, а также консультацию кардиолога и сосудистого хирурга. Это позволило своевременно определить тактику их ведения и лечения.

Популяционное исследование распространенности дилатации и аневризм грудной аорты и проверка на наличие ошибок ТИИ

Проведенное ретроспективное популяционное исследование охватило 227 149 пациентов, средний возраст которых составил $(59,17 \pm 17,9)$ лет. В рамках исследования были проанализированы данные о распространенности патологий грудной аорты среди населения г. Москвы. Признаки дилатации грудной аорты (диаметр восходящего отдела ≥ 40 мм и < 50 мм) были обнаружены у 13,3 % пациентов (30 134 человек). Аневризмы грудной аорты (диаметр восходящего отдела ≥ 50 мм и/или диаметр нисходящего отдела ≥ 40 мм) были выявлены у 0,8 % пациентов (1613 человек). Распространенность аневризмы грудной аорты в г. Москве составила 12,4 случая на 100 000 человек. Пример работы отечественного ИИ-сервиса показан на рисунке 2.

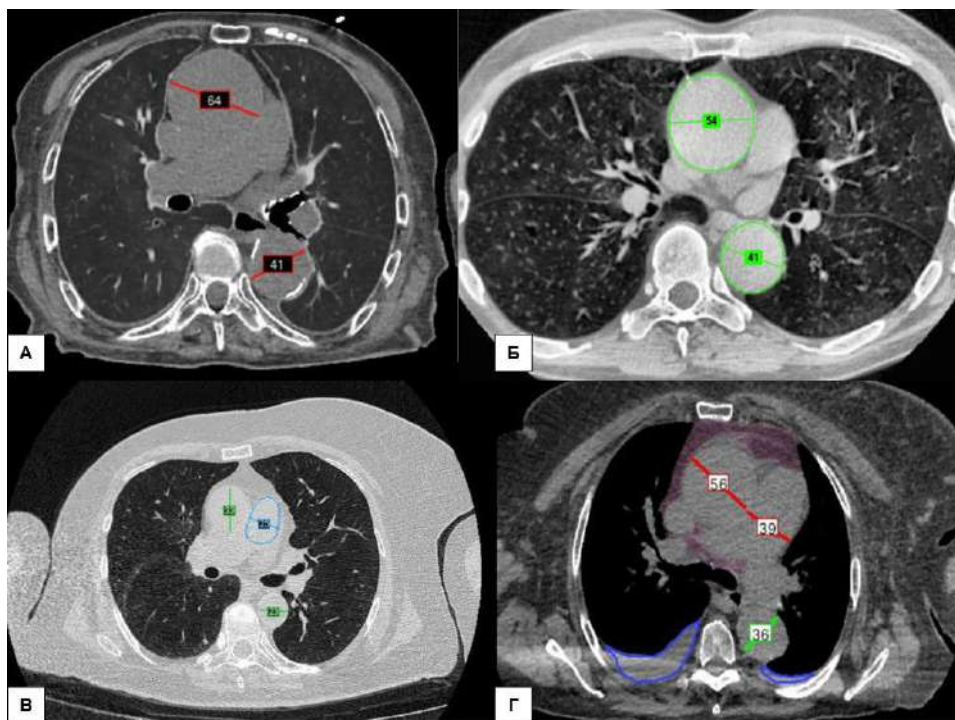


Рисунок 2 – Пример работы отечественных сервисов ИИ на КТ ОГК. Эти сервисы корректно выделили и отметили патологическое расширение восходящего и нисходящего отделов аорты. А — красная линия обозначает аневризму, Б — зеленая линия и контур указывают на аневризму, В — зеленая линия обозначает аорту без патологических расширений и включает дополнительный модуль голубого цвета, который измеряет диаметр легочного ствола. Г — красная линия показывает размер аневризмы восходящей аорты, зеленая линия — размер нисходящего отдела и с помощью дополнительного модуля — патологическое расширение легочного ствола (красная линия) и плеврального выпота (фиолетовый контур)

Анализ показал, что мужчины были более подвержены данной патологии, чем женщины: частота встречаемости аневризмы среди мужчин составила 19,4 случая на 100 000 человек, среди женщин — 6,3 случая на 100 000 человек. У мужчин чаще встречались аневризмы нисходящего отдела аорты (59 %), тогда как у женщин преобладали аневризмы восходящего отдела аорты (63 %).

