

DOI: <https://doi.org/10.17816/DD569388>

Вклад систем искусственного интеллекта в улучшение выявления аневризм аорты по данным компьютерной томографии грудной клетки

А.В. Соловьёв^{1,2}, Ю.А. Васильев¹, В.Е. Сеницын^{1,3,4}, А.В. Петряйкин¹,
А.В. Владзимирский¹, И.М. Шулькин¹, Д.Е. Шарова¹, Д.С. Семенов¹

¹ Научно-практический клинический центр диагностики и телемедицинских технологий, Москва, Россия;

² Морозовская детская городская клиническая больница, Москва, Россия;

³ Городская клиническая больница имени И.В. Давыдовского, Москва, Россия;

⁴ Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, Москва, Россия

АННОТАЦИЯ

Обоснование. Аневризмы аорты — «тихие убийцы», развиваются без симптомов и могут привести к летальному исходу. Ежегодно заболеваемость аневризмой грудной аорты составляет около 10 случаев на 100 000 человек, а частота разрывов аневризмы — около 1,6 случая. Ранняя диагностика и лечение могут спасти жизнь пациента. Использование технологий искусственного интеллекта может значительно улучшить качество диагностики и предотвратить летальный исход.

Цель — оценить эффективность применения технологий искусственного интеллекта в выявлении аневризм грудного отдела аорты на компьютерной томографии органов грудной клетки и исследовать возможности использования этих технологий в качестве системы поддержки принятия врачебных решений врача-рентгенолога при первичном описании лучевых исследований.

Материалы и методы. Были оценены результаты использования технологий искусственного интеллекта для выявления аневризмы грудной аорты на компьютерной томографии органов грудной клетки без контрастного усиления. Была сформирована выборка из 84 405 случаев обследования пациентов старше 18 лет, из которых отобрано и ретроспективно пересмотрено сосудистыми хирургами Научно-исследовательского института скорой помощи имени Н.В. Склифосовского 86 исследований с подозрением на наличие аневризмы грудного отдела аорты по данным технологий искусственного интеллекта. Эти исследования были также ретроспективно оценены двумя врачами-рентгенологами. Была сформирована дополнительная выборка из 968 исследований, взятых в случайном порядке из общего числа, для оценки корреляции возраста пациентов и диаметра грудного отдела аорты.

Результаты. Анализ показал, что в 44 исследованиях аневризма была первично выявлена врачом-рентгенологом, в 31 случае аневризмы не были описаны, но технология искусственного интеллекта помогла выявить патологию. Ещё 6 исследований были исключены из выборки, а в 5 случаях были обнаружены ложноположительные результаты анализа. Использование технологий искусственного интеллекта обнаруживает и выделяет патологические изменения аорты на медицинских изображениях, тем самым повышая выявляемость аневризмы грудной аорты при интерпретации результатов компьютерной томографии органов грудной клетки на 41%. При первичном описании лучевых исследований и в ретроспективных исследованиях целесообразно использовать технологии искусственного интеллекта для профилактики пропусков клинически значимых патологий — как в качестве системы поддержки принятия врачебных решений для врача-рентгенолога, так и для повышения выявляемости патологического расширения грудного отдела аорты.

По дополнительной выборке в популяции взрослого населения частота дилатации грудного отдела аорты составила 14,5%, а аневризм грудного отдела аорты — 1,2%. Данные также показали возрастную зависимость диаметра грудного отдела аорты для мужчин и женщин.

Заключение. Применение технологий искусственного интеллекта в процессе первичного описания результатов компьютерной томографии органов грудной клетки может повысить выявляемость клинически значимых патологических состояний, таких как аневризма грудного отдела аорты. Расширение ретроспективного скрининга по данным компьютерной томографии органов грудной клетки с использованием технологий искусственного интеллекта может улучшить качество диагностики сопутствующих патологий и предотвратить негативные последствия для пациентов.

Ключевые слова: компьютерная томография; аневризма аорты; искусственный интеллект.

Как цитировать:

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

Рукопись получена: 19.09.2023

Рукопись одобрена: 19.12.2023

Опубликована online: 11.03.2024



DOI: <https://doi.org/10.17816/DD569388>

Improving aortic aneurysm detection with artificial intelligence based on chest computed tomography data

Alexander V. Solovov^{1,2}, Yuriy A. Vasilev¹, Valentin E. Sinitsyn^{1,3,4}, Alexey V. Petraikin¹, Anton V. Vladzimirskyy¹, Igor M. Shulkin¹, Daria E. Sharova¹, Dmitry S. Semenov¹

¹ Research and Practical Clinical Center for Diagnostics and Telemedicine Technologies, Moscow, Russia;

² Morozov Children's Municipal Clinical Hospital, Moscow, Russia;

³ Clinical City Hospital named after I.V. Davydovsky, Moscow, Russia;

⁴ Lomonosov Moscow State University, Moscow, Russia

ABSTRACT

BACKGROUND: Aortic aneurysms are known as “silent killers” because this potentially fatal condition can be asymptomatic. The annual incidence of thoracic aortic aneurysms and ruptures is approximately 10 and 1.6 per 100,000 individuals, respectively. The mortality rate for ruptured aneurysms ranges from 94% to 100%. Early diagnosis and treatment can be life-saving. Artificial intelligence technologies can significantly improve diagnostic accuracy and save the lives of patients with thoracic aortic aneurysms.

AIM: This study aimed to assess the efficacy of artificial intelligence technologies for detecting thoracic aortic aneurysms on chest computed tomography scans, as well as the possibility of using artificial intelligence as a clinical decision support system for radiologists during the primary interpretation of radiological images.

MATERIALS AND METHODS: The results of using artificial intelligence technologies for detecting thoracic aortic aneurysms on non-contrast chest computed tomography scans were evaluated. A sample of 84,405 patients >18 years old was generated, with 86 cases of suspected thoracic aortic aneurysms based on artificial intelligence data selected and retrospectively assessed by radiologists and vascular surgeons. To assess the age distribution of the aortic diameter, an additional sample of 968 cases was randomly selected from the total number.

RESULTS: In 44 cases, aneurysms were initially identified by radiologists, whereas in 31 cases, aneurysms were not detected initially; however, artificial intelligence aided in their detection. Six studies were excluded, and five studies had false-positive results. Artificial intelligence aids in detecting and highlighting aortic pathological changes in medical images, increasing the detection rate of thoracic aortic aneurysms by 41% when interpreting chest computed tomography scans. The use of artificial intelligence technologies for primary interpretations of radiological studies and retrospective assessments is advisable to prevent underdiagnosis of clinically significant pathologies and improve the detection rate of pathological aortic enlargement. In the additional sample, the incidence of thoracic aortic dilation and thoracic aortic aneurysms in adults was 14.5% and 1.2%, respectively. The findings also revealed an age-dependent diameter of the thoracic aorta in both men and women.

