



# Автоматизированная диагностика аневризм грудной аорты на основании данных компьютерной томографии грудной клетки: популяционное исследование в Москве

Соловьёв А.В.<sup>1,2</sup>, Васильев Ю.А.<sup>1</sup>, Синицын В.Е.<sup>1,3</sup>, Владимирский А.В.<sup>1</sup>, Семенов Д.С.<sup>1</sup>

<sup>1</sup> ГБУЗ «Научно-практический клинический центр диагностики и телемедицинских технологий

Департамента здравоохранения г. Москвы,

ул. Петровка, 24, стр. 1, Москва, 127051, Российская Федерация

<sup>2</sup> ГБУЗ «Морозовская детская городская клиническая больница Департамента здравоохранения г. Москвы»,

4-й Добрынинский пер., 1/9, стр. 21, Москва, 119049, Российская Федерация

<sup>3</sup> ФГБОУ ВО «Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова»,

Ленинские горы, 1, Москва, 119991, Российская Федерация

**Соловьёв Александр Владимирович**, мл. науч. сотр. отдела стандартизации и контроля качества ГБУЗ «Научно-практический клинический центр диагностики и телемедицинских технологий ДЗМ», врач-рентгенолог отделения лучевой диагностики ГБУЗ «Морозовская детская городская клиническая больница ДЗМ»;  
<http://orcid.org/0000-0003-4485-2638>

**Васильев Юрий Александрович**, к. м. н., директор ГБУЗ «Научно-практический клинический центр диагностики и телемедицинских технологий ДЗМ»;  
<http://orcid.org/0000-0002-0208-5218>

**Синицын Валентин Евгеньевич**, д. м. н., профессор, руководитель по развитию международного научного партнерства ГБУЗ «Научно-практический клинический центр диагностики и телемедицинских технологий ДЗМ», заведующий кафедрой лучевой диагностики и терапии факультета фундаментальной медицины ФГБОУ ВО «Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова»;  
<http://orcid.org/0000-0002-5649-2193>

**Владимирский Антон Вячеславович**, д. м. н., зам. директора по научной работе ГБУЗ «Научно-практический клинический центр диагностики и телемедицинских технологий ДЗМ»;  
<http://orcid.org/0000-0002-2990-7736>

**Семенов Дмитрий Сергеевич**, к. т. н., вед. науч. сотр. отдела стандартизации и контроля качества ГБУЗ «Научно-практический клинический центр диагностики и телемедицинских технологий ДЗМ»;  
<http://orcid.org/0000-0002-4293-2514>

## Резюме

**Актуальность.** Сердечно-сосудистые заболевания остаются высокоактуальной проблемой современного здравоохранения, ассоциированной со значительными экономическими издержками и потерей трудоспособности населения. Серьезную угрозу представляют аневризмы грудной аорты: они часто развиваются и протекают бессимптомно. Диагностика аневризм нередко происходит на поздних стадиях, что приводит к высокой летальности при развитии связанных с ними осложнений. Поэтому необходимо проведение новых эпидемиологических исследований по данной проблеме в нашей стране.

**Цель:** изучить распространенность патологического расширения грудной аорты среди населения г. Москвы по данным компьютерной томографии (КТ) органов грудной клетки (ОГК) с помощью технологий искусственного интеллекта (ТИИ).

**Материал и методы.** Проведен ретроспективный анализ данных КТ ОГК, выполненной по общим показаниям у 227 149 пациентов за период с октября 2022 г. по октябрь 2023 г. с применением ТИИ.

**Результаты.** Выявлено, что 13,3% пациентов имели признаки дилатации грудной аорты, а у 0,8% обнаружены аневризмы. Распространенность аневризм грудной аорты в г. Москве составила 12,4 случая на 100 тыс. человек. Мужчины более подвержены данной патологии, чем женщины, среди них преобладали аневризмы нисходящей аорты, а среди женщин – восходящей. Частота встречаемости патологии грудной аорты увеличивается с возрастом. Обсуждаются возможные причины и пути минимизации ошибок в работе ТИИ.

**Заключение.** Результаты исследования подчеркивают важность оппортунистического скрининга аневризмы грудной аорты с применением ТИИ, особенно у мужчин и пожилых пациентов, с целью своевременного выявления и предотвращения осложнений этого серьезного заболевания. Подтверждена эффективность

использования ТИИ в качестве системы поддержки принятия врачебных решений для врача-рентгенолога при анализе результатов КТ ОГК. Настоящая работа вносит важный вклад в обновление данных по распространенности аневризм грудной аорты у асимптомных пациентов в России. Полученная информация позволяет более эффективно направлять усилия по диагностике и профилактике рассматриваемого заболевания.

**Ключевые слова:** компьютерная томография; КТ; дилатация грудного отдела аорты; аневризма грудного отдела аорты; искусственный интеллект; технологии искусственного интеллекта; ТИИ.

**Конфликт интересов.** Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

**Финансирование.** Статья подготовлена в рамках научно-исследовательской работы «Опportunистический скрининг социально значимых и иных распространенных заболеваний» (№ 123031400009-1 в Единой государственной информационной системе учета) в соответствии с приказом Департамента здравоохранения г. Москвы от 21 декабря 2022 г. № 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».

**Для цитирования:** Соловьёв А.В., Васильев Ю.А., Сеницын В.Е., Владзимирский А.В., Семенов Д.С. Автоматизированная диагностика аневризм грудной аорты на основании данных компьютерной томографии грудной клетки: популяционное исследование в Москве. *Вестник рентгенологии и радиологии*. 2024; 105(2): 58–74. <https://doi.org/10.20862/0042-4676-2024-105-2-58-74>

**Для корреспонденции:** Соловьёв Александр Владимирович, E-mail: atlantis.92@mail.ru

Статья поступила 18.05.2024

После доработки 04.07.2024

Принята к печати 09.07.2024

# Automated Analysis of Thoracic Aortic Aneurysms Based on Chest Computed Tomography Data: a Population Study in Moscow

**Alexander V. Solovev<sup>1, 2</sup>, Yuriy A. Vasilev<sup>1</sup>, Valentin E. Sinitsyn<sup>1, 3</sup>, Anton V. Vladzimirsky<sup>1</sup>, Dmitry S. Semenov<sup>1</sup>**

<sup>1</sup> *Scientific and Practical Clinical Center for Diagnostics and Telemedicine Technologies, ul. Petrovka, 24, str. 1, Moscow, 127051, Russian Federation*

<sup>2</sup> *Morozov Children's City Clinical Hospital, Chetvertyy Dobryninskiy pereulok, 1/9, str. 21, Moscow, 119049, Russian Federation*

<sup>3</sup> *Lomonosov Moscow State University, Leninskie gory, 1, Moscow, 119991, Russian Federation*

**Alexander V. Solovev**, Junior Researcher, Department of Standardization and Quality Control, Scientific and Practical Clinical Center for Diagnostics and Telemedicine Technologies; Radiologist, Radiology Department, Morozov Children's City Clinical Hospital; <http://orcid.org/0000-0003-4485-2638>

**Yuriy A. Vasilev**, Cand. Med. Sc., Director, Scientific and Practical Clinical Center for Diagnostics and Telemedicine Technologies; <http://orcid.org/0000-0002-0208-5218>

**Valentin E. Sinitsyn**, Dr. Med. Sc., Professor, Head of International Scientific Partnership Development, Scientific and Practical Clinical Center for Diagnostics and Telemedicine Technologies; Chief of Chair of Radiation Diagnostics and Therapy, Faculty of Fundamental Medicine, Lomonosov Moscow State University; <http://orcid.org/0000-0002-5649-2193>

**Anton V. Vladzimirsky**, Dr. Med. Sc., Deputy Director for Scientific Work, Scientific and Practical Clinical Center for Diagnostics and Telemedicine Technologies; <http://orcid.org/0000-0002-2990-7736>

**Dmitry S. Semenov**, Cand. Tech. Sc., Senior Researcher, Department of Standardization and Quality Control, Scientific and Practical Clinical Center for Diagnostics and Telemedicine Technologies; <http://orcid.org/0000-0002-4293-2514>

## Abstract

**Background.** Cardiovascular diseases remain a pressing issue associated with great economic burden and loss of earning capacity. Among them, thoracic aortic aneurysms pose a serious threat as they commonly develop asymptotically. Patients with aneurysms are often diagnosed late, which contributes to higher mortality rates due to complications. For this reason, conducting new epidemiological studies on this problem in our country is relevant.

**Objective:** to study the prevalence of pathological dilatation of the thoracic aorta in Moscow by means of artificial intelligence technologies (AITs) using chest computed tomography (CT) data.

**Material and methods.** A retrospective analysis of chest CT data from 227,149 patients obtained in the period from October 2022 to October 2023 was performed using AITs.

**Results.** The analysis revealed that 13.3% of patients exhibited signs of thoracic aortic dilatation, while 0.8% had aneurysm signs. The prevalence of thoracic aortic aneurysms in Moscow was 12.4 cases per 100,000 individuals. Males were more susceptible than females; aneurysms of the descending aorta were more typical for them, while aneurysms of the ascending aorta were more common in females. The incidence of thoracic aortic dilatation increased with age. Potential causes and strategies to minimize AIT errors were discussed.

**Conclusion.** The results highlight the importance of opportunistic screening for thoracic aortic aneurysms to ensure timely detection and prevention of complications. It would be especially beneficial to men and elderly population. The effectiveness of AITs to support decision-making by radiologists analyzing chest CT results was confirmed. The study provides an important update to the data on the prevalence of thoracic aortic aneurysms in asymptomatic patients in Russia. The identified features make it possible to direct the diagnostic and prevention efforts more effectively.

**Keywords:** computed tomography; CT; thoracic aortic dilatation; thoracic aortic aneurysm; artificial intelligence; artificial intelligence technologies; AITs.

**Conflict of interest.** The authors declare no conflict of interest.

**Funding.** The paper was prepared as a part of the research “Opportunistic screening of high-profile and other common diseases” (USIS No. 123031400009-1) in accordance with the Order of the Moscow Health Department dated December 21, 2022, No. 1196 “On approval of state assignments funded by means of allocations from the budget of the Moscow city to the state budgetary (autonomous) institutions subordinate to the Moscow Health Department, for 2023 and the planned period of 2024 and 2025”.