Частота встречаемости дилатации и аневризм аорты увеличивалась с возрастом. В группе пациентов в возрасте 18–44 лет дилатация была выявлена у 1,4 % пациентов, а аневризма — у 0,1 %. В группе долгожителей (90 лет и старше) эти показатели достигали 25,7 и 1,7 % соответственно. Статистический анализ продемонстрировал значимую взаимосвязь между возрастом и встречаемостью патологии грудной аорты как у мужчин, так и у женщин ($p < 0,001$).

Был также проведен анализ ошибок ТИИ при измерении диаметра грудного отдела аорты. В ходе эксперимента были выявлены эпизоды некорректной работы ИИ-сервисов, что потребовало дополнительной оценки их эффективности. Для этого врачами-рентгенологами было пересмотрено 100 исследований из общей выборки. Было выявлено 17 ошибок, связанных в основном с некорректной разметкой областей грудной аорты. Средняя вероятность ошибки системы ИИ составила 0,17 %, с доверительным интервалом 95 % в диапазоне от 0,168 до 0,172 %. Эти данные были аппроксимированы на общую популяцию пациентов, что подтвердило высокую точность работы ТИИ, но также подчеркнуло важность врачебного контроля для минимизации ошибок. Частота встречаемости аневризмы в восходящем и нисходящем отделах подробнее указаны в таблицах 1 и 2.

Таблица 1 – Частота встречаемости аневризмы восходящей аорты в различных возрастных группах

Возрастная группа, лет	Мужчины	Женщины	Суммарно	χ^2 ; p (по полу)
18-44	44/27803 (0,2%)	13/25343 (0,1%)	57/53146 (0,1%)	14,2; <0,001
45-59	69/25643 (0,3%)	14/25596 (0,1%)	83/51239 (0,2%)	36,4; <0,001
60-74	248/33784 (0,7%)	88/40967 (0,2%)	336/74751 (0,5%)	111,6; <0,001
75-89	181/15329 (1,2%)	146/27966 (0,5%)	327/43295 (0,8%)	57,3; <0,001
90 и более	11/1145 (1,0%)	22/3573 (0,6%)	33/4718 (0,7%)	1,5; 0,223
Суммарно	553/103704 (0,5%)	283/123445 (0,23%)	836/227149 (0,4%)	142,0; <0,001
χ^2 ; p (по возрасту)	258,3; <0,001	197,7; <0,001	362,6; <0,001	

Таблица 2 – Частота встречаемости аневризмы нисходящей аорты в различных возрастных группах

Возрастная группа, лет	Мужчины	Женщины	Суммарно	χ^2 ; p (по полу)
18-44	13/27803 (0,1%)	4/25343 (<0,1%)	17/53146 (<0,1%)	4,0; 0,046
45-59	62/25643 (0,2%)	11/25596 (<0,1%)	73/51239 (0,1%)	35,6; <0,001
60-74	305/33784 (0,9%)	63/40967 (0,2%)	368/74751 (0,5%)	212,0; <0,001
75-89	275/15329 (1,8%)	98/27966 (0,4%)	373/43295 (0,9%)	241,6; <0,001
90 и более	29/1145 (2,5%)	24/3573 (0,7%)	53/4718 (1,1%)	27,0; <0,001
Суммарно	684/103704 (0,7%)	200/123445 (0,16%)	884/227149 (0,4%)	359,9; <0,001
χ^2 ; p (по возрасту)	620,6; <0,001	174,9; <0,001	590,7; <0,001	

Популяционное исследование распространенности патологического расширения легочного ствола и проверка на наличие ошибок ТИИ

Проведенное популяционное исследование, охватившее 125 878 пациентов в г. Москве, показало высокую распространенность расширения легочного ствола. Признаки расширения легочной артерии были выявлены у 34,4 % обследованных (43 242 человека). Исследование подтвердило статистически значимую зависимость между частотой выявления патологии и возрастом пациентов ($p < 0,001$). Уровень расширения легочного ствола увеличивался с возрастом, начиная с 14,8 % в группе молодых пациентов (18–44 года) и достигая 62,7 % у долгожителей (90 лет и старше). Пример работы отечественного ИИ-сервиса показан на рисунке 3, а данные частоты встречаемости расширения легочного ствола подробнее указаны в таблице 3.