CONCLUSION: The use of artificial intelligence technologies in the primary interpretation of chest computed tomography scans can improve the detection rate of clinically significant pathologies such as thoracic aortic aneurysms. Expanding retrospective screening based on chest computed tomography scans using artificial intelligence can improve the diagnosis of concomitant pathologies and prevent negative consequences.

Keywords: computed tomography; aortic aneurysm; artificial intelligence.

To cite this article:

Solovov AV, Vasilev YuA, Sinitsyn VE, Petraikin AV, Vladzimirskyy AV, Shulkin IM, Sharova DE, Semenov DS. Improving aortic aneurysm detection with artificial intelligence based on chest computed tomography data. *Digital Diagnostics*. 2024;5(1):29–40. DOI: <https://doi.org/10.17816/DD569388>

Submitted: 19.09.2023

Accepted: 19.12.2023

Published online: 11.03.2024

DOI: <https://doi.org/10.17816/DD569388>

人工智能系统对从胸部计算机断层扫描数据中改进主动脉瘤检测的贡献

Alexander V. Solovlev^{1,2}, Yuriy A. Vasilev¹, Valentin E. Sinitsyn^{1,3,4}, Alexey V. Petraikin¹, Anton V. Vladzmyrskyy¹, Igor M. Shulkin¹, Daria E. Sharova¹, Dmitry S. Semenov¹

¹ Research and Practical Clinical Center for Diagnostics and Telemedicine Technologies, Moscow, Russia;

² Morozov Children's Municipal Clinical Hospital, Moscow, Russia;

³ Clinical City Hospital named after I.V. Davydovsky, Moscow, Russia;

⁴ Lomonosov Moscow State University, Moscow, Russia

摘要

论证。主动脉瘤是“无声杀手”，发病时没有任何症状，而且可能致命。胸主动脉瘤的年发病率约为每10万人10例，动脉瘤破裂的发病率约为1.6例。早期诊断和治疗可以挽救患者的生命。人工智能技术的使用可以大大提高诊断质量，防止死亡。

目的。本研究的目的是评估人工智能技术在胸部计算机断层扫描中检测胸主动脉瘤的有效性，并探讨这些技术作为放射科医生临床决策支持系统在放射学检查初步描述中的可行性。

材料与方法。对使用人工智能技术在无对比度增强的胸部计算机断层扫描中检测胸主动脉瘤的结果进行了评估。研究人员对84405名18岁以上的患者进行了抽样检查。通过人工智能技术筛选出86个疑似胸主动脉瘤的检查。俄罗斯N. V. 斯科克利福索夫斯基急救研究所的血管外科医生对这些检查结果进行了回顾性分析。两名放射科医生也对这些检查进行了回顾性评估。另外从总数中随机抽取，形成了包括968个检查在内的额外样本以评估患者年龄与胸主动脉直径之间的相关性。

结果。分析表明，在44例检查中，动脉瘤最初是由放射科医生检测到的；在31例检查中，动脉瘤未被描述，但人工智能技术帮助确定了病理。另有6例检查被排除在样本之外，而有5例检查发现了假阳性检测结果。

使用人工智能技术可以检测并突出显示医学图像中主动脉的病理变化。因此，在解读胸部计算机断层扫描结果时发现胸主动脉瘤的概率提高了41%。在放射学研究的初步描述和回顾性研究中，使用人工智能技术来防止遗漏具有临床意义的病理是可行的，既可作为放射科医生的医疗决策支持系统，又可提高胸主动脉病理扩张的可探测性。

在另一个成年人样本中，胸主动脉扩张的发生率为14.5%，胸主动脉瘤的发生率为1.2%。数据还显示了，男性和女性的胸主动脉直径与年龄有关。

结论。将人工智能技术应用于胸部器官CT结果的初步描述过程中，可以提高对胸主动脉瘤等临床重大病理状态的检测。利用人工智能技术扩大胸部计算机断层扫描的回顾性筛查范围，可提高合并症的诊断质量，避免给患者带来不良后果。

关键词：电子计算机断层扫描；主动脉瘤；人工智能。

引用本文：

Solovlev AV, Vasilev YuA, Sinitsyn VE, Petraikin AV, Vladzmyrskyy AV, Shulkin IM, Sharova DE, Semenov DS. 人工智能系统对从胸部计算机断层扫描数据中改进主动脉瘤检测的贡献. *Digital Diagnostics*. 2024;5(1):29–40. DOI: <https://doi.org/10.17816/DD569388>

收到: 19.09.2023

接受: 19.12.2023

发布日期: 11.03.2024

ОБОСНОВАНИЕ

По данным Всемирной организации здравоохранения, одна из основных причин смертности — сердечно-сосудистые заболевания и связанные с ними патологии [1]. К ним относятся аневризмы аорты, известные как «тихие убийцы». Они обычно формируются бессимптомно и могут привести к расслоению или разрыву сосуда, что в 94–100% случаев становится причиной смерти пациента [2, 3]. Существует очень небольшое количество работ, относящихся к статистическому анализу распространённости аневризм грудной аорты [4]. В России, по различным данным, частота встречаемости аневризмы восходящего отдела аорты составляет 0,16–1,06%. Важно отметить, что в России крупное эпидемиологическое исследование по встречаемости аневризм грудного отдела аорты последний раз проводилось около 40 лет назад [5], что подтверждает актуальность проведения новых исследований.

По данным аутопсий, которые проводили в течение десяти лет в 15-й городской клинической больнице имени О.М. Филатова (г. Москва), причина смерти в результате аневризмы грудного отдела аорты была подтверждена в 0,8% случаев, из которых только в 11% было подозрение о наличии аневризмы до наступления смерти пациента [4]. В США аневризма аорты занимает 17-е место в структуре смертности от сердечно-сосудистых заболеваний. В год заболеваемость аневризмами грудной аорты в США составляет около 10 случаев на 100 000 человек, а частота разрывов аневризмы — около 1,6 случая на 100 000 человек [6]. В Швеции встречаемость аневризм и расслоений грудного отдела аорты составляет до 16,3 случая на 100 000 человек [7]. По данным Йельского университета, годовая частота разрывов аневризмы составляет до 3,6%, а частота расслоения — до 3,7% среди зарегистрированных случаев [8].

При проведении скрининга злокачественных новообразований лёгких с помощью компьютерной томографии (КТ) органов грудной клетки (ОГК) патологическое расширение грудной аорты обнаруживается у пациентов старше 50 лет с частотой до 8,1% [9, 10].

Опportunистический скрининг — метод проспективного и ретроспективного анализа целевых исследований, который выявляет дополнительную патологию и факторы риска, помимо целевой. Такой подход позволяет избежать повторного проведения исследований, что способствует уменьшению лучевой нагрузки на пациента [11].

За 2022 год в Москве было проведено более 584 000 КТ-исследований ОГК без применения контрастного вещества. Данный объём исследований представляет потенциал для опportunистического выявления различных патологических состояний, включая расширение грудной аорты (дилатацию, аневризму) — жизнеугрожающую патологию [12].