**For citation:** Solovev AV, Vasilev YuA, Sinitsyn VE, Vladzimirskyy AV, Semenov DS. Automated analysis of thoracic aortic aneurysms based on chest computed tomography data: a population study in Moscow. *Journal of Radiology and Nuclear Medicine*. 2024; 105(2): 58–74 (in Russian). <https://doi.org/10.20862/0042-4676-2024-105-2-58-74>

**For corresponding:** Alexander V. Solovev, E-mail: atlantis.92@mail.ru

Received May 18, 2024

Revised July 4, 2024

Accepted July 9, 2024

## Введение / Introduction

Сердечно-сосудистые заболевания представляют собой социально значимую проблему в сфере здравоохранения, актуальную в современном обществе. Они ассоциированы с высокими экономическими издержками, потерей трудоспособности населения и повышенной вероятностью летального исхода для пациента [1].

Согласно информации, представленной Всемирной организацией здравоохранения, сердечно-сосудистые заболевания остаются одной из ведущих причин смертности во всем мире, включая Россию [2]. Среди них важное место занимают аневризмы грудной аорты, которые характеризуются локальным патологическим расширением просвета сосуда более чем в 1,5 раза и отличаются латентным течением, часто развиваясь бессимптомно. Именно из-за этой особенности их часто называют «тихими убийцами» [3]. Существенными факторами, способствующими формированию аневризмы грудного отдела аорты, являются: атеросклероз, артериальная гипертензия, гиперхолестеринемия, активное курение, а также некоторые генетические заболевания (синдромы Марфана и Элерса–Данлоса) [4].

Диагностика заболевания часто происходит на поздних стадиях развития, когда аневризма достигает критических размеров и возникают осложнения в виде расслоения или разрыва сосудистой стенки. Данные научных исследований свидетельствуют о тяжелых последствиях осложнений, связанных с аневризмами аорты: в 94–100% случаев при отсутствии лечения они становятся причиной летального исхода [5, 6].

Аневризмы сосудов известны человеку еще со II века н.э., они упоминаются в работах Галена и Антиллы. Но впервые об аневризме грудной части аорты упомянул в своих трудах в XVI веке великий анатом Андреас Везалий (1514–1564) [7].

Согласно статистике в период с 1990 по 2010 гг. отмечалось повышение общемирового уровня смертности от аневризм аорты с 2,49 до 2,78 случая на 100 тыс. человек. Важно отметить, что среди умерших преобладали мужчины [8, 9].

В странах Западной Европы аневризма грудной аорты занимает 2-е место по распространенности среди всех заболеваний аорты, уступая лишь атеросклерозу [10, 11]. Каждый год в США заболеваемость аневризмами грудной аорты составляет примерно 10 случаев на 100 тыс. чело-

век, а частота разрывов аневризм приближается к 1,6 случая на 100 тыс. [12]. Отмечается также значительный риск возникновения осложнений данного заболевания: частота развития расслоений достигает 3,7%, в то время как разрывы наблюдаются в 3,6% случаев [13]. В Гонконге (Китай) при обследовании 1529 пациентов с артериальной гипертензией аневризма грудного отдела аорты была выявлена в 115 случаях (7,5%) [14]. В Южной Корее среди мужского населения с артериальной гипертензией распространенность аневризмы грудного отдела аорты составила 36,5% (181 случай) по данным, полученным на выборке из 496 пациентов [15]. В Японии аневризма грудного отдела аорты была обнаружена у 88 (6,5%) больных при проведении исследования на выборке из 1351 пациента [16].

В России встречаемость аневризмы грудного отдела аорты оценивается в диапазоне от 0,16% до 1,06% [17]. Однако последние крупные эпидемиологические исследования в этой области проводились примерно 40 лет назад. Это продиктовало необходимость выполнения настоящего популяционного исследования с целью обновления информации о распространенности данного заболевания в нашей стране.

В качестве примера важности рассматриваемой проблемы можно привести результаты аутопсий в ГБУЗ «Городская клиническая больница № 15 им. О.М. Филатова Департамента здравоохранения г. Москвы» за 10 лет (с 1991 по 2001 гг.). Диагноз аневризмы грудного отдела аорты был установлен в 0,8% случаев. Из них только в 11% наблюдений об этой болезни было известно до наступления смерти [18].

С 2020 г. в Москве проводится крупнейшее в мире исследование по применению технологий искусственного интеллекта (ТИИ) для анализа медицинских изображений в рамках Эксперимента по использованию инновационных технологий в области компьютерного зрения для анализа медицинских изображений и дальнейшего применения в системе здравоохранения г. Москвы (далее – Московский эксперимент) [19]. За 2022 г. было проанализировано более 647 тыс. компьютерных томограмм (КТ) органов грудной клетки (ОГК) без использования контрастного усиления, а за 2023 г. – более 470 тыс. Цифровой архив этих данных предоставляет возможность выполнения оппортунистического скрининга патологического расширения грудной аорты (дилатация и аневризма). Хотя медицинские технологии значительно усовершенствованы, эпидемиология встречаемости дилатации и аневризм грудной аорты все еще недостаточно изучена в России, что делает проведение настоящего исследования особенно актуальным.

**Цель** – изучить распространенность патологического расширения грудной аорты среди населения г. Москвы по данным КТ ОГК с помощью ТИИ.

## Материал и методы / Material and methods

Проведено ретроспективное описательное эпидемиологическое исследование в рамках Московского эксперимента по направлению «Расширение восходящего и нисходящего отделов грудной аорты»<sup>1</sup> [19]. Период исследования: октябрь 2022 г. – октябрь 2023 г.

Использованы данные 227 149 КТ ОГК, полученные из Единого радиологического информационного сервиса Единой медицинской информационно-аналитической системы г. Москвы (ЕРИС ЕМИАС). При анализе учитывали разделение на группы в зависимости от пола и возраста. Рассматривали возрастные категории пациентов, соответствующие классификации Всемирной организации здравоохранения: молодой возраст (18–44 года), средний возраст (45–59 лет), пожилой возраст (60–74 года), старческий возраст (75–89 лет) и категория долгожителей (90 лет и старше).

КТ ОГК назначалась врачами разных специальностей по различным клиническим показаниям. Проведение исследований осуществляли рентгенолаборанты в медицинских организациях государственной системы здравоохранения г. Москвы, оказывающих медицинскую помощь как в амбулаторных условиях, так и в стационаре. КТ ОГК выполняли по стандартным протоколам, без применения контрастного вещества, с толщиной срезов, не превышающей 3 мм, без кардиосинхронизации. Результаты исследований архивировались в ЕРИС ЕМИАС, после чего согласно процедурам Московского эксперимента обрабатывались с помощью ТИИ [19]. По завершении процесса обработки исходные данные и результаты автоматизированного анализа становились доступными для врача-рентгенолога в виде дополнительной серии и сгенерированного текстового заключения.

В ЕРИС ЕМИАС сохраняются результаты анализа КТ ОГК, выполненного с помощью ТИИ. Это позволило нам изучить характеристики и структуру распространенности выбранной патологии.

Для оценки патологического расширения грудного отдела аорты использовали ТИИ в соответствии с базовыми диагностическими требованиями, разработанными на основе рекомендаций Европейского общества кардиологов (European Society of Cardiology, ESC) по диагностике и лечению заболеваний аорты [10]. В соответствии

<sup>1</sup> <https://mosmed.ai/>.

## Производительность технологий искусственного интеллекта (ТИИ), заявленная производителем

Table 1

## The performance of artificial intelligence technologies (AITs) declared by the manufacturer

Сервис ТИИ / AIT service	ROC AUC	Точность / Accuracy	Чувствительность / Sensitivity	Специфичность / Specificity
Chest-IRA	0,99	0,95	0,94	0,96
CVL – Chest CT Complex	0,88	0,82	0,82	0,81
Третье мнение – КТ ОГК комплекс / The Third Opinion – Chest CT complex	0,92	0,85	0,87	0,86
Цельс – КС КТ ОГК / Celsus – Chest CT complex service	0,91	0,91	0,8	0,93

*Примечание.* IRA (Intelligent Risk Assistant) – интеллектуальный помощник по выявлению рисков; CVL (Computer Vision Laboratory) – лаборатория компьютерного зрения; CT (computed tomography) – компьютерная томография; КТ – компьютерная томография; ОГК – органы грудной клетки; КС – комплексный сервис; ROC (receiver operating characteristic curve) – кривая рабочих характеристик приемника; AUC (area under curve) – площадь под кривой.

*Note.* IRA – Intelligent Risk Assistant; CVL – Computer Vision Laboratory; CT – computed tomography; ROC – receiver operating characteristic curve; AUC – area under curve.

с ними использовали следующие параметры и пороговые значения [20]:

- дилатация восходящей аорты (диаметр аорты от 40 до 49 мм);
- аневризма восходящей аорты (диаметр аорты 50 мм и более);
- аневризма нисходящей аорты (диаметр аорты 40 мм и более).

Автоматическое измерение диаметра грудной аорты осуществляли с помощью четырех отечественных сервисов на основе ТИИ (табл. 1, рис. 1).

В исследовании применяли различные методы статистического анализа. Для описания данных использовали методы описательной статистики, которые включали следующие показатели: количество непропущенных значений (N), минимальное значение (Min), максимальное значение (Max), среднее арифметическое (Mean), стандартное отклонение (SD), 95% доверительный интервал (ДИ) для среднего, медиана (Me), 1-й и 3-й квартили (Q1, Q3). Сравнение категориальных данных между группами выполняли с помощью  $\chi^2$ -критерия. Для числовых данных применяли дисперсионный анализ (analysis of variance, ANOVA). После проведения основного анализа осуществляли попарное априорное (*post hoc*) сравнение с использованием t-теста с поправкой на множественное сравнение по методу Тьюки. Для анализа ошибок в работе ТИИ использовали тест пропорций. Уровень статистической значимости был установлен на значении 0,05 (двусторонний). Все статистические вычисления и анализ выполнены в программе Stata14® (Microsoft, США).