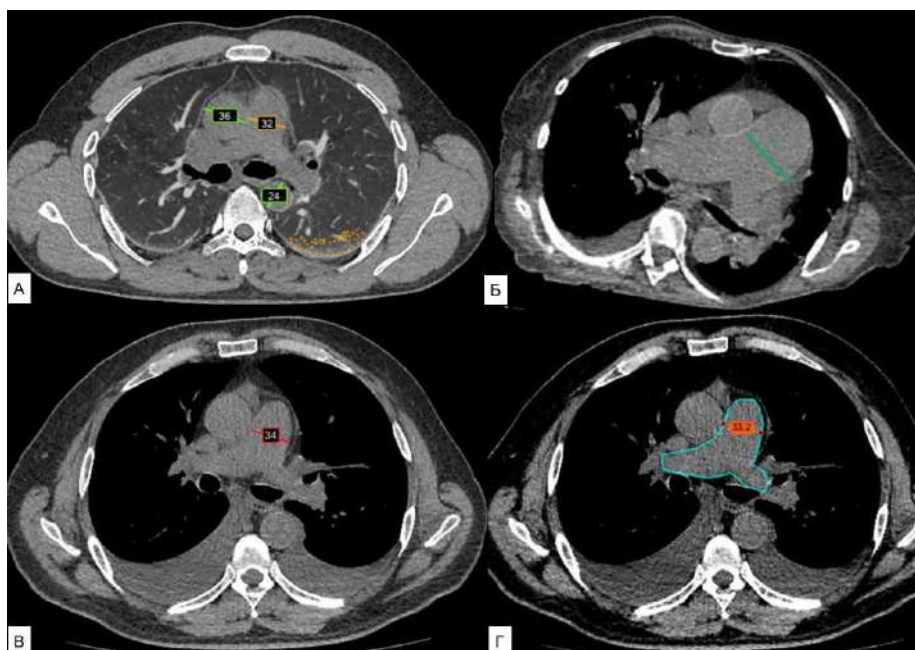


Рисунок 3 – Пример работы отечественных ИИ-сервисов на КТ ОГК. ИИ корректно выделил и обозначил расширение легочного ствола: А — оранжевая линия, Б — зеленая линия, В — красная линия, Г — ярко-оранжевая линия с дополнительным бирюзовым контуром, который выделяет легочный ствол и правую и левую легочные артерии.

Кроме того, модуль «А» также имеет дополнительные функции для маркировки инфильтративных изменений легких (оранжевый контур) и диаметра грудной аорты (зеленая линия)

В таблице 3 приведены данные о том, как часто встречаются изменения диаметра легочного ствола в разных возрастных группах пациентов.

Таблица 3 – Частота встречаемости расширения ствола легочной артерии в различных возрастных группах

Возрастная группа, лет	Мужчины	Женщины	Суммарно	χ^2 ; p (по полу)
18-44	2891/15354 (18,8%)	1336/13186 (10,2%)	4227/28540 (14,8%)	425,3; <0,001
45-59	4491/14185 (31,7%)	2619/13624 (19,2%)	7110/27809 (25,6%)	564,8; <0,001
60-74	8246/21310 (43,5%)	8571/22731 (37,7%)	16817/41678 (40,4%)	145,2; <0,001
75-89	4549/8704 (52,3%)	8735/16271 (53,7%)	13284/24975 (53,2%)	4,6; 0,032
90 и более	453/723 (62,7%)	1351/2153 (62,8%)	1804/2876 (62,7%)	0,0; 0,964
Суммарно	20630/57913 (35,6%)	22612/67965 (33,3%)	43242/125878 (34,4%)	76,7; <0,001
χ^2 ; p (по возрасту)	3800; <0,001	8500; <0,001	11000; <0,001	

Анализ данных также выявил гендерные различия в распространенности данной патологии. У мужчин патология была обнаружена в 35,6 % случаев, а у женщин – в 33,3 %. Наибольшие различия между мужчинами и женщинами наблюдались в возрастной группе от 45 до 59 лет, где частота расширения легочного ствола у мужчин была выше (31,7 %) по сравнению с женщинами (19,2 %). В возрастной группе долгожителей различия между полами статистически незначимы, что может быть связано с особенностями популяции этой возрастной группы в г. Москве.

Показатель распространенности заболевания рассчитывался как отношение среднего числа выявленных случаев за год к среднегодовой численности населения, умноженное на 100 000. В расчетах использовалось среднее значение численности населения за 2022 г. — 13 059 651 человек, из которых 46 % составили мужчины, а 54 % — женщины (согласно открытым данным Управления Федеральной службы государственной статистики по Москве и Московской области). Распространенность расширения легочного ствола среди населения Москвы составила 794,7 случая на 100 000 человек. В зависимости от пола показатель распространенности составил 769,5 случая на 100 000 среди женщин и 824,2 случая на 100 000 среди мужчин.