В Москве с 2020 года проводится крупнейшее в мире исследование для оценки эффективности и качества

применения технологий искусственного интеллекта (ТИИ) — «Эксперимент по использованию инновационных технологий в области компьютерного зрения для анализа медицинских изображений и дальнейшего применения в системе здравоохранения города Москвы» (далее — Московский Эксперимент) [13]. В рамках Московского Эксперимента ТИИ используют в тестовом режиме под контролем экспертов Государственного бюджетного учреждения «Научно-практический клинический центр диагностики и телемедицинских технологий» Департамента здравоохранения города Москвы. Процесс включает постоянную оценку качества работы системы и корректировку её функционирования, проводятся вычисления метрик точности, выявляются ошибки срабатывания и другие характеристики. В результате создаются условия для проведения ретроспективных исследований, а также обработки лучевых данных при первичном анализе врачом-рентгенологом.

ЦЕЛЬ

Оценить эффективность применения ТИИ в выявлении аневризм грудного отдела аорты по данным КТ ОГК и проанализировать возможности использования ТИИ в качестве системы поддержки принятия врачебных решений для врача-рентгенолога при первичном описании лучевых исследований.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Дизайн исследования

Выполнен ретроспективный анализ 84 405 результатов КТ ОГК из Единого радиологического информационного сервиса автоматизированной Единой медицинской информационно-аналитической системы города Москвы «Единая медицинская информационно-аналитическая система» (ЕРИС ЕМИАС) за период с 01.06.2022 по 30.11.2022, обработанных ТИИ. Дизайн исследования представлен на рис. 1. Из общей выборки 84 405 пациентов старше 18 лет с использованием данных ТИИ было отобрано 86 исследований с подозрением на аневризму грудного отдела аорты максимальным диаметром более 50 мм (отбор проводили сосудистые хирурги Государственного учреждения здравоохранения города Москвы «Научно-исследовательский институт скорой помощи имени Н.В. Склифосовского»).

Далее полученная выборка была перепроверена двумя врачами-рентгенологами (из Научно-практического клинического центра диагностики и телемедицинских технологий) со стажем более 5 лет. В случае расхождения мнений первых двух рентгенологов, эксперт с 10-летним стажем врача-рентгенолога выступал в роли арбитра, принимая окончательное решение относительно наличия аневризмы и формулировки её описания.

В процессе пересмотра исключили 11 пациентов: 6 — из-за отсутствия первичного протокола



Рис. 1. Дизайн выполненного исследования. КТ — компьютерная томография; ЕРИС — Единый радиологический информационный сервис; ИИ — искусственный интеллект.

от врача-рентгенолога в ЕРИС, 5 — из-за того, что в результате обработки данных ТИИ (оценка нецелевой патологии или органа) исследования были классифицированы как ложноположительные. Итоговая выборка составила 75 пациентов, направленных на дообследование и лечение.

Дополнительно из 84 405 исследований для оценки возрастного распределения диаметра аорты было случайным образом отобрано 1000 исследований. После исключения 32 случаев ввиду отсутствия данных о возрасте пациентов, объём данной выборки составил 968 исследований (433 мужчины и 535 женщин — 44,7% и 55,3% соответственно).

Критерии включения

Критерии включения КТ-исследований ОГК в выборку для анализа с помощью ТИИ в рамках Московского Эксперимента по направлению «Аневризма грудного отдела аорты»:

- пациенты (женщины и мужчины) амбулаторных и стационарных медицинских учреждений Департамента здравоохранения города Москвы (возраст — старше 18 лет);
- проведённые исследования: КТ ОГК без контрастного усиления с толщиной среза ≤ 3 мм;
- наличие КТ-изображений ОГК в формате DICOM и протокола врача-рентгенолога в ЕРИС ЕМИАС.

Критерии исключения:

- пациенты с наличием металлоконструкций (постоперационные скобы, пластины), формирующих артефакты в области ОГК, включая кардиостимуляторы;

- наличие контрастного усиления и исследования с лёгочным кернелем;
- отсутствие КТ-изображений в формате DICOM и/или протокола врача-рентгенолога в ЕРИС ЕМИАС.

Условия проведения

ТИИ обрабатывали исследования для определения патологического расширения грудного отдела аорты по правилам, которые называются «базовые диагностические требования». Данные правила были разработаны на основании рекомендаций Европейского общества кардиологов по диагностике и лечению заболеваний аорты [14]:

- дилатация восходящей аорты — от 40 до 49 мм;
- аневризма восходящей аорты — ≥ 50 мм;
- аневризма нисходящей аорты — ≥ 40 мм [15].

Для автоматического определения диаметра грудного отдела аорты был применён отечественный алгоритм ТИИ «Chest-IRA» (IRA Labs, Россия). В рамках Московского Эксперимента была оценена точность работы данной ТИИ, которая показала следующие результаты:

- площадь под ROC-кривой (AUC) — 0,99;
- чувствительность — 0,94;
- специфичность — 0,96;
- точность — 0,95;
- длительность анализа (одного исследования) — 2,1 мин [16].

Пример работы алгоритма с ТИИ представлен на рис. 2. Ретроспективная верификация КТ-исследований с подозрением на наличие аневризм грудного отдела аорты для выборки из всех 75 исследований (максимальный диаметр — более 50 мм) проводилась двумя

врачами-рентгенологами (с опытом работы более 5 лет), одним экспертом врачом-рентгенологом и сосудистыми хирургами (с опытом работы более 10 лет). Проверена корректность работы ТИИ по измерениям грудного отдела аорты в аксиальной проекции. Врачи выполняли измерения как максимального переднезаднего диаметра, так и перпендикулярного диаметра грудного отдела аорты, придерживаясь рекомендаций рабочей группы Европейской ассоциации по сердечно-сосудистой визуализации и Европейского общества кардиологов [17]. Все пациенты из выборки направлялись на дообследование, где принимались решения о дальнейшем наблюдении или лечении.

Анализ нормальности распределения в группах пациентов проводился согласно критерию Шапиро-Уилка. С учётом отличия распределения от нормальных величин ($p < 0,001$) для всех подвыборок данные представлены в виде: «медиана [25-й перцентиль; 75-й перцентиль]; минимальное-максимальное значение величины». Межгрупповые сравнения проводили методом Манна-Уитни.

РЕЗУЛЬТАТЫ

Основные результаты исследования

С помощью алгоритма ТИИ было обработано 84 405 КТ-исследований ОГК без контрастного усиления для выявления патологического расширения грудного отдела аорты. Из данной выборки было отобрано 86 исследований (62 мужчины, 24 женщины) с подозрением на наличие аневризмы грудной аорты по данным ТИИ, которые ретроспективно были оценены врачами-рентгенологами и сосудистыми хирургами. Из 86 исследований 6 были исключены из выборки по причине отсутствия первичного протокола врача-рентгенолога в ЕРИС ЕМИАС; 5 были

ложноположительными по результатам обработки ТИИ (оценка нецелевой патологии/органа, см. рис. 2, *b*) — они также были исключены из выборки.