Модель логистической регрессии и графики построены на языке программирования Python. С помощью библиотеки Statsmodels построена модель логистической регрессии для анализа факторов, влияющих на вероятность наличия аневризмы грудной аорты. В качестве факторов модели использовали пол и возраст, а также их взаимодействие. Построение графиков осуществляли с помощью библиотек Matplotlib и Seaborn.

Показатель распространенности заболевания определяли как отношение числа случаев за год к среднегодовой численности населения, умноженное на 100 000. Использовали среднее значение численности населения за 2022 г. – 13 059 651 человек, из них 46% – мужчины, 54% – женщины (по открытым данным Управления Федеральной службы государственной статистики по г. Москве и Московской области [21, 22]).

Построение динамических рядов осуществлено с использованием программного обеспечения MS Excel 2016 (Microsoft, США).

## Результаты / Results

### Анализ частоты встречаемости патологий

В исследование включены 227 149 пациентов (средний возраст 59,17±17,9 года, мода 68, медиана 62), из них у 30 134 (13,3%) выявлено изменение диаметра грудной аорты, указывающее на наличие дилатации (диаметр восходящего отдела ≥40 мм и <50 мм), а у 1613 (0,8%) – увеличение диаметра, указывающее на аневризму грудной аорты (диаметр восходящего отдела ≥50 мм и/или диаметр нисходящего отдела ≥40 мм).

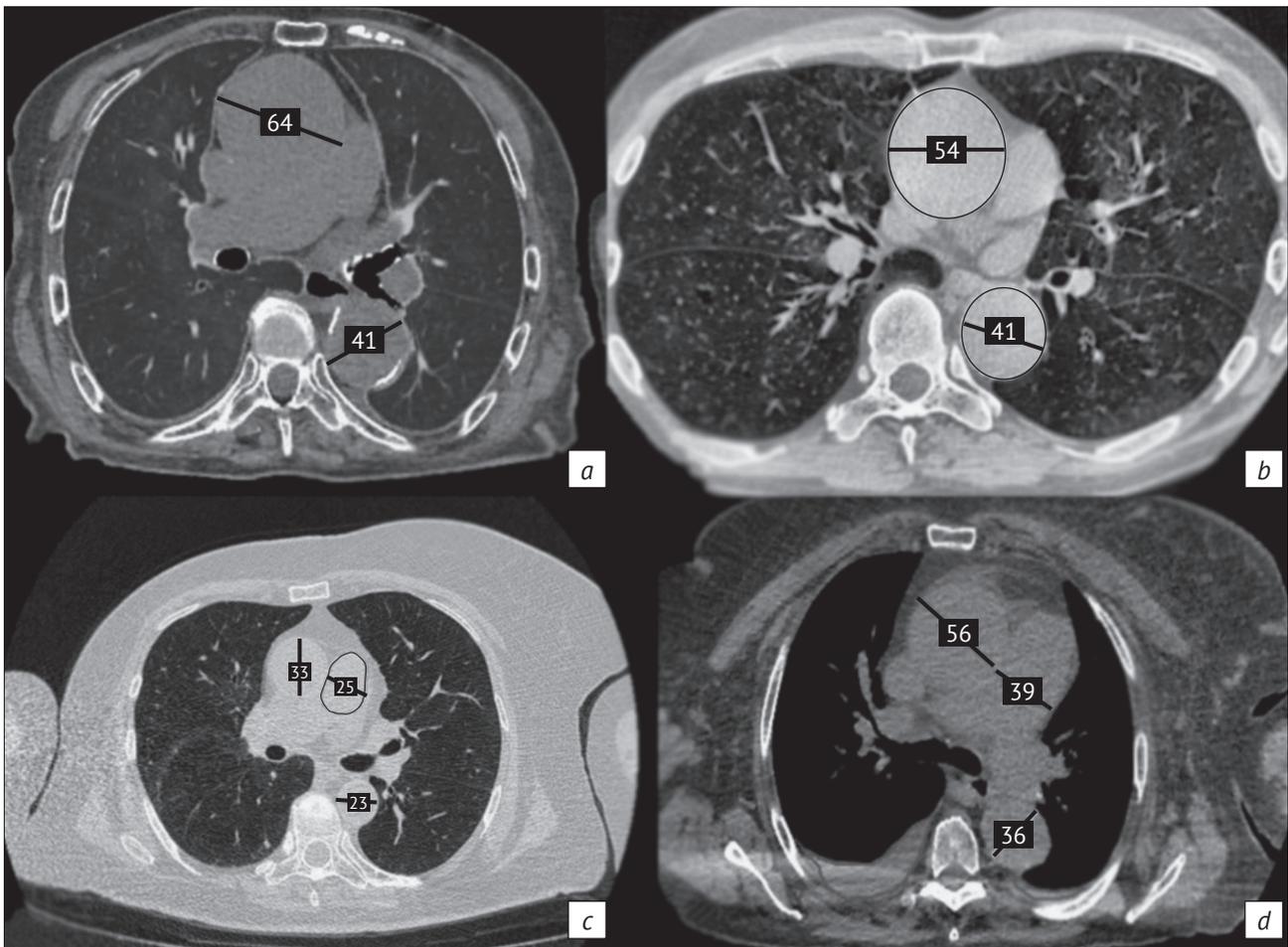


Рис. 1. Пример работы отечественных сервисов ТИИ на КТ ОГК. Искусственный интеллект корректно выделил и маркировал патологическое расширение восходящего и нисходящего отделов аорты (все значения указаны в мм):

*a* – линии 64, 41 (аневризмы восходящего и нисходящего отделов); *b* – линии и контуры 64, 41 (аневризмы восходящего и нисходящего отделов); *c* – линии 33, 23 (аорта без патологических расширений), также содержит дополнительный модуль 25 (линия и контур, измеряющий диаметр легочного ствола); *d* – линия 56 измеряет аневризму восходящей аорты, а линия 36 – нисходящий отдел (в пределах нормы), с помощью дополнительного модуля измерены патологическое расширение легочного ствола (линия 39) и плевральный выпот (сплошные контуры в задних отделах с обеих сторон, выражено справа)

*Fig. 1.* An example of using Russian AIT services for chest CT. Artificial intelligence correctly identified and labeled the pathological dilatation of ascending and descending aortic sections (all values are indicated in mm):

*a* – lines 64, 41 (ascending and descending aneurysms); *b* – lines and contours 64, 41 (ascending and descending aneurysms); *c* – lines 33, 23 (aorta without pathological dilatations), it also contains an additional module 25 (line and contour measuring the pulmonary trunk diameter); *d* – line 56 measures the ascending aortic aneurysm, and line 36 measures the descending section (within the normal range); with an additional module, the pulmonary trunk pathological dilatation (line 39) and pleural effusion (solid contours in the posterior sections on both sides, pronounced on the right) are measured

Период проведения исследований составил 1 год (с октября 2022 г. по октябрь 2023 г.). Распространенность аневризмы грудной аорты у населения г. Москвы составила 12,4 случая на 100 тыс. человек. Частота встречаемости в зависимости от пола – 19,4 случая на 100 тыс. у мужского населения и 6,3 – у женского. Удельный вес мужского населения составил 45,7% (103 704 человека), женского – 54,3% (123 445 человек).

Более подробная информация о частоте встречаемости патологических изменений диаметра грудной аорты (дилатации и аневризмы) в различных половозрастных группах представ-

лена в таблицах 2 и 3. На основании этих данных можно сделать вывод, что у мужчин расширение грудной аорты статистически значимо встречается чаще (18,9% имеют дилатацию, 1,2% – аневризму грудной аорты), причем наблюдается линейный характер увеличения с возрастом удельного веса лиц с патологией. Для женской популяции сохраняется такая же тенденция, при этом рост частоты встречаемости заболевания от средней возрастной группы к группе долгожителей у женщин более ярко выражен, чем у мужчин (от 0,1% до 1,2% у женщин, от 0,5% до 3,4% у мужчин).

Частота встречаемости дилатации восходящей аорты в различных возрастных группах, n (%)

Table 2

## Incidence of ascending aortic dilatation in different age groups, n (%)

Возрастная группа, лет / Age group, years	Мужчины / Males	Женщины / Females	Суммарно / In total	$\chi^2$ ; p (по полу) / $\chi^2$ ; p (by gender)
18–44	592 / 27 803 (2,1)	137 / 25 343 (0,5)	729 / 53 146 (1,4)	247,3; <0,001
45–59	2916 / 25 643 (11,4)	798 / 25 596 (3,1)	3714 / 51 239 (7,3)	1300; <0,001
60–74	9690 / 33 784 (28,7)	4184 / 40 967 (10,2)	13 874 / 74 751 (18,6)	4200; <0,001
75–89	5863 / 15 329 (38,3)	4743 / 27 966 (17,0)	10 606 / 43 295 (24,5)	2400; <0,001
≥90	526 / 1145 (45,9)	685 / 3573 (19,2)	1211 / 4718 (25,7)	325,6; <0,001
<b>Всего / Total</b>	<b>19 587 / 103 704 (18,9)</b>	<b>10 547 / 123 445 (8,5)</b>	<b>30 134 / 227 149 (13,3)</b>	<b>5200; &lt;0,001</b>
$\chi^2$ ; p (по возрасту) / $\chi^2$ ; p (by age)	12 000; <0,001	6200; <0,001	15 000; <0,001	

Таблица 3

Частота встречаемости аневризмы восходящей и/или нисходящей аорты в различных возрастных группах, n (%)