В исследовании также проведен анализ ошибок ТИИ по идентификации патологии легочного ствола. Было выявлено, что вероятность ошибки системы ИИ составляет в среднем 9 %, с 95%-м доверительным интервалом в диапазоне от 8,95 до 9,05 %. Эти данные подчеркивают необходимость дополнительной верификации результатов, полученных с помощью ТИИ, для повышения точности диагностики и обеспечения высокого уровня медицинской помощи.

Результаты продемонстрировали, что ТИИ способствуют значительному улучшению качества анализа медицинских изображений, что позволило оптимизировать процесс диагностики и повысить выявляемость клинически значимых патологий.

Оценка диагностической значимости индекса соотношения диаметров легочного ствола и восходящей аорты

Из исходной выборки 125 878 КТ ОГК были отобраны 100 533 исследования, в которых диаметр восходящей аорты находился в пределах нормы (< 40 мм). Из этой подвыборки было выделено 26 599 исследований с расширением легочного ствола ≥ 29 мм (таблица 4). Анализ выполнялся для уточнения диагностической ценности абсолютного диаметра легочного ствола и индекса отношения максимальных диаметров легочного ствола и восходящей аорты (ЛС/АО) как маркеров ЛГ.

Расширение легочного ствола ≥ 29 мм остается признанным КТ-признаком ЛГ с ≈ 97 % положительной прогностической ценностью. Однако целый ряд работ показал, что индекс ЛС/АО точнее отражает гемодинамическую нагрузку и риск неблагоприятных исходов, чем абсолютный диаметр. В актуальных рекомендациях Европейского кардиологического общества (ESC) и Европейского респираторного общества (ERS). (2022 г.) и Минздрава РФ (2024 г.) он пересмотрен до 0,9, что повышает чувствительность метода.

Таблица 4 – Характеристика пациентов с дилатацией легочного ствола (расширение легочного ствола ≥ 29 мм)

Показатель	n	% от подгруппы	Диапазон индекса ЛС/АО	Диаметр восходящей аорты, мм	Диаметр легочного ствола, мм
Индекс $< 0,9$ (норма)	15 183	57,1	0,70–0,80	33–39	29–35
Индекс $\geq 0,9$ (патология)	11 416	42,9	0,90–2,10	22–39	29–58

У 57,1 % пациентов с расширением легочного ствола ≥ 29 мм индекс сохранился $< 0,9$, что указывает на отсутствие признаков ЛГ в большинстве этой группы. Здесь восходящая аорта находилась в верхних пределах нормы (33–39 мм), и ее относительное увеличение «уравновешивало» расширенный легочный ствол, сохраняя нормальный индекс ЛС/АО. Если опираться только на абсолютный порог 29 мм, это может привести к гипердиагностике; индекс ЛС/АО устраняет эту проблему, учитывая влияние достаточно крупной, но все еще нормальной аорты (таблица 4).

Результаты анализа свидетельствуют о целесообразности комплексной оценки диаметра легочного ствола в сочетании с индексом ЛС/АО.

Одновременно данный подход позволяет избежать гипердиагностики: в 57,1 % случаев с увеличенным диаметром ЛС (≥ 29 мм) индекс остается в пределах нормы, что обусловлено параллельным увеличением размеров аорты (таблица 4).

Таким образом, использование индекса ЛС/АО повышает точность диагностики сосудистых изменений, способствует объективной стратификации пациентов по степени риска и должно рассматриваться в качестве обязательного элемента при интерпретации данных КТ-исследований ОГК.

Оценка диагностической точности ИИ-сервисов

В рамках «Московского Эксперимента» проведено калибровочное тестирование нескольких ИИ-сервисов, перечисленных в таблицах 4 и 5 (с указанием 95 % доверительного интервала), с целью автоматизированного

выявления расширения восходящего и нисходящего отделов грудной аорты, а также легочного ствола по данным КТ. Полученные результаты демонстрируют высокую диагностическую ценность и стабильность части алгоритмов (ROC AUC до 0,99, чувствительность до 0,98, специфичность до 1,0). Однако у некоторых моделей наблюдались более низкие значения отдельных показателей (например, чувствительности), что может приводить к пропуску патологических изменений и указывает на необходимость дальнейшей оптимизации.