В итоговую выборку вошло 75 исследований: 57 мужчин (66 [59; 73]; 27–87 лет) и 18 женщин (62 [59; 74]; 47–87 лет). Аневризма грудного отдела аорты была описана в первичном протоколе рентгенологического исследования в 44 случаях (59%), а в 31 случае (41%) в первичном протоколе аневризмы отмечено не было. Таким образом, применение ТИИ позволило дополнительно выявить 31 случай аневризмы грудного отдела аорты (41%). Среди данной группы пациентов максимальный диаметр грудного отдела аорты составил 56 [54; 60]; 52–84 мм — у мужчин, и 57 [54; 63]; 52–87 мм — у женщин.

Пациенты с аневризмой аорты, выявленной с помощью ТИИ на исследованиях ОГК методом КТ, были проинформированы и направлены на уточняющие исследования (эхокардиографию, КТ или магнитно-резонансную ангиографию, консультацию кардиолога и/или сосудистого хирурга) с целью определения тактики их ведения и лечения.

В ходе дообследования была получена дополнительная информация: из 75 пациентов четверо (5,33%) пациентов скончались до завершения диагностического процесса или оперативного вмешательства, а трое (4%) пациентов приняли решение отказаться от дальнейшего диагностического обследования и лечения. Ещё 31 (41,33%) пациент отказался от общения.

Из 37 пациентов, которые остались под наблюдением и продолжили лечение, у 25 (33,33%) после комплексного диагностического обследования был подтверждён диагноз аневризмы грудного отдела аорты (они продолжают находиться под наблюдением), а у 12 (16%) диагностика позволила уточнить диагноз (они продолжают лечение у кардиолога). У 3 пациентов после

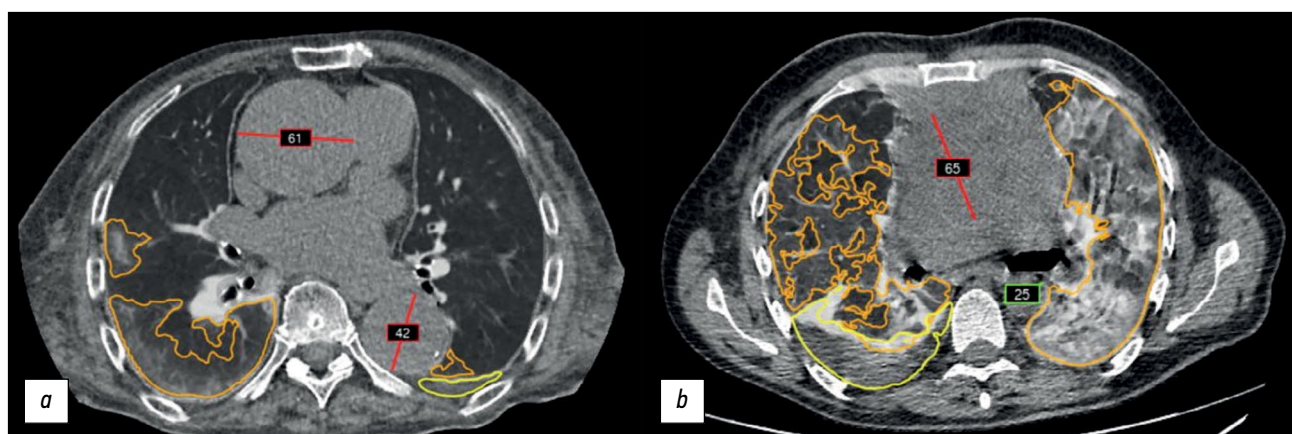


Рис. 2. Пример работы комплексного сервиса с искусственным интеллектом в обработке данных компьютерной томографии отдела грудной клетки: *a* — технология искусственного интеллекта корректно выделила и маркировала (красная линия) подозрение на наличие аневризмы грудной аорты восходящего и нисходящего отделов; *b* — ложноположительный результат: размечено (красная линия) образование средостения вместе с восходящим отделом грудной аорты, в зелёной рамке указан диаметр нисходящего отдела грудной аорты. У данного комплексного сервиса с искусственным интеллектом есть дополнительные модули, маркирующие инфильтративные изменения лёгких (оранжевый контур) и плевральный выпот (жёлтый контур).

диагностического обследования наличие аневризмы не подтвердилось: у них была диагностирована дилатация грудного отдела аорты. Кроме того, было выполнено 2 хирургических вмешательства по стентированию аорты из-за аневризмы.

Группы мужчин и женщин с выявленными с помощью ТИИ аневризмами по возрасту и по максимальному диаметру грудного отдела достоверно не различаются ($p > 0,05$).

Результаты второй части исследования

Нами были получены также предварительные данные по встречаемости аневризм в выборке из 968 исследований (рис. 3), взятых в случайном порядке из 84 405 случаев. В популяции взрослого населения (от 18 лет) частота встречаемости дилатации грудного отдела аорты составила 14,5%, а аневризм грудного отдела аорты — 1,2%.

Для данной группы возраст пациентов составил: для женщин ($n=535$) — 65 [51; 75]; 19–102 лет, для мужчин ($n=433$) — 60 [47; 71]; 18–95 лет. Выборка женщин несколько больше, чем мужчин, что отражает распределение по полу в общей совокупности обследованных пациентов. Медиана возраста у женщин (65 лет) несколько выше, чем у мужчин (60 лет), интерквартильные размахи схожи.

Для данной группы диаметр грудного отдела аорты пациентов составил: у женщин — 34 [31; 37]; 20–50 мм, у мужчин — 36 [33; 39]; 24–60 мм.

Отмечены достоверные различия ($p < 0,001$) между группами мужчин и женщин по возрасту и по максимальному диаметру грудного отдела аорты.

Следует отметить выраженную возрастную зависимость диаметра грудного отдела аорты для мужчин и женщин. Для мужчин относительные возрастные изменения

диаметра грудного отдела аорты более выражены и составляют 0,177 мм/год, для женщин — 0,118 мм/год.

ОБСУЖДЕНИЕ

Резюме результата исследования

Анализ полученных в ходе работы данных показал, что в выборке пациентов с аневризмами аорты (75 пациентов) группы мужчин и женщин достоверно не различаются ($p > 0,05$), как по возрасту, так и по максимальному диаметру грудного отдела аорты. В то же время в выборке из 968 пациентов (случайно взятых из общей совокупности) у мужчин и женщин по возрасту и по максимальному диаметру грудного отдела аорты отмечены достоверные различия ($p < 0,001$). Это обосновывает необходимость в разработке половозрастных нормативов для описания возрастного распределения. Для более полного анализа выявленных закономерностей требуется дополнительное, специально спланированное исследование.

Обсуждение результата исследования

Увеличение числа выявленных аневризм за счёт применения алгоритма ТИИ в ретроспективном исследовании подтверждает эффективность и целесообразность использования данного решения на практике — например, в качестве вспомогательного инструмента врача-рентгенолога при первичном описании лучевых исследований. Однако отмечено присутствие ложноположительных результатов работы программного обеспечения. Существуют способы минимизации таких ошибок за счёт мониторингов и дообучения алгоритма [20–22].