Table 3

## Incidence of ascending and/or descending aortic aneurysms in different age groups, n (%)

Возрастная группа, лет / Age group, years	Мужчины / Males		Женщины / Females		Суммарно / In total		$\chi^2$ ; p (по полу) / $\chi^2$ ; p (by gender)
	Один отдел / One section	Оба отдела / Both sections	Один отдел / One section	Оба отдела / Both sections	Один отдел / One section	Оба отдела / Both sections	
18–44	57 / 27 803 (0,2)	0 / 27 803 (0,0)	17 / 25 343 (0,1)	0 / 25 343 (0,0)	74 / 53 146 (0,1)	0 / 53 146 (0,0)	8,1; 0,046
45–59	125 / 25 643 (0,5)	3 / 25 643 (<0,1)	25 / 25 596 (0,1)	0 / 25 596 (0,0)	150 / 51 239 (0,3)	3 / 51 239 (<0,1)	9,7; <0,001
60–74	493 / 33 784 (1,5)	30 / 33 784 (0,1)	125 / 40 967 (0,3)	13 / 40 967 (<0,1)	618 / 74 751 (0,8)	43 / 74 751 (0,1)	11,5; <0,001
75–89	382 / 15 329 (2,5)	37 / 15 329 (0,2)	206 / 27 966 (0,7)	19 / 27 966 (0,1)	588 / 43 295 (1,4)	56 / 43 295 (0,1)	51,4; <0,001
≥90	38 / 1145 (3,3)	1 / 1145 (0,1)	38 / 3573 (1,1)	4 / 3573 (0,1)	76 / 4718 (1,6)	5 / 4718 (0,1)	7,9; <0,001
<b>Всего / Total</b>	<b>1095 / 103 704 (1,1)</b>	<b>71 / 103 704 (0,1)</b>	<b>411 / 123 445 (0,3)</b>	<b>36 / 123 445 (&lt;0,1)</b>	<b>1506 / 227 149 (0,7)</b>	<b>107 / 227 149 (0,1)</b>	<b>66,1; &lt;0,001</b>
$\chi^2$ ; p (по возрасту) / $\chi^2$ ; p (by age)	784,9; <0,001		330,4; <0,001		852,4; <0,001		

Важно отметить, что в молодом возрасте (18–44 лет) наблюдается лишь тенденция к различиям частоты встречаемости аневризмы в зависимости от пола ( $p = 0,046$ ). Из таблиц также следует, что возраст и встречаемость патологии грудной аорты ста-

статически значимо взаимосвязаны как у женщин ( $p < 0,001$ ), так и у мужчин ( $p < 0,001$ ). Кроме того, проведен анализ встречаемости аневризм в обоих отделах грудной аорты: доля подобных случаев составляет 6,6% от всех исследований с аневризмами.

**Логистическая регрессия**

Для выявления параметров, влияющих на риск наличия аневризмы грудной аорты, использовали логистическую регрессию (табл. 4). Установлено, что отношение шансов выявления наличия аневризмы у мужчин по сравнению с женщинами того же возраста составляет 1,81 (95% ДИ 1,19–2,44;  $z = 5,7$ ;  $p < 0,001$ ). Увеличение возраста на 5 лет в 1,347 раза повышает вероятность наличия данного фактора риска (95% ДИ 1,339–1,354;  $z = 16,4$ ;  $p < 0,001$ ).

**Частота встречаемости аневризм в различных отделах аорты**

Далее более подробно рассмотрены случаи с предполагаемой аневризмой грудной аорты. Представлены частотные характеристики встречаемости аневризмы в восходящем и нисходящем отделах аорты (табл. 5, 6).

У мужчин удельный вес лиц с аневризмой нисходящего отдела аорты больше, чем с аневризмой восходящего отдела (0,7% и 0,5% соответственно), при этом у женщин данная тенденция отсутствует:

Таблица 4

Параметры логистической регрессии наличия патологии аневризмы аорты

Table 4

**Logistic regression parameters for aortic aneurysm pathology**

Параметр / Parameter	ОШ / OR	z	p	95% ДИ для ОШ / 95% CI for OR
Пол (женский = реф.*) / Gender (female = ref.*)	1,8141	5,711	<0,001	1,191–2,437
Изменение возраста на 5 лет / Age change by 5 years	0,297	16,348	<0,001	0,262–0,333
Пол и возраст (дополнительный риск для мужчин на каждые 5 лет) / Gender and age (additional risk for males every 5 years)	-0,0274	-1,303	0,193	-0,069–0,014
Intercept**	-9,7412	-34,808	<0,001	-10,290... -9,193

Примечание. ОШ – отношение шансов; ДИ – доверительный интервал.

\* Женский пол был принят как референсное значение, т.е. для построения модели логистической регрессии женский пол = 0, мужской = 1.

\*\* Базовый фактор наступления события в модели (его значение для всей выборки = 0).

Note. OR – odds ratio; CI – confidence interval.

\* Female gender was accepted as a reference value, i.e., to build a logistic regression model, the female gender = 0, the male = 1.

\*\* Basic event occurrence factor in the model (value for the entire sample = 0).

Таблица 5

Частота встречаемости аневризмы восходящей аорты в различных возрастных группах, n (%)

Table 5

**Incidence of ascending aortic aneurysm in different age groups, n (%)**

Возрастная группа, лет / Age group, years	Мужчины / Males	Женщины / Females	Суммарно / In total	$\chi^2$ ; p (по полу) / $\chi^2$ ; p (by gender)
18–44	44 / 27 803 (0,2)	13 / 25 343 (0,1)	57 / 53 146 (0,1)	14,2; <0,001
45–59	69 / 25 643 (0,3)	14 / 25 596 (0,1)	83 / 51 239 (0,2)	36,4; <0,001
60–74	248 / 33 784 (0,7)	88 / 40 967 (0,2)	336 / 74 751 (0,5)	111,6; <0,001
75–89	181 / 15 329 (1,2)	146 / 27 966 (0,5)	327 / 43 295 (0,8)	57,3; <0,001
≥90	11 / 1145 (1,0)	22 / 3573 (0,6)	33 / 4718 (0,7)	1,5; 0,223
<b>Всего / Total</b>	<b>553 / 103 704 (0,5)</b>	<b>283 / 123 445 (0,23)</b>	<b>836 / 227 149 (0,4)</b>	<b>142,0; &lt;0,001</b>
$\chi^2$ ; p (по возрасту) / $\chi^2$ ; p (by age)	258,3; <0,001	197,7; <0,001	362,6; <0,001	

Частота встречаемости аневризмы нисходящей аорты в различных возрастных группах, n (%)

Table 6

## Incidence of descending aortic aneurysm in different age groups, n (%)

Возрастная группа, лет / Age group, years	Мужчины / Males	Женщины / Females	Суммарно / In total	$\chi^2$ ; p (по полу) / $\chi^2$ ; p (by gender)
18–44	13 / 27 803 (0,1)	4 / 25 343 (<0,1)	17 / 53 146 (<0,1)	4,0; 0,046
45–59	62 / 25 643 (0,2)	11 / 25 596 (<0,1)	73 / 51 239 (0,1)	35,6; <0,001
60–74	305 / 33 784 (0,9)	63 / 40 967 (0,2)	368 / 74 751 (0,5)	212,0; <0,001
75–89	275 / 15 329 (1,8)	98 / 27 966 (0,4)	373 / 43 295 (0,9)	241,6; <0,001
≥90	29 / 1145 (2,5)	24 / 3573 (0,7)	53 / 4718 (1,1)	27,0; <0,001
<b>Всего / Total</b>	<b>684 / 103 704 (0,7)</b>	<b>200 / 123 445 (0,16)</b>	<b>884 / 227 149 (0,4)</b>	<b>359,9; &lt;0,001</b>
$\chi^2$ ; p (по возрасту) / $\chi^2$ ; p (by age)	620,6; <0,001	174,9; <0,001	590,7; <0,001	

преобладают лица с аневризмой восходящего отдела (0,23% против 0,16%). Наблюдается уменьшение статистической значимости зависимости частоты встречаемости аневризмы от пола в молодом возрасте в случае аневризмы в нисходящем отделе ( $p = 0,046$ ), что может быть связано с низкими значениями данного показателя в этой возрастной группе (<0,1%). Для каждого отдела также характерно увеличение частоты встречаемости патологии с возрастом ( $p < 0,001$ ).

В таблице 7 приведены измерения диаметра грудной аорты для восходящего и нисходящего отделов.

#### Различия между полами и возрастными группами

Статистические данные, представленные в табл. 7, приведены, что динамика увеличения диаметров восходящего и нисходящего отделов грудной аорты с возрастом сохраняется как для мужского, так и для женского пола. Во всех возрастных группах мужчины имеют больший средний диаметр в каждом из отделов аорты по сравнению с женской популяцией. Интересным фактом является то, что статистически значимые различия в наибольшем диаметре отделов грудной аорты выявлены среди разных возрастных групп как у мужчин, так и у женщин ( $p < 0,0001$ ). Эти различия проявляются особенно выражено в женской популяции, где F-критерий для восходящего отдела составляет 17 364,0, а для нисходящего – 29 657,1.

Для каждого из отделов аорты осуществляли проверку нулевой гипотезы о том, что средние

значения во всех возрастных группах идентичны (см. табл. 7). Нулевая гипотеза была отвергнута, причем как для всей выборки (в восходящем отделе F-критерий 25 359,3 ( $p < 0,0001$ ), в нисходящем отделе F-критерий 38 727,0 ( $p < 0,0001$ )), так и отдельно для мужской и женской популяций.

На рисунке 2 представлены графики средних размеров восходящего и нисходящего отделов грудной аорты в зависимости от возраста пациента. Средний диаметр каждого из отделов грудной аорты увеличивается линейно с возрастом и достигает плато после 80 лет. Начиная со старческой возрастной группы, наблюдается замедление темпов роста диаметров как для восходящего, так и для нисходящего отдела. Резкое уменьшение диаметра аорты и расширение доверительного интервала у лиц старше 100 лет объясняется ограниченным числом таких пациентов в группе.

На следующем этапе проведено попарное сравнение диаметров восходящего и нисходящего отделов грудной аорты во всех возрастных группах (табл. 8). Результаты продемонстрировали статистически значимые различия для всех групп ( $p \leq 0,001$ ). Максимальное отличие для каждого из отделов составило 7,4 мм и наблюдалось между самой младшей и самой старшей возрастными группами. Диаметр аорты увеличивается в среднем на 1 мм каждое десятилетие в течение жизни у взрослых [23].