Таблица 5 – Диагностическая точность ИИ-сервисов при выявлении расширения аорты

Показатели точности	ИИ-сервис			
	Chest-IRA	CVL – Chest CT Complex	Третье мнение – КТ ОГК комплекс	Цельс – КС КТ ОГК
Заявленные значения				
Точность	0,95	0,82	0,85	0,91
Чувствительность	0,94	0,82	0,87	0,8
Специфичность	0,96	0,81	0,86	0,93
AUROC	0,99	0,88	0,92	0,91
Полученные значения				
Точность	0,94 (0,88 – 0,99)	0,97 (0,94 – 1,0)	0,96 (0,92 – 1,0)	0,96 (0,92 – 1,0)
Чувствительность	0,93 (0,86 – 1,0)	0,96 (0,91 – 1,0)	0,94 (0,87 – 1,0)	0,96 (0,91 – 1,0)
Специфичность	0,94 (0,87 – 1,0)	0,98 (0,94 – 1,0)	0,98 (0,94 – 1,0)	0,96 (0,91 – 1,0)
AUROC	0,96 (0,92 – 1,0)	0,96 (0,91 – 1,0)	0,99 (0,98 – 1,0)	0,98 (0,96 – 1,0)

Таблица 6 – Диагностическая точность ИИ-сервисов при выявлении расширения легочного ствола

Показатели точности	ИИ-сервис		
	Chest-IRA	CVL – Chest CT Complex	Третье Мнение КТ – Легочный ствол
Заявленные значения			
Точность	0,87	0,83	0,98
Чувствительность	0,87	0,82	0,84
Специфичность	0,91	0,81	0,82
AUROC	0,96	0,88	0,89

Продолжение таблицы 6

Полученные значения			
Точность	0,97 (0,93 – 1,0)	0,94 (0,89 – 0,99)	0,94 (0,89 – 0,99)
Чувствительность	0,94 (0,87 – 1,0)	0,92 (0,84 – 1,0)	0,92 (0,84 – 1,0)
Специфичность	1,0 (1,0 – 1,0)	0,96 (0,91 – 1,0)	0,96 (0,91 – 1,0)
AUROC	0,99 (0,99 – 1,0)	0,98 (0,96 – 1,0)	0,98 (0,97 – 1,0)

В ходе исследования также был проведен анализ результатов мониторинга на 1 680 исследованиях. Частота ложноотрицательных ошибок при диагностике аневризмы грудной аорты составила до 0,0 %, а при выявлении расширения легочного ствола — до 2,4 %. У отдельных алгоритмов не зафиксировано ни одной ошибки по одной или обоим патологиям, в то время как в других случаях совокупная частота ошибок (ложноположительных и ложноотрицательных) достигала 3,6 %. Чувствительность при анализе грудной аорты находилась в диапазоне от 1,00 до 1,00, специфичность — от 0,98 до 1,00; при анализе легочного ствола чувствительность варьировала от 0,87 до 1,00, специфичность — от 0,98 до 1,00. Полученные результаты подтверждают важность дальнейшего совершенствования ТИИ и их адаптации к клиническим условиям для обеспечения максимально высокой точности диагностики.

ВЫВОДЫ

1. Проведенное исследование, включавшее в себя 353 027 КТ-исследований ОГК, показало, что расширение грудной аорты выше верхней границы нормы (эктазия) выявляется у 13,3 % пациентов, а аневризмы грудного отдела аорты — у 0,8 % асимптомных пациентов, что соответствует 12,4 случая на 100 000 человек. Расширение легочного ствола было выявлено у 34,4 % пациентов, что составляет 794,7 случая на 100 000 человек.

2. Применение ТИИ в качестве СППВР в диагностике заболеваний магистральных сосудов, таких как аневризмы грудного отдела аорты, продемонстрировало высокую эффективность и увеличило выявляемость аневризм грудной аорты у асимптомных пациентов на 41 %.

3. Анализ диагностических параметров работы пяти ИИ-сервисов показал, что чувствительность определения аневризм аорты с их помощью составила 100 %, специфичность 98–100 %. Расширение легочного ствола определялось с чувствительностью 87–100 % и специфичностью 98–100 %.

4. Оппортунистический скрининг расширения грудной аорты и ствола легочной артерии, основанный на использовании ТИИ, продемонстрировал свою высокую эффективность в выявлении аневризм грудного отдела аорты и возможной ЛГ (в виде симптома расширения легочного ствола), даже при отсутствии симптомов заболевания, что дает возможность улучшить качество медицинской помощи за счет ранней диагностики и предотвращения осложнений.