По данным литературы, существует положительная корреляция между возрастом и диаметром грудного отдела аорты. Отмечается, что у лиц мужского пола имеются более

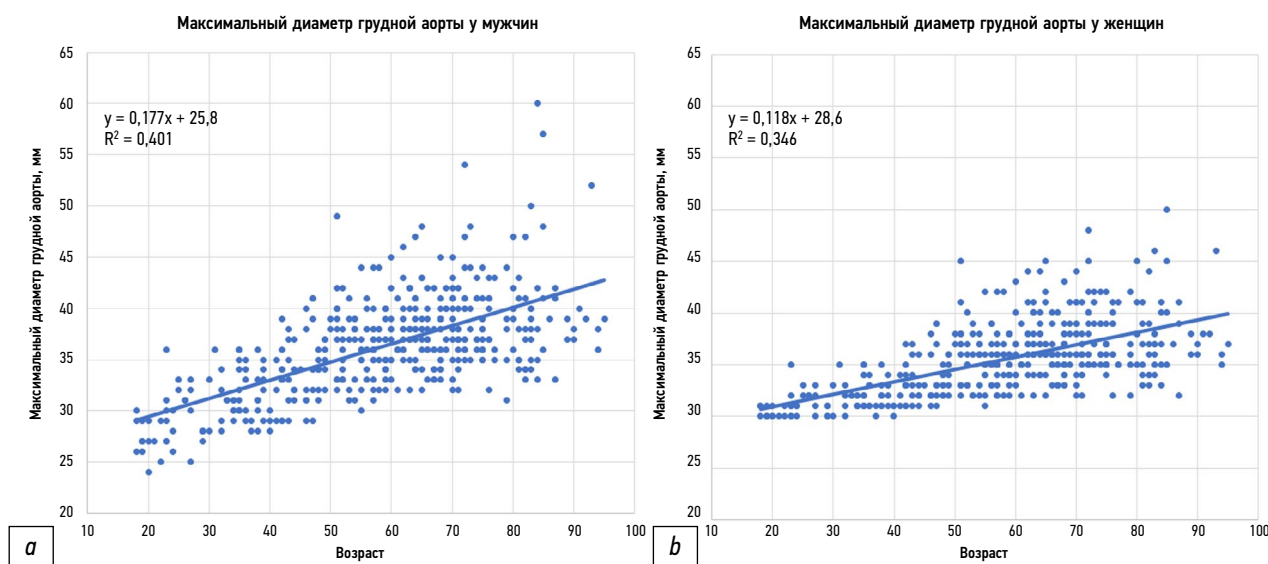


Рис. 3. График зависимости максимального диаметра грудного отдела аорты от возраста для выборки из 968 исследований: *a* — у мужчин; *b* — у женщин.

высокие, по сравнению с женщинами, значения диаметра грудного отдела аорты [18], а также более выраженная его зависимость от возраста [19], что полностью соответствует статистическим результатам, полученным в нашей работе.

Отмечен риск пропуска врачами клинически значимых патологий по разным причинам: профессиональное выгорание (например, после пандемии COVID-19), увеличение рабочей нагрузки, нехватка медицинского персонала. Это ещё один довод в пользу использования ТИИ в качестве системы поддержки принятия врачебных решений для врача-рентгенолога при анализе результатов КТ ОГК, потому что применение ТИИ может способствовать повышению выявляемости и сокращению числа пропусков клинически значимых патологий [23].

Использованная нами отечественная ТИИ не является единственной в мире, и при выборе ТИИ можно ориентироваться на метрики качества. Имеются также зарубежные аналоги ТИИ для автоматического измерения диаметра грудного отдела аорты и определения аневризм, которые помогают избежать ошибок и могут быть использованы в оппортунистическом скрининге [24, 25].

По данным литературы, ТИИ помогают врачам-рентгенологам сократить время, затраченное на выявление патологий в лучевых исследованиях [26, 27].

ТИИ — перспективный инструмент для измерений аорты [28]. Однако вопрос точности измерений ещё открыт и требует дополнительного исследования. Данное исследование показывает, что ТИИ не могут служить заменой врачам, но могут помогать врачу-рентгенологу, сообщая ему о возможной патологии аорты для исключения пропусков клинически значимых аномалий. При этом отмечается, что врачу-рентгенологу важно знать о принципе работы ТИИ и о возможных ошибках при анализе исследований [29–33]. Таким образом, применение ТИИ в медицине может быть важным инструментом в выявлении аневризмы грудного отдела аорты.

ТИИ целесообразно применять для поиска патологических расширений грудного отдела аорты как при первичном описании лучевых исследований, так и при ретроспективных исследованиях с целью минимизации возможных пропусков клинически значимых изменений.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Применение ТИИ в процессе первичного описания КТ ОГК и расширение оппортунистического скрининга может увеличить выявляемость клинически значимых патологических состояний, таких как аневризма грудного отдела аорты, и предотвратить негативные последствия для пациентов. Дальнейшая оптимизация маршрутизации данной категории пациентов, требующих срочного медицинского вмешательства для оперативного лечения, является актуальной задачей. Целесообразна разработка популяционных нормативных значений диаметра грудной аорты, что позволит скорректировать критерии диагностики данной патологии.

ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ИНФОРМАЦИЯ

Источник финансирования. Данная статья подготовлена авторским коллективом в рамках научно-исследовательской работы «Оппортунистический скрининг социально значимых и иных распространённых заболеваний» (№ в Единой государственной информационной системе учёта: № 123031400009-1) в соответствии с приказом Департамента здравоохранения города Москвы от 21.12.2022 № 1196 «Об утверждении государственных заданий, финансовое обеспечение которых осуществляется за счёт средств бюджета города Москвы государственным бюджетным (автономным) учреждениям подведомственным Департаменту здравоохранения города Москвы, на 2023 год и плановый период 2024 и 2025 годов».

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии явных и потенциальных конфликтов интересов, связанных с публикацией настоящей статьи.

Вклад авторов. Все авторы подтверждают соответствие своего авторства международным критериям ICMJE (все авторы внесли вклад в разработку концепции, проведение поисково-аналитической работы и подготовку статьи, прочли и одобрили финальную версию перед публикацией). Наибольший вклад распределён следующим образом: А.В. Соловьёв — концепция и дизайн исследования, написание текста статьи, редактирование и утверждение итогового варианта текста рукописи; Ю.А. Васильев, В.Е. Сеницын — концепция исследования, финальная вычитка текста; А.В. Петрайкин, А.В. Владимировский — концепция и дизайн исследования, написание и редактирование текста; И.М. Шулькин, Д.Е. Шарова, Д.С. Семенов — концепция, редактирование и утверждение итогового варианта текста рукописи, консультативная поддержка.