Для более подробного изучения возрастных изменений диаметра грудной аорты среди населения г. Москвы построены динамические ряды данного показателя для каждого отдела аорты

Описательная статистика наибольшего диаметра восходящего (В) и нисходящего (Н) отделов аорты, мм

Table 7 (beginning)

## Descriptive statistics of the largest diameter of ascending (A) and descending (D) aortic sections, mm

Параметр / Parameter	Возрастная группа, лет / Age group, years											
	18–44		45–59		60–74		75–89		≥90		Суммарно / In total	
	В / A	Н / D	В / A	Н / D	В / A	Н / D	В / A	Н / D	В / A	Н / D	В / A	Н / D
Оба пола / Both genders												
Mean	30,0	22,8	33,8	26,2	36,2	28,8	37,2	29,9	37,4	30,1	34,4	27,0
SD	3,8	3,0	3,9	3,2	4,2	3,4	4,2	3,3	4,1	3,3	4,8	4,2
95% ДИ / 95% CI	30,0– 30,1	22,7– 22,8	33,8– 33,8	26,2– 26,3	36,2– 36,2	28,7– 28,8	37,1– 37,2	29,8– 29,9	37,3– 37,5	30,0– 30,2	34,4– 34,5	27,0– 27,1
Min	13	13	13	15	13	15	13	15	14	15	13	13
Max	96	78	98	78	76	87	79	90	75	66	98	90
Med	30	23	33	26	36	28	37	30	37	30	34	27
Q1	27	21	31	24	33	26	34	28	35	28	31	24
Q3	32	25	36	28	39	31	40	32	40	32	37	30
Отдел аорты / Aortic section	Восходящий / Ascending						Нисходящий / Descending					
F (ANOVA)	25 359,3						38 727,0					
p	<0,0001						<0,0001					
Мужчины / Males												
Mean	31,3	23,9	35,1	27,6	37,8	30,5	38,9	31,9	39,4	32,4	35,6	28,2
SD	3,8	2,9	3,8	3,1	4,1	3,3	4,1	3,3	4,0	3,2	4,9	4,3
95% ДИ / 95% CI	31,3– 31,4	23,8– 23,9	35,1– 35,2	27,6– 27,7	37,7– 37,8	30,4– 30,5	38,8– 38,9	31,8– 31,9	39,2– 39,7	32,3– 32,6	35,5– 35,6	28,0– 28,2
Min	14	13	13	17	13	17	13	19	14	25	13	13
Max	96	78	88	66	76	87	75	90	56	53	96	90
Med	31	24	35	27	37	30	39	32	39	32	35	28
Q1	29	22	33	26	35	28	36	30	37	30	32	25
Q3	33	26	37	29	40	32	41	34	42	34	39	31
Отдел аорты / Aortic section	Восходящий / Ascending						Нисходящий / Descending					
F (ANOVA)	13 996,1						23 625,2					
p	<0,0001						<0,0001					
Женщины / Females												
Mean	28,7	21,6	32,5	24,9	34,9	27,4	36,3	28,8	36,8	29,4	33,5	26,0
SD	3,4	2,6	3,5	2,6	3,8	2,7	4,0	2,8	3,9	3,0	4,6	3,8

Параметр / Parameter	Возрастная группа, лет / Age group, years											
	18-44		45-59		60-74		75-89		≥90		Суммарно / In total	
	B / A	H / D	B / A	H / D	B / A	H / D	B / A	H / D	B / A	H / D	B / A	H / D
95% ДИ / 95% CI	28,6- 28,7	21,5- 21,6	32,4- 32,5	24,8- 24,9	34,9- 35,0	27,3- 27,4	36,2- 36,3	28,7- 28,8	36,7- 36,9	29,3- 29,5	33,5- 33,5	26,0- 26,1
Min	13	13	14	15	13	15	13	15	20	15	13	13
Max	68	65	98	78	76	62	79	77	75	66	98	78
Med	28	21	32	25	35	27	36	29	36	29	33	26
Q1	26	20	30	23	32	26	34	27	34	28	30	24
Q3	31	23	35	26	37	29	38	30	39	31	36	29
Отдел аорты / Aortic section	Восходящий / Ascending						Нисходящий / Descending					
F (ANOVA)	17 364,0						29 657,1					
p	<0,0001						<0,0001					
t; p (между полами) / t; p (between genders)	-100; <0,0001						-130; <0,0001					

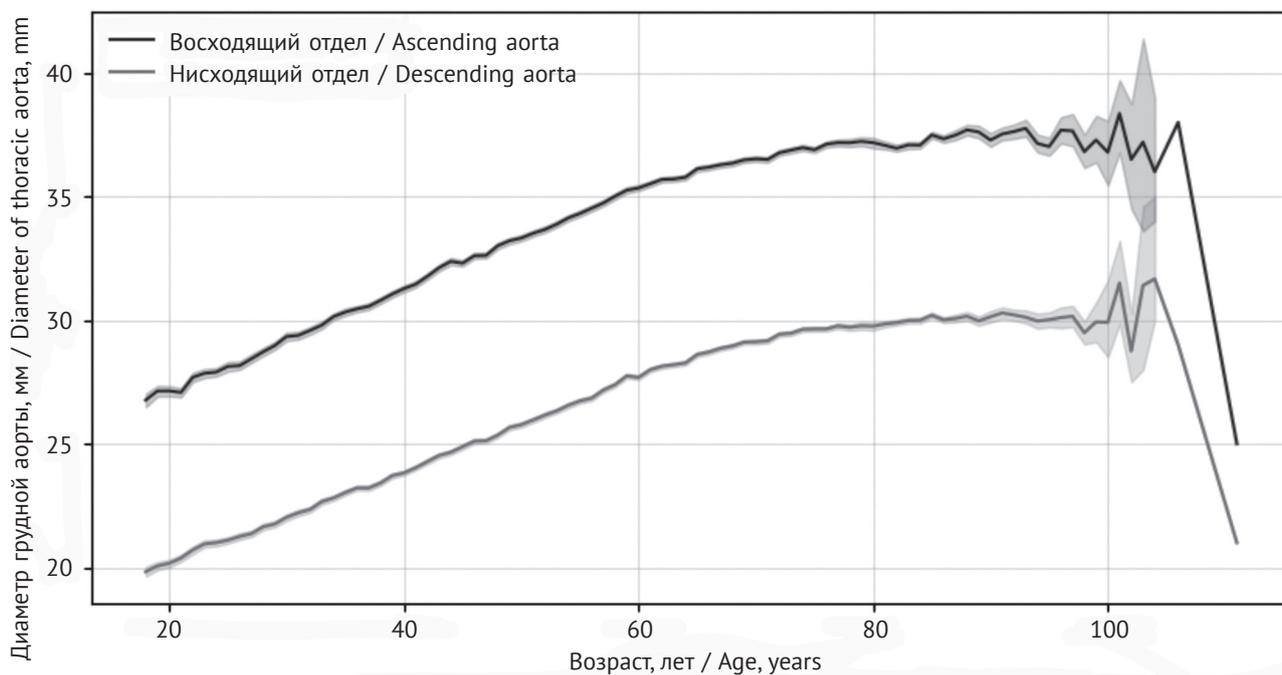


Рис. 2. Графики средних размеров диаметра грудной аорты в зависимости от возраста. Затененные области обозначают 95% доверительный интервал

Fig. 2. Graphs for mean size of thoracic aorta diameter depending on age. Shaded areas indicate 95% confidence interval

Таблица 8

Результаты *post hoc* попарного сравнения наибольшего диаметра восходящего (В) и нисходящего (Н) отделов аорты между возрастными группами с поправкой по методу Тьюки (все субъекты)

Table 8

Results of *post hoc* pairwise comparison of the largest diameter of ascending (A) and descending (D) aortic sections between age groups adjusted by Tukey method (all subjects)

Возрастные группы, лет / Age groups, years	Среднее значение / Mean value		95% ДИ / 95% CI		t		p	
	В / A	Н / D	В / A	Н / D	В / A	Н / D	В / A	Н / D
45–59 vs 18–44	3,8	3,5	3,7–3,8	3,4–3,5	150,5	174,0	<0,001	<0,001
60–74 vs 18–44	6,2	6,0	6,1–6,2	5,9–6,0	269,4	327,1	<0,001	<0,001
75–89 vs 18–44	7,1	7,1	7,1–7,2	7,0–7,2	273,4	339,7	<0,001	<0,001
≥90 vs 18–44	7,4	7,4	7,2–7,5	7,2–7,5	120,6	150,1	<0,001	<0,001
60–74 vs 45–59	2,4	2,5	2,3–2,5	2,5–2,6	104,1	135,7	<0,001	<0,001
75–89 vs 45–59	3,4	3,6	3,3–3,4	3,6–3,7	128,4	171,8	<0,001	<0,001
≥90 vs 45–59	3,6	3,9	3,5–3,8	3,7–4,0	59,1	79,0	<0,001	<0,001
75–89 vs 60–74	1,0	1,1	0,9–1,0	1,1–1,2	40,0	56,8	<0,001	<0,001
≥90 vs 60–74	1,2	1,4	1,1–1,4	1,2–1,5	20,2	28,2	<0,001	<0,001
≥90 vs 75–89	0,2	0,3	0,1–0,4	0,1–0,4	4,0	5,2	0,001	0,001

Таблица 9

Динамический ряд показателя наибольшего диаметра восходящего (В) и нисходящего (Н) отделов грудной аорты

Table 9

The dynamic range of the largest diameter of ascending (A) and descending (D) aortic sections

Возрастная группа, лет / Age group, years	Уровень, мм / Level, mm		Базисный абсолютный прирост, мм / Basic absolute increase, mm		Скорость роста, мм / Growth rate, mm		Коэффициент роста / Growth coefficient				Темп роста, % / Growth pace, %		Increase pace, %			
							Базисный / Basic		Цепной / Chain				Базисный / Basic		Цепной / Chain	
	В / A	Н / D	В / A	Н / D	В / A	Н / D	В / A	Н / D	В / A	Н / D	В / A	Н / D	В / A	Н / D	В / A	Н / D
18–44	30,0	22,8	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
45–59	33,8	26,2	3,8	3,4	3,8	3,4	1,13	1,15	1,13	1,15	112,7	114,9	12,7	14,9	12,7	14,9
60–74	36,2	28,8	6,2	6,0	2,4	2,6	1,21	1,26	1,07	1,10	107,1	109,9	20,7	26,3	7,1	9,9
75–89	37,2	29,9	7,2	7,1	1,0	1,1	1,24	1,31	1,03	1,04	102,8	103,8	24,0	31,1	2,8	3,8
≥90	37,4	30,1	7,4	7,3	0,2	0,2	1,25	1,32	1,01	1,01	100,5	100,7	24,7	32,0	0,5	0,7

(табл. 9). Данные динамических рядов демонстрируют, что скорость и темп роста диаметра грудной аорты имеют тенденцию к уменьшению с возрастом – от 3,8 мм (112,7%) до 0,2 мм (100,5%) в восходящем отделе и от 3,4 мм (114,9%) до 0,2 мм (100,7%) в нисходящем. Это говорит о замедлении роста в более старших возрастных группах. Важно отметить, что значения темпа роста нисходящего отдела выше, и это свидетельствует о более стремительном характере изменения его диаметра, чем в восходящем отделе.