5. Автоматизированное измерение диаметров грудной аорты и легочной артерии с использованием ТИИ для предобработки и анализа КТ ОГК обеспечивает более высокую объективность и воспроизводимость результатов по сравнению с ручными методами, что является ключевым для точной диагностики их расширения.

ПРАКТИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ

1. Внедрение ИИ-сервисов должно сопровождаться обновлением стандартных протоколов для врачей-рентгенологов, включающих в себя обязательный анализ диаметров магистральных сосудов.

2. Врач может использовать данные измерений, выполненных с помощью ТИИ, не проводя их самостоятельно (при визуальном контроле правильности измерений).

3. Для повышения точности диагностики и стандартизации описания КТ ОГК рекомендуется использовать, вместо применяемого в настоящее время, новый шаблон, включающий обязательный раздел «Магистральные сосуды» (Приложение А).

4. Высокий процент расширения легочного ствола по данным проведенного исследования указывает на необходимость пересмотра границ норм, применяемых для его измерений, что позволит снизить число необоснованных обследований для поиска причин ЛГ. Использование индекса ЛС/АО минимизирует ошибки диагностики, снижает риск гипердиагностики при оценке легочного ствола и должно быть обязательным этапом при работе с КТ грудной клетки.

СПИСОК РАБОТ, ОПУБЛИКОВАННЫХ АВТОРОМ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ

1. Соловьев, А.В. Вклад систем искусственного интеллекта в улучшение выявления аневризм аорты по данным компьютерной томографии грудной клетки / **А.В. Соловьев**, Ю.А. Васильев, В.Е. Сеницын, А.В. Петрайкин, А.В. Владзимирский, И.М. Шулькин, Д.Е. Шарова, Д.С. Семенов // Digital Diagnostics. – 2024. – Т. 5, № 1. – С. 29-40. – DOI: 10.17816/DD569388.

2. Соловьев, А.В. Автоматизированная диагностика аневризм грудной аорты на основании данных компьютерной томографии грудной клетки:

популяционное исследование в Москве / **А.В. Соловьев**, Ю.А. Васильев, В.Е. Сеницын, А.В. Владзимирский, Д.С. Семенов // Вестник рентгенологии и радиологии. – 2024. – Т.105, № 2. – С. 58-74. – DOI: 10.20862/0042-4676-2024-105-2-58-74.

3. Соловьев, А.В. Популяционное исследование расширения легочного ствола у населения г. Москвы на основе автоматизированного анализа результатов лучевых исследований / **А.В. Соловьев**, Ю.А. Васильев, В.Е. Сеницын, А.В. Владзимирский, Г.В. Иванова // Лучевая диагностика и терапия. – 2024. – Т.15, № 4. – С. 87-97. – DOI: 10.22328/2079-5343-2024-15-4-87-97

4. Соловьев, А.В. Диагностика аневризм грудного отдела аорты и патологического расширения легочного ствола с использованием компьютерной томографии органов грудной клетки и искусственного интеллекта: современные подходы и перспективы / **А.В. Соловьев**, В.Е. Сеницын, А.В. Владзимирский, А.П. Памова // Digital Diagnostics. 2025. – Т. 6, № 2. – С. 286–301. – DOI: 10.17816/DD641679. – EDN: QHBRWF

5. Свид-во о гос. регистрации базы данных 2023621254 Российская Федерация. MosMedData: КТ с отсутствием и наличием признаков расширения легочного ствола / А.В. Владзимирский, А.Е. Андрейченко, **А.В. Соловьев**, В.А. Гомболевский, К.М. Арзамасов, С.Ф. Четвериков, Т.М. Бобровская, И.М. Шулькин, О.В. Омелянская, С.С. Семенов, В.П. Новик, Н.А. Павлов; заявитель и правообладатель: Государственное бюджетное учреждение здравоохранения города Москвы «Научно-практический клинический центр диагностики и телемедицинских технологий Департамента здравоохранения города Москвы»; № 2023620626; заявл. 10.03.23 : опубл. 18.04.23. – EDN DBIDDW.

СПИСОК СОКРАЩЕНИЙ

КТ	– компьютерная томография
ОГК	– органы грудной клетки
ТИИ	– технологии искусственного интеллекта
ЛГ	– легочная гипертензия
ЕРИС ЕМИАС	– Единый радиологический информационный сервис Единой медицинской информационно-аналитической системы города Москвы
СППВР	– система поддержки принятия врачебных решений
ЛС/АО	– индекс отношения максимальных диаметров легочного ствола и восходящей аорты
ESC	– Европейское кардиологическое общество
ER	– Европейское респираторное общество