ADDITIONAL INFORMATION

Funding source. This article was prepared by the team of authors within the framework of the research work "Opportunistic screening of socially significant and other common diseases" (№ in the Unified State Information System of Accounting: № 123031400009-1) in accordance with the order of the Department of Health of Moscow from 21.12.2022 № 1196 "On approval of state tasks, the financial support of which is carried out at the expense of the budget of the city of Moscow state budgetary (autonomous) institutions subordinate to the Department of Health Protection of Moscow, for years 2023, 2024 and 2025".

Competing interests. The authors declare that they have no competing interests.

Authors' contribution. All authors made a substantial contribution to the conception of the work, acquisition, analysis, interpretation of data for the work, drafting and revising the work, final approval of the version to be published and agree to be accountable for all aspects of the work. The major contributions are distributed as follows: A.V. Solovov — research conception and design, article writing, editing, and approval of the final manuscript; Yu.A. Vasilev, V.E. Sinitsyn — research conception, final proofreading of the text; A.V. Petraikin, A.V. Vladzimirsky — research conception and design, writing, and editing of the text; I.M. Shulkin, D.E. Sharova, D.S. Semenov — research conception, editing, and approval of the final manuscript, advisory support.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. 10 ведущих причин смерти в мире [Internet]. Всемирная организация здравоохранения. [дата обращения: 12.05.2023]. Доступ по ссылке: <https://www.who.int/ru/news-room/fact-sheets/detail/the-top-10-causes-of-death>
2. Gouveia e Melo R., Silva Duarte G., Lopes A., et al. Incidence and Prevalence of Thoracic Aortic Aneurysms: A Systematic Review and Meta-analysis of Population-Based Studies // *Seminars in thoracic and cardiovascular surgery*. 2022. Vol. 34, N 1. P. 1–16. doi: 10.1053/j.semtcvs.2021.02.029
3. Клинические рекомендации. Рекомендации по диагностике и лечению заболеваний аорты (2017) // *Кардиология и сердечно-сосудистая хирургия*. 2018. Т. 11, № 1. С. 7–67. EDN: YPAKRP
4. Кузнецовский Ф.В., Осипов А.Х., Евсиков Е.М., Абрамов И.С., Отарова С.М. 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. Т. 9, № 6. С. 5–13. EDN: ISVRYL
5. Иртыга О.Б., Воронкина И.В., Смагина Л.В., и др. Частота выявления аневризмы восходящего отдела аорты и механизм ее развития по данным регистра ФГУ ФЦСКЭ им В.А. Алмазова // *Бюллетень Федерального Центра сердца, крови и эндокринологии им. В.А. Алмазова*. 2011. № 5. С. 73–78. EDN: OWGHOB
6. Lavall D., Schäfers H.J., Böhm M., Laufs U. Aneurysms of the ascending aorta // *Deutsches Arzteblatt international*. 2012. Vol. 109, N 13. P. 227–233. doi: 10.3238/arztebl.2012.0227
7. Olsson C., Thelin S., Ståhle E., Ekblom A., Granath F. Thoracic Aortic Aneurysm and Dissection // *Circulation*. 2006. Vol. 114, N 24. P. 2611–2618. doi: 10.1161/CIRCULATIONAHA.106.630400
8. Elefteriades J.A. Natural history of thoracic aortic aneurysms: indications for surgery, and surgical versus nonsurgical risks // *The Annals of thoracic surgery*. 2002. Vol. 74, N 5. P. 1877–1880. doi: 10.1016/s0003-4975(02)04147-4
9. Tsai E.B., Chiles C., Carter B.W., et al. Incidental Findings on Lung Cancer Screening: Significance and Management // *Seminars in ultrasound, CT, and MR*. 2018. Vol. 39, N 3. P. 273–281. doi: 10.1053/j.sult.2018.02.005
10. Чернина В.Ю., Блохин И.А., Николаев А.Е., и др. Тактика ведения инциденталом. Раздел 3. Щитовидная железа, гипофиз, сосуды и средостение. Москва : Государственное бюджетное учреждение здравоохранения города Москвы «Научно-практический клинический центр диагностики и телемедицинских технологий Департамента здравоохранения города Москвы», 2019. EDN: WSYSYP
11. Law M. “Opportunistic” Screening // *J Med Screen*. 1994. Vol. 1, N 4. P. 208. doi: 10.1177/096914139400100403
12. Kumar Y., Hooda K., Li S., et al. Abdominal aortic aneurysm: pictorial review of common appearances and complications // *Annals of translational medicine*. 2017. Vol. 5, N 12. P. 256. doi: 10.21037/atm.2017.04.32
13. Компьютерное зрение в лучевой диагностике: первый этап Московского эксперимента / под ред. Ю.А. Васильева, А.В. Владимировского. Москва : Общество с ограниченной ответственностью «Издательские решения», 2022. EDN: FOYLXK
14. Erbel R., Aboyans V., Boileau C., Vlachopoulos C. 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 // *European heart journal*. 2014. Vol. 35, N 41. P. 2873–2926. doi: 10.1093/eurheartj/ehu281
15. Документы по Эксперименту [Internet]. Центр диагностики и телемедицины. [дата обращения: 16.06.2023]. Доступ по ссылке: <https://mosmed.ai/ai/docs/>
16. Chest-IRA [Internet]. Центр диагностики и телемедицины. [дата обращения: 16.06.2023]. Доступ по ссылке: https://mosmed.ai/service_catalog/chestira/
17. Evangelista A., Sitges M., Jondeau G., et al. Multimodality imaging in thoracic aortic diseases: a clinical consensus statement from the European Association of Cardiovascular Imaging and the European Society of Cardiology working group on aorta and peripheral vascular diseases // *European Heart Journal Cardiovascular Imaging*. 2023. Vol. 24, N 5. P. e65–e85. doi: 10.1093/ehjci/jead024
18. Etli M., Avnioglu S., Yilmaz H., Karahan O. Investigation of the correlation between cardiac parameters and aortic diameter in patients with ascending aortic aneurysm // *Egyptian Heart Journal*. 2022. Vol. 74, N 1. P. 1–7. doi: 10.1186/s43044-022-00238-0
19. Pearce W., Slaughter M., Lemaire S., et al. Aortic diameter as a function of age, gender, and body surface area // *Surgery*. 1993. Vol. 114, N 4. P. 691–697.
20. 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. Т. 4. С. 28–41. EDN: EPGAMD doi: 10.21045/1811-0185-2023-4-28-41
21. 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. Т. 15, № 2. С. 19–25. EDN: FUKXYC doi: 10.17691/stm2023.15.2.02
22. 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. Т. 14, № 5. С. 15–25. doi: 10.17691/stm2022.14.5.02
23. Chernina V.Y., Belyaev M.G., Silin A.Y., et al. A diagnostic and economic evaluation of the complex artificial intelligence algorithm aimed to detect 10 pathologies on the chest CT images // *medRxiv*. 2023. Vol. 4. doi: 10.1101/2023.04.19.23288584
24. Macruz F.B.C., 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 // *Radiology: Artificial Intelligence*. 2022. Vol. 4, N 2. P. e210076. doi: 10.1148/ryai.210076
25. Adam C., Fabre D., Mouglin J., et al. Pre-surgical and Post-surgical Aortic Aneurysm Maximum Diameter Measurement: Full Automation by Artificial Intelligence // *European Journal of Vascular and Endovascular Surgery*. 2021. Vol. 62, N 6. P. 869–877. doi: 10.1016/j.ejvs.2021.07.013
26. Владимировский А.В., Кудрявцев Н.Д., Кожихина Д.Д., и др. Эффективность применения технологий искусственного интел-