### Оценка эффективности работы ТИИ

В ходе проведения эксперимента выявлены эпизоды некорректной работы сервисов ТИИ. В связи с этим проведена оценка эффективности работы алгоритмов ТИИ по измерению диаметров отделов грудной аорты, а также выполнен анализ ошибок данных систем. Врачами-рентгенологами пересмотрено 100 исследований из общей выборки. Результаты такого анализа представлены в таблице 10 и на рисунке 3.

## Анализ ошибок систем искусственного интеллекта по измерению диаметра грудного отдела аорты

Table 10

## Analysis of artificial intelligence systems' errors in measuring diameter of thoracic aorta

Тип совокупности / Type of totality	Размер, чел. / Size, persons	Число ошибок, n / Number of errors, n	Частота ошибок (средняя ошибка) / Error incidence (mean error)	Стандартная ошибка средней ошибки / Standard error of mean error	95% ДИ средней ошибки / 95% CI of mean error
Выборка / Sample	100	17	0,17	0,03800	0,100–0,240
Популяция / Population	227 149	38 616	0,17	0,00079	0,168–0,172

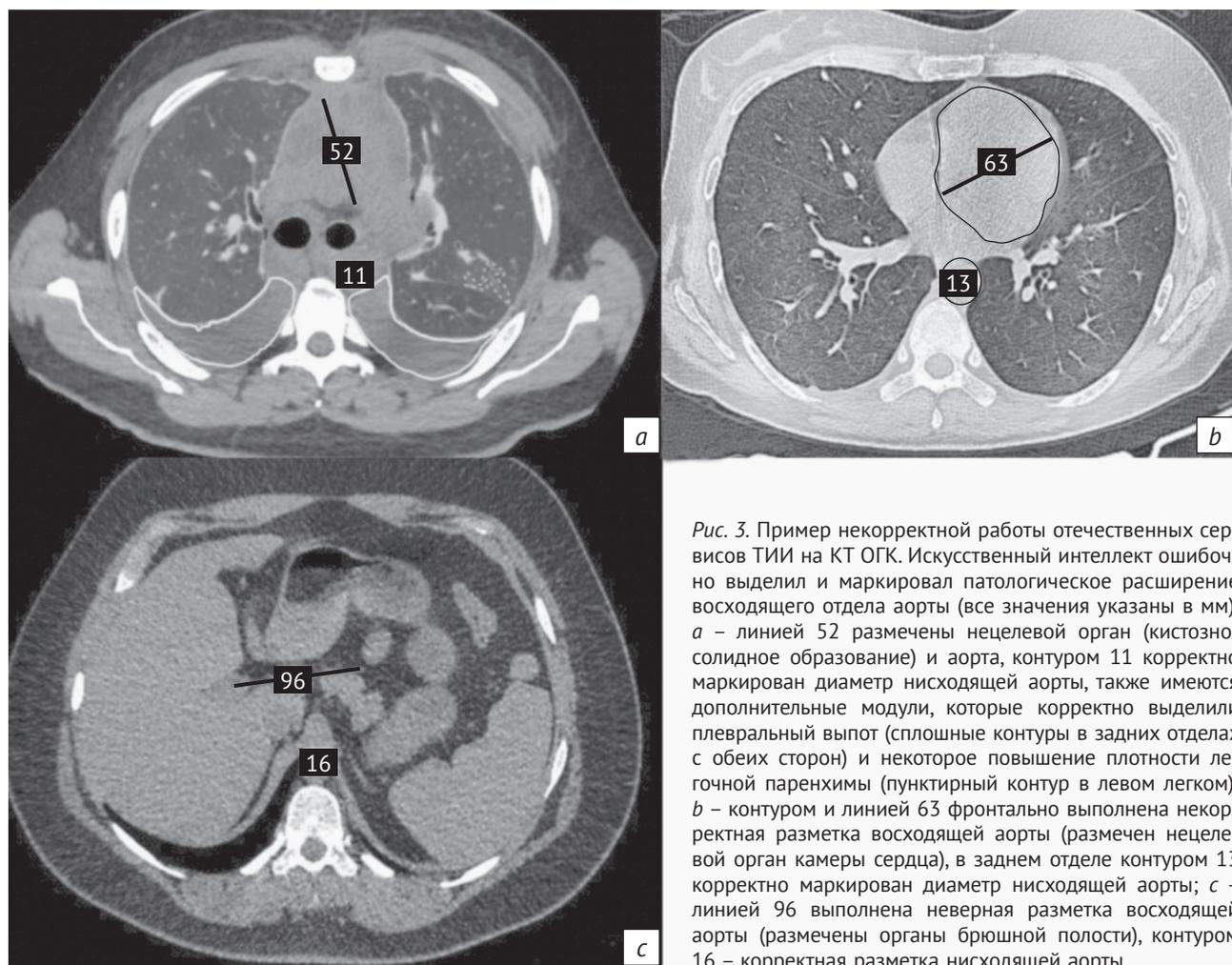


Fig. 3. An example of incorrect operation of Russian AIT services in chest CT. Artificial intelligence mistakenly identified and labeled the pathological dilatation of ascending aorta (all values are indicated in mm):

a – line 52 marks the non-target organ (cystic solid formation) and aorta, contour 11 correctly marks the diameter of descending aorta, there are also additional modules correctly marking pleural effusion (solid contours in back sections on both sides) and slightly increased density of pulmonary parenchyma (dotted contour in the left lung); b – an incorrect marking of ascending aorta is performed frontally with contour and line 63 (a non-target organ of heart chamber is marked), the diameter of descending aorta is correctly marked with contour 13 in the posterior section; c – line 96 incorrectly marks the ascending aorta (the abdominal organs are marked), contour 16 correctly marks the descending aorta

Всего выявлено 17 ошибок в работе ТИИ, которые в основном были связаны с некорректной разметкой областей грудной аорты. Средняя вероятность того, что система ТИИ допустит ошибку, составляет 0,17%, и при аппроксимации данной вероятности на общую популяцию пациентов получен 95% ДИ 0,168–0,172.

### Обсуждение / Discussion

С помощью алгоритмов ТИИ были обработаны 227 149 КТ-исследований и получены размеры диаметров восходящего и нисходящего отделов грудной аорты, которые позволили автоматически выявить признаки дилатации аорты у 13,3% населения г. Москвы и признаки аневризмы – у 0,8%, что сопоставимо с данными других исследований [17, 18]. Также рассчитана распространенность предполагаемых аневризм, которая составила 12,4 случая на 100 тыс. человек. В США получены близкие значения: 10 случаев на 100 тыс. человек [12], однако больший показатель распространенности в нашей работе может быть связан с количеством проводимых исследований и их качеством.

Важно подчеркнуть, что нами представлено первое популяционное исследование в России, выполненное на большой выборке с использованием ТИИ. Мы оценивали только два отдела грудной аорты (без дуги аорты), что связано с ограничениями в работе ТИИ, используемых на данный момент. Случаи с аневризмой в дуге грудной аорты требуют отдельного рассмотрения, и их изучение позволит провести более точную оценку распространенности данной патологии.

Частота встречаемости аневризм в мужской популяции более чем в 3 раза превысила показатель в женской популяции (1,2% у мужчин против 0,36% у женщин), и эта тенденция подтверждается другими исследованиями [24, 25]. Следует отметить, что среди пациентов с аневризмой 14% относятся к трудоспособной возрастной группе (от 18 до 59 лет), а также что удельный вес больных с дилатацией и аневризмой увеличивается с возрастом на популяционном уровне: в группе молодого возраста – 1,4% и 0,1%, в группе долгожителей – 25,7% и 1,7% для дилатации и аневризмы соответственно. Такую тенденцию можно объяснить возрастными изменениями [10].

Нами также проанализированы данные по встречаемости аневризм в восходящем и нисходящем отделах грудной аорты. Выявлено, что частота встречаемости аневризмы в этих отделах одинакова и равна 0,4%, но различается по половому признаку. У мужчин чаще выявляются аневризмы в нисходящем отделе (59%), а у женщин – в восходящем (63%). В схожих исследованиях средние

процентные значения встречаемости аневризм в зависимости от расположения оценивались как 45,6% в восходящем отделе, 34,6% в нисходящем и 21,4% в дуге аорты [5].

Увеличение количества обнаруженных аневризм при использовании ТИИ в ретроспективном исследовании подтверждает эффективность и целесообразность применения данного метода на практике, например в качестве вспомогательного инструмента для врачей-рентгенологов при первичной интерпретации рентгенологических исследований [26]. Однако отмечено наличие ложноположительных результатов работы программного обеспечения в низком проценте случаев. Существуют способы минимизации таких ошибок, например мониторинг и дообучение алгоритма [27–29].

Помимо отечественных ТИИ, которые использовались в данном исследовании, имеются зарубежные аналоги для измерения диаметра грудного отдела аорты и выявления аневризм. Выбор ТИИ во многом зависит от метрик качества. Подобные алгоритмы помогают избежать ошибок и могут быть использованы в оппортунистическом скрининге [30, 31]. Также они позволяют ускорить работу врача [30, 31] и представляют собой перспективный инструмент для измерения диаметра аорты [21].