лекта для двойных описаний результатов профилактических исследований легких // Профилактическая медицина. 2022. Vol. 25, N 7. P. 7–15. doi: 10.17116/profmed2022250717

27. Rodriguez-Ruiz A., Lång K., Gubern-Merida A., et al. Stand-Alone Artificial Intelligence for Breast Cancer Detection in Mammography: Comparison With 101 Radiologists // Journal of the National Cancer Institute. 2019. Vol. 111, N 9. P. 916–922. doi: 10.1093/jnci/djy222

28. Rueckel J., Reidler P., Fink N., et al. Artificial intelligence assistance improves reporting efficiency of thoracic aortic aneurysm CT follow-up // European journal of radiology. 2021. Vol. 134, N 134. P. 109424. doi: 10.1016/j.ejrad.2020.109424

29. Tang A., Tam R., Cadrin-Chênevert A., et al. Canadian Association of Radiologists White Paper on Artificial Intelligence in Radiology // Canadian Association of Radiologists journal. 2018. Vol. 69, N 2. P. 120–135. doi: 10.1016/j.carj.2018.02.002

30. Свидетельство о государственной регистрации базы данных № 2023621046/ 30.03.2023. Васильев Ю.А., Туравилова Е.В.,

Шулькин И.М., и др. MosMedData: КТ с признаками аневризмы брюшного отдела аорты. EDN: LXROHZ

31. Алиев А.Ф., Кудрявцев Н.Д., Петрайкин А.В., и др. Оценка диаметра лёгочной артерии при различной степени тяжести течения COVID-19 (по данным бесконтрастной компьютерной томографии лёгких) // Digital Diagnostics. 2021. Т. 2, № 3. С. 249–260. EDN: VTMKCJ doi: 10.17816/DD76726

32. Морозов С.П., Шапиева А.Н., Наркевич Б.Я., и др. Информативность методов лучевой диагностики при различных патологических состояниях организма. Москва : Научно-практический клинический центр диагностики и телемедицинских технологий, 2020. EDN: DYEYBT

33. 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. С. 16–27. EDN: SYZAQQ doi: 10.25881/18110193_2023_2_16

REFERENCES

- The top 10 causes of death [Internet]. World Health Organization. [cited 12 May 2023]. Available from: <https://www.who.int/ru/news-room/fact-sheets/detail/the-top-10-causes-of-death>
- Gouveia e Melo R, Silva Duarte G, Lopes A, et al. Incidence and Prevalence of Thoracic Aortic Aneurysms: A Systematic Review and Meta-analysis of Population-Based Studies. *Seminars in thoracic and cardiovascular surgery*. 2022;34(1):1–16. doi: 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. EDN: YPAKRP
- Kuznechevsky FV, Osipov AKh, Evsikov EM, Abramov IS, Otarova SM. Prevalence and clinical features of aorta aneurysm; and dissections: 10-year results of consequent autopsies made at O.M. Filatov city clinical hospital №15. *Russian Journal of Cardiology*. 2004;9(6):5–13. EDN: ISVRYL
- 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):73–78. EDN: OWGHOB
- Lavall D, Schäfers HJ, Böhm M, Laufs U. Aneurysms of the ascending aorta. *Deutsches Arzteblatt international*. 2012;109(13):227–233. doi: 10.3238/arztebl.2012.0227
- Olsson C, Thelin S, Ståhle E, Ekblom A, Granath F. Thoracic Aortic Aneurysm and Dissection. *Circulation*. 2006;114(24):2611–2618. doi: 10.1161/CIRCULATIONAHA.106.630400
- Elefteriades JA. Natural history of thoracic aortic aneurysms: indications for surgery, and surgical versus nonsurgical risks. *The Annals of thoracic surgery*. 2002;74(5):1877–1880. doi: 10.1016/s0003-4975(02)04147-4
- Tsai EB, Chiles C, Carter BW, et al. Incidental Findings on Lung Cancer Screening: Significance and Management. *Seminars in ultrasound, CT, and MR*. 2018;39(3):273–281. doi: 10.1053/j.sult.2018.02.005
- Chernina VYu, Blokhin IA, Nikolaev AE, et al. *Tactics for the management of incidentalomas. Section 3. Thyroid, pituitary, vasculature and mediastinum*. Moscow: Research and Practical Clinical Center for Diagnostics and Telemedicine; 2019. (In Russ). EDN: WSYSYP
- Law M. “Opportunistic” Screening. *J Med Screen*. 1994;1(4):208. doi: 10.1177/096914139400100403
- Kumar Y, Hooda K, Li S, et al. Abdominal aortic aneurysm: pictorial review of common appearances and complications. *Annals of translational medicine*. 2017;5(12):256. doi: 10.21037/atm.2017.04.32
- Vasilev YuA, Vladzimirskyy AV, editors. *Computer Vision in Radiologic Diagnostics: the First Stage of the Moscow Experiment*. Moscow: Limited Liability Company Izdatelskie reshenia; 2022. (In Russ). EDN: FOYLXK
- Erbel R, Aboyans V, Boileau C, Vlachopoulos C. 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. *European heart journal*. 2014;35(41):2873–2926. doi: 10.1093/eurheartj/ehu281
- Documents on the Experiment [Internet]. Center for Diagnostics and Telemedicine. [cited 16 June 2023]. Available from: <https://mosmed.ai/ai/docs/>
- Chest-IRA [Internet]. Center for Diagnostics and Telemedicine. [cited 16 June 2023]. Available from: https://mosmed.ai/service_catalog/chestira/
- Evangelista A, Sitges M, Jondeau G, et al. Multimodality imaging in thoracic aortic diseases: a clinical consensus statement from the European Association of Cardiovascular Imaging and the European Society of Cardiology working group on aorta and peripheral vascular diseases. *European Heart Journal Cardiovascular Imaging*. 2023;24(5):e65–e85. doi: 10.1093/ehjci/jead024
- Etlí M, Avnioglu S, Yilmaz H, Karahan O. Investigation of the correlation between cardiac parameters and aortic diameter in patients with ascending aortic aneurysm. *Egyptian Heart Journal*. 2022;74(1):1–7. doi: 10.1186/s43044-022-00238-0
- Pearce W, Slaughter M, Lemaire S, et al. Aortic diameter as a function of age, gender, and body surface area. *Surgery*. 1993;114(4):691–697.
- 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. EDN: EPGAMD doi: 10.21045/1811-0185-2023-4-28-41