Следует обратить внимание, что в нашем исследовании с помощью ТИИ оценивались только диаметры грудной аорты. При выявлении дилатации или аневризмы аорты пациенты направлялись на уточняющие исследования (эхокардиографию/КТ с контрастированием, магнитно-резонансную томографию) для детальной оценки стенок и просвета аорты (выявление расслоений, язв, гематом и тромбов). Вместе с тем эффективность применения ТИИ в качестве системы поддержки принятия врачебных решений врачом-рентгенологом при анализе результатов КТ ОГК не вызывает сомнений [27, 32–34].

### Заключение / Conclusion

Результаты исследования подчеркивают важность оппортунистического скрининга аневризм грудной аорты, особенно у мужчин, для своевременного выявления и предотвращения осложнений этого серьезного заболевания. Они также подтверждают эффективность применения ТИИ в качестве системы поддержки принятия врачебных решений при оценке результатов КТ ОГК. В то же время полученные данные указывают на необходимость контроля со стороны врачей, постоянного мониторинга работы ТИИ и дообучения этих систем для минимизации ошибок.

## Литература

- Нагибина Ю.В., Захарова Л.А. Медико-социальные особенности больных ишемической болезнью сердца и качество жизни. *Российский кардиологический журнал*. 2017; 3: 155–9. <https://doi.org/10.15829/1560-4071-2017-3-155-159>.
- Всемирная организация здравоохранения. 10 ведущих причин смерти в мире. URL: <https://www.who.int/ru/news-room/fact-sheets/detail/the-top-10-causes-of-death> (дата обращения 12.05.2023).
- Чернина В.Ю., Блохин И.А., Николаев А.Е. и др. Тактика ведения инциденталом. Раздел 3. Щитовидная железа, гипофиз, сосуды и средостение: методические рекомендации. М.: ГБУЗ «НПКЦ ДиТ ДЗМ»; 2019: 60 с.
- Ince H, Nienaber CA. Etiology, pathogenesis and management of thoracic aortic aneurysm. *Nat Clin Pract Cardiovasc Med*. 2007; 4(8): 418–27. <https://doi.org/10.1038/ncpcardio0937>.
- Melo RGE, Duarte GS, Lopes A, et al. Incidence and prevalence of thoracic aortic aneurysms: a systematic review and meta-analysis of population-based studies. *Semin Thorac Cardiovasc Surg*. 2022; 34(1): 1–16. <https://doi.org/10.1053/j.semtcvs.2021.02.029>.
- Клинические рекомендации. Рекомендации по диагностике и лечению заболеваний аорты (2017). *Кардиология и сердечно-сосудистая хирургия*. 2018; 11(1): 7–67.
- Покровский А.В. (ред.) *Клиническая ангиология: руководство*. В 2 т. М.: Медицина; 2004: 888 с.
- Sampson UKA, Norman PE, Fowkes FGR, et al. Global and regional burden of aortic dissection and aneurysms: mortality trends in 21 world regions, 1990 to 2010. *Glob Heart*. 2014; 9(1): 171–80. <https://doi.org/10.1016/j.gheart.2013.12.010>.
- Sampson UKA, Norman PE, Fowkes FGR, et al. Estimation of global and regional incidence and prevalence of abdominal aortic aneurysms 1990 to 2010. *Glob Heart*. 2014; 9(1): 159–70. <https://doi.org/10.1016/j.gheart.2013.12.009>.
- Erbel R, Aboyans V, Boileau C, et al. 2014 ESC Guidelines on the diagnosis and treatment of aortic diseases: document covering acute and chronic aortic diseases of the thoracic and abdominal aorta of the adult. The Task Force for the Diagnosis and Treatment of Aortic Diseases of the European Society of Cardiology (ESC). *Eur Heart J*. 2014; 35(41): 2873–926. <https://doi.org/10.1093/eurheartj/ehu281>.
- Olsson C, Thelin S, Ståhle E, et al. Thoracic aortic aneurysm and dissection: increasing prevalence and improved outcomes reported in a nationwide population-based study of more than 14,000 cases from 1987 to 2002. *Circulation*. 2006; 114(24): 2611–8. <https://doi.org/10.1161/CIRCULATIONAHA.106.630400>.
- Lavall D, Schäfers HJ, Böhm M, Laufs U. Aneurysms of the ascending aorta. *Dtsch Arztebl Int*. 2012; 109(13): 227–33. <https://doi.org/10.3238/arztebl.2012.0227>.
- Elefteriades JA. Natural history of thoracic aortic aneurysms: indications for surgery, and surgical versus nonsurgical risks. *Ann Thorac Surg*. 2002; 74(5): 1877–80. [https://doi.org/10.1016/s0003-4975\(02\)04147-4](https://doi.org/10.1016/s0003-4975(02)04147-4).
- Wong RL, Yang F, Fujikawa T, et al. Pocket-size mobile echocardiographic screening of thoracic aortic aneurysms in hypertensive patients. *Ann Thorac Surg*. 2021; 111(5): 1554–9. <https://doi.org/10.1016/j.athoracsur.2020.07.018>.
- Cho JJ, Jang SY, Chang HJ, et al. Aortic aneurysm screening in a high-risk population: a non-contrast computed tomography study in Korean males with hypertension. *Korean Circ J*. 2014; 44(3): 162–9. <https://doi.org/10.4070/kcj.2014.44.3.162>.
- Kato K, Oguri M, Kato N, et al. Assessment of genetic risk factors for thoracic aortic aneurysm in hypertensive patients. *Am J Hypertens*. 2008; 21(9): 1023–7. <https://doi.org/10.1038/ajh.2008.229>.
- Иртыга О.Б., Воронкина И.В., Смагина Л.В. и др. Частота выявления аневризмы восходящего отдела аорты и механизм развития по данным регистра ФГБУ ФЦСКЭ им. В.А. Алмазова. *Бюллетень Федерального Центра сердца, крови и эндокринологии им. В.А. Алмазова*. 2011; 5: 73–8.
- Кузнецhevский Ф.В., Осипов А.Х., Евсиков Е.М. и др. Распространенность и природа аневризм и расслоений аорты по данным анализа последовательных патологоанатомических вскрытий в течение десяти лет в ГКБ № 15 им. О.М. Филатова. *Российский кардиологический журнал*. 2004; 6: 5–13.
- Васильев Ю.А., Владимирский А.В. (ред.) *Компьютерное зрение в лучевой диагностике: первый этап Московского эксперимента*. 2-е изд. М.: Издательские решения; 2023: 376 с.
- Документы по эксперименту mosmed.ai. URL: <https://mosmed.ai/ai/docs/> (дата обращения 16.06.2023).
- Rueckel J, Reidler P, Fink N, et al. Artificial intelligence assistance improves reporting efficiency of thoracic aortic aneurysm CT follow-up. *Eur J Radiol*. 2021; 134: 109424. <https://doi.org/10.1016/j.ejrad.2020.109424>.
- Управление Федеральной службы государственной статистики по г. Москве и Московской области. *Население*. URL: <https://77.rosstat.gov.ru/folder/64634> (дата обращения 03.03.2024).
- Hager A, Kaemmerer H, Rapp-Bernhardt U, et al. Diameters of the thoracic aorta throughout life as measured with helical computed tomography. *J Thorac Cardiovasc Surg*. 2002; 123(6): 1060–6. <https://doi.org/10.1067/mtc.2002.122310>.
- Etlí M, Avnioglu S, Yilmaz H, Karahan O. Investigation of the correlation between cardiac parameters and aortic diameter in patients with ascending aortic aneurysm. *Egypt Hear J*. 2022; 74: 3. <https://doi.org/10.1186/s43044-022-00238-0>.
- Pearce WH, Slaughter MS, LeMaire S, et al. Aortic diameter as a function of age, gender, and body surface area. *Surgery*. 1993; 114(4): 691–7.
- Васильев Ю.А., Владимирский А.В., Бондарчук Д.В. и др. Значение технологий искусственного интеллекта для профилактики дефектов в работе врача-рентгенолога. *Врач и информационные технологии*. 2023; 2: 16–27. [https://doi.org/10.25881/18110193\\_2023\\_2\\_16](https://doi.org/10.25881/18110193_2023_2_16).
- Васильев Ю.А., Бобровская Т.М., Арзамасов К.М. и др. Основополагающие принципы стандартизации и систематизации информации о наборах данных для машинного обучения в медицинской диагностике. *Менеджер здравоохранения*. 2023; 4: 28–41. <https://doi.org/10.21045/1811-0185-2023-4-28-41>.
- Четвериков С.Ф., Арзамасов К.М., Андрейченко А.Е. и др. Подходы к формированию выборки для контроля качества работы систем искусственного интеллекта в медико-биологических исследованиях. *Современные технологии в медицине*. 2023; 15(2): 19–25. <https://doi.org/10.17691/stm2023.15.2.02>.
- Зинченко В.В., Арзамасов К.М., Четвериков С.Ф. и др. Методология проведения пострегистрационного клинического мониторинга для программного обеспечения с применением технологий искусственного интеллекта. *Современные технологии в медицине*. 2022; 14(5): 15–25. <https://doi.org/10.17691/stm2022.14.5.02>.

30. de Carvalho Macruz FB, Lu C, Strout J, et al. Quantification of the thoracic aorta and detection of aneurysm at CT: development and validation of a fully automatic methodology. *Radiol Artif Intell*. 2022; 4(2): e210076. <https://doi.org/10.1148/ryai.210076>.
31. Adam C, Fabre D, Mouglin J, et al. Pre-surgical and post-surgical aortic aneurysm maximum diameter measurement: full automation by artificial intelligence. *Eur J Vasc Endovasc Surg*. 2021; 62(6): 869–77. <https://doi.org/10.1016/j.ejvs.2021.07.013>.
32. Соловьёв А.В., Васильев Ю.А., Сеницын В.Е. и др. Вклад систем искусственного интеллекта в улучшение выявления аневризм аорты по данным компьютерной томографии грудной клетки. *Digital Diagnostics*. 2024; 5(1): 29–40. <https://doi.org/10.17816/DD569388>.
33. Свидетельство о государственной регистрации базы данных № 2023621046. MosMedData: КТ с признаками аневризмы брюшного отдела аорты. URL: <https://telemedai.ru/documents/svidetelstvo-o-reg-bd-no-2023621046> (дата обращения 12.05.2023).
34. Свидетельство о государственной регистрации базы данных № 2023621262. MosMedData: КТ с признаками аневризмы аорты. URL: <https://telemedai.ru/documents/svidetelstvo-o-gosreg-bd-no-2023621262> (дата обращения 12.05.2023).

## References

- Nagibina YuV, Zakharova LA. Life quality, medical and social characteristics of coronary heart disease patients. *Russian Journal of Cardiology*. 2017; 3: 155–9 (in Russ). <https://doi.org/10.15829/1560-4071-2017-3-155-159>.
- World Health Organization. The top 10 causes of death. Available at: <https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/the-top-10-causes-of-death> (accessed May 12, 2023).
- Chernina VYu, Blokhin IA, Nikolaev AE, et al. Incident management tactics. Section 3. Thyroid gland, pituitary gland, vessels and mediastinum: methodological recommendations. Moscow: Scientific and Practical Clinical Center for Diagnostics and Telemedicine Technologies; 2019: 60 pp (in Russ).
- Ince H, Nienaber CA. Etiology, pathogenesis and management of thoracic aortic aneurysm. *Nat Clin Pract Cardiovasc Med*. 2007; 4(8): 418–27. <https://doi.org/10.1038/ncpcardio0937>.
- Melo RGE, Duarte GS, Lopes A, et al. Incidence and prevalence of thoracic aortic aneurysms: a systematic review and meta-analysis of population-based studies. *Semin Thorac Cardiovasc Surg*. 2022; 34(1): 1–16. <https://doi.org/10.1053/j.semtcvs.2021.02.029>.
- Clinical guidelines. Guidelines for the diagnosis and treatment of aortic diseases (2017). *Russian Journal of Cardiology and Cardiovascular Surgery*. 2018; 11(1): 7–67 (in Russ).
- Pokrovsky AV (Ed). Clinical angiology: guide. In 2 vol. Moscow: Meditsina; 2004: 888 pp (in Russ).
- Sampson UKA, Norman PE, Fowkes FGR, et al. Global and regional burden of aortic dissection and aneurysms: mortality trends in 21 world regions, 1990 to 2010. *Glob Heart*. 2014; 9(1): 171–80.e10. <https://doi.org/10.1016/j.gheart.2013.12.010>.
- Sampson UKA, Norman PE, Fowkes FGR, et al. Estimation of global and regional incidence and prevalence of abdominal aortic aneurysms 1990 to 2010. *Glob Heart*. 2014; 9(1): 159–70. <https://doi.org/10.1016/j.gheart.2013.12.009>.
- Erbel R, Aboyans V, Boileau C, et al. 2014 ESC Guidelines on the diagnosis and treatment of aortic diseases: document covering acute and chronic aortic diseases of the thoracic and abdominal aorta of the adult. The Task Force for the Diagnosis and Treatment of Aortic Diseases of the European Society of Cardiology (ESC). *Eur Heart J*. 2014; 35(41): 2873–926. <https://doi.org/10.1093/eurheartj/ehu281>.
- Olsson C, Thelin S, Ståhle E, et al. Thoracic aortic aneurysm and dissection: increasing prevalence and improved outcomes reported in a nationwide population-based study of more than 14,000 cases from 1987 to 2002. *Circulation*. 2006; 114(24): 2611–8. <https://doi.org/10.1161/CIRCULATIONAHA.106.630400>.
- Lavall D, Schäfers HJ, Böhm M, Laufs U. Aneurysms of the ascending aorta. *Dtsch Arztebl Int*. 2012; 109(13): 227–33. <https://doi.org/10.3238/arztebl.2012.0227>.
- Elefteriades JA. Natural history of thoracic aortic aneurysms: indications for surgery, and surgical versus nonsurgical risks. *Ann Thorac Surg*. 2002; 74(5): 1877–80. [https://doi.org/10.1016/s0003-4975\(02\)04147-4](https://doi.org/10.1016/s0003-4975(02)04147-4).
- Wong RL, Yang F, Fujikawa T, et al. Pocket-size mobile echocardiographic screening of thoracic aortic aneurysms in hypertensive patients. *Ann Thorac Surg*. 2021; 111(5): 1554–9. <https://doi.org/10.1016/j.athoracsur.2020.07.018>.
- Cho JJ, Jang SY, Chang HJ, et al. Aortic aneurysm screening in a high-risk population: a non-contrast computed tomography study in Korean males with hypertension. *Korean Circ J*. 2014; 44(3): 162–9. <https://doi.org/10.4070/kcj.2014.44.3.162>.
- Kato K, Oguri M, Kato N, et al. Assessment of genetic risk factors for thoracic aortic aneurysm in hypertensive patients. *Am J Hypertens*. 2008; 21(9): 1023–7. <https://doi.org/10.1038/ajh.2008.229>.
- Irtuga OB, Voronkina IV, Smagina LV, et al. The frequency to detect of ascending aorta aneurysms and the mechanism of its development according register of the Almazov Federal Heart, Blood and Endocrinology Centre. *Bulletin of Almazov Federal Heart, Blood and Endocrinology Centre*. 2011; 5: 73–8 (in Russ).
- Kuznechevsky FV, Osipov AKh, Evsikov EM, et al. The prevalence and nature of aneurysms and aortic dissections according to the analysis of successive pathoanatomical autopsies over ten years at Filatov City Clinical Hospital No. 15. *Russian Journal of Cardiology*. 2004; 6: 5–13 (in Russ).
- Vasilev YuA, Vladzimirsky AV (Eds). Computer vision in radiation diagnostics: the first stage of the Moscow experiment. 2nd ed. Moscow: Izdatelskie resheniya; 2023: 376 pp (in Russ).
- Documents on the experiment mosmed.ai. Available at: <https://mosmed.ai/ai/docs/> (in Russ) (accessed June 16, 2023).
- Rueckel J, Reidler P, Fink N, et al. Artificial intelligence assistance improves reporting efficiency of thoracic aortic aneurysm CT follow-up. *Eur J Radiol*. 2021; 134: 109424. <https://doi.org/10.1016/j.ejrad.2020.109424>.
- Department of the Federal State Statistics Service for Moscow and the Moscow Region. Population. Available at: <https://77.rosstat.gov.ru/folder/64634> (in Russ) (accessed 03.03.2024).
- Hager A, Kaemmerer H, Rapp-Bernhardt U, et al. Diameters of the thoracic aorta throughout life as measured with helical computed tomography. *J Thorac Cardiovasc Surg*. 2002; 123(6): 1060–6. <https://doi.org/10.1067/mtc.2002.122310>.

24. Etili M, Avnioglu S, Yilmaz H, Karahan O. Investigation of the correlation between cardiac parameters and aortic diameter in patients with ascending aortic aneurysm. *Egypt Hear J.* 2022; 74: 3. <https://doi.org/10.1186/s43044-022-00238-0>.
25. Pearce WH, Slaughter MS, LeMaire S, et al. Aortic diameter as a function of age, gender, and body surface area. *Surgery.* 1993; 114(4): 691–7.
26. Vasilev YuA, Vladzmyrsky AV, Bondarchuk DV, et al. The importance of artificial intelligence technologies for the prevention of defects in radiologist's work. *Medical Doctor and Information Technologies.* 2023; 2: 16–27 (in Russ). [https://doi.org/10.25881/18110193\\_2023\\_2\\_16](https://doi.org/10.25881/18110193_2023_2_16).
27. Vasilev YA, Bobrovskaya TM, Arzamasov KM, et al. Medical datasets for machine learning: fundamental principles of standartization and systematization. *Manager Zdravoohranenia.* 2023; 4: 28–41 (in Russ). <https://doi.org/10.21045/1811-0185-2023-4-28-41>.
28. Chetverikov SF, Arzamasov KM, Andreichenko AE, et al. Approaches to sampling for quality control of artificial intelligence in biomedical research. *Modern Technologies in Medicine.* 2023; 15(2): 19–25 (in Russ). <https://doi.org/10.17691/stm2023.15.2.02>.
29. Zinchenko VV, Arzamasov KM, Chetverikov SF, et al. Methodology for conducting post-marketing clinical surveillance of software as a medical device based on artificial intelligence technologies. *Modern Technologies in Medicine.* 2022; 14(5): 15–25 (in Russ). <https://doi.org/10.17691/stm2022.14.5.02>.
30. de Carvalho Macruz FB, Lu C, Strout J, et al. Quantification of the thoracic aorta and detection of aneurysm at CT: development and validation of a fully automatic methodology. *Radiol Artif Intell.* 2022; 4(2): e210076. <https://doi.org/10.1148/ryai.210076>.
31. Adam C, Fabre D, Mouglin J, et al. Pre-surgical and post-surgical aortic aneurysm maximum diameter measurement: full automation by artificial intelligence. *Eur J Vasc Endovasc Surg.* 2021; 62(6): 869–77. <https://doi.org/10.1016/j.ejvs.2021.07.013>.
32. Solovev AV, Vasilev YuA, Sinitsyn VE, et al. Improving aortic aneurysm detection with artificial intelligence based on chest computed tomography data. *Digital Diagnostics.* 2024; 5(1): 29–40 (in Russ). <https://doi.org/10.17816/DD569388>.
33. Certificate of database state registration No. 2023621046. MosMedData: CT with signs of abdominal aortic aneurysm. Available at: <https://telemedai.ru/documents/svidetelstvo-o-reg-bd-no-2023621046> (in Russ) (accessed 12.05.2023).
34. Certificate of database state registration No. 2023621262. MosMedData: CT with signs of aortic aneurysm. Available at: <https://telemedai.ru/documents/svidetelstvo-o-gosreg-bd-no-2023621262> (in Russ) (accessed 12.05.2023).