21. 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. EDN: FUKXYC doi: 10.17691/stm2023.15.2.02

22. Zinchenko VV, Arzamasov KM, Chetverikov SF, et al. Methodology for Conducting Post-Marketing Surveillance of Software as a Medical Device Based on Artificial Intelligence Technologies. *Modern Technologies in Medicine*. 2022;14(5):15–25. doi: 10.17691/stm2022.14.5.02

23. Chernina VY, Belyaev MG, Silin AY, et al. A diagnostic and economic evaluation of the complex artificial intelligence algorithm aimed to detect 10 pathologies on the chest CT images. *medRxiv*. 2023;4. doi: 10.1101/2023.04.19.23288584

24. Macruz FBC, 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. *Radiology: Artificial Intelligence*. 2022;4(2):e210076. doi: 10.1148/ryai.210076

25. Adam C, Fabre D, Mougin J, et al. Pre-surgical and Post-surgical Aortic Aneurysm Maximum Diameter Measurement: Full Automation by Artificial Intelligence. *European Journal of Vascular and Endovascular Surgery*. 2021;62(6):869–877. doi: 10.1016/j.ejvs.2021.07.013

26. Vladzimirskiy AV, Kudryavtsev ND, Kozhikhina DD, et al. Effectiveness of using artificial intelligence technologies for dual descriptions of the results of preventive lung examinations. *Profilakticheskaya Meditsina*. 2022;25(7):7–15. doi: 10.17116/profmed2022250717

27. Rodriguez-Ruiz A, Lång K, Gubern-Merida A, et al. Stand-Alone Artificial Intelligence for Breast Cancer Detection in Mammography: Comparison With 101 Radiologists. *Journal of the National Cancer Institute*. 2019;111(9):916–922. doi: 10.1093/jnci/djy222

28. Rueckel J, Reidler P, Fink N, et al. Artificial intelligence assistance improves reporting efficiency of thoracic aortic aneurysm CT follow-up. *European journal of radiology*. 2021;134(134):109424. doi: 10.1016/j.ejrad.2020.109424

29. Tang A, Tam R, Cadrin-Chênevert A, et al. Canadian Association of Radiologists White Paper on Artificial Intelligence in Radiology. *Canadian Association of Radiologists journal*. 2018;69(2):120–135. doi: 10.1016/j.carj.2018.02.002

30. Certificate of state registration of the database № 2023621046/30.03.2023. Vasilev YuA, Turavilova EV, Shul'kin IM, et al. MosMedData: CT scan with signs of abdominal aortic aneurysm. (In Russ). EDN: LXR0HZ

31. Aliev AF, Kudryavtsev ND, Petraikin AV, et al. Changing of pulmonary artery diameter in accordance with severity of COVID-19 (assessment based on non-contrast computer tomography). *Digital Diagnostics*. 2021;2(3):249–260. EDN: VTMKCJ doi: 10.17816/DD76726

32. Morozov SP, Shapieva AN, Narkevich BYa, et al. *Informativity of radial diagnostics methods in various pathological conditions of the organism*. Moscow: Research and Practical Clinical Center for Diagnostics and Telemedicine; 2020. (In Russ). EDN: DYEYBT

33. Vasilev YuA, Vladzimirskiy AV, Bondarchuk DV, et al. Importance of artificial intelligence technologies to prevent defects in radiologist's practice. *Medical doctor and IT*. 2023;(2):16–27. EDN: SYZAOQ doi: 10.25881/18110193_2023_2_16

ОБ АВТОРАХ

* **Соловьёв Александр Владимирович**;

адрес: Россия, 127051, г. Москва, ул. Петровка, д. 24, стр. 1;

ORCID: 0000-0003-4485-2638;

eLibrary SPIN: 9654-4005;

e-mail: atlantis.92@mail.ru

Васильев Юрий Александрович, канд. мед. наук;

ORCID: 0000-0002-0208-5218;

eLibrary SPIN: 4458-5608;

e-mail: VasilevYA1@zdrav.mos.ru

Синицын Валентин Евгеньевич, д-р мед. наук, профессор;

ORCID: 0000-0002-5649-2193;

eLibrary SPIN: 8449-6590;

e-mail: vsini@mail.ru

Петрайкин Алексей Владимирович, д-р мед. наук;

ORCID: 0000-0003-1694-4682;

eLibrary SPIN: 6193-1656;

e-mail: alexeypetraikin@gmail.com

Владзими́рский Анто́н Вячесла́вович, д-р мед. наук;

ORCID: 0000-0002-2990-7736;

eLibrary SPIN: 3602-7120;

e-mail: VladzimirskijAV@zdrav.mos.ru

AUTHORS' INFO

* **Alexander V. Solovev**;

address: 24-1 Petrovka Str., Moscow, 127051, Russia;

ORCID: 0000-0003-4485-2638;

eLibrary SPIN: 9654-4005;

e-mail: atlantis.92@mail.ru

Yuriy A. Vasilev, MD, Cand. Sci. (Medicine);

ORCID: 0000-0002-0208-5218;

eLibrary SPIN: 4458-5608;

e-mail: VasilevYA1@zdrav.mos.ru

Valentin E. Sinitsyn, MD, Dr. Sci. (Medicine), Professor;

ORCID: 0000-0002-5649-2193;

eLibrary SPIN: 8449-6590;

e-mail: vsini@mail.ru

Alexey V. Petraikin, MD, Dr. Sci. (Medicine);

ORCID: 0000-0003-1694-4682;

eLibrary SPIN: 6193-1656;

e-mail: alexeypetraikin@gmail.com

Anton A. Vladzimirskiy, MD, Dr. Sci. (Medicine);

ORCID: 0000-0002-2990-7736;

eLibrary SPIN: 3602-7120;

e-mail: VladzimirskijAV@zdrav.mos.ru

* Автор, ответственный за переписку / Corresponding author

Шулькин Игорь Михайлович;

ORCID: 0000-0002-7613-5273;
eLibrary SPIN: 5266-0618;
e-mail: ShulkinIM@zdrav.mos.ru

Шарова Дарья Евгеньевна;

ORCID: 0000-0001-5792-3912;
eLibrary SPIN: 1811-7595;
e-mail: SharovaDE@zdrav.mos.ru

Семенов Дмитрий Сергеевич, канд. техн. наук;

ORCID: 0000-0002-4293-2514;
eLibrary SPIN: 2278-7290;
e-mail: SemenovDS4@zdrav.mos.ru

Igor M. Shulkin;

ORCID: 0000-0002-7613-5273;
eLibrary SPIN: 5266-0618;
e-mail: ShulkinIM@zdrav.mos.ru

Daria E. Sharova;

ORCID: 0000-0001-5792-3912;
eLibrary SPIN: 1811-7595;
e-mail: SharovaDE@zdrav.mos.ru

Dmitry S. Semenov, Cand. Sci. (Engineering);

ORCID: 0000-0002-4293-2514;
eLibrary SPIN: 2278-7290;
e-mail: SemenovDS4@zdrav.mos.ru