DOI: https://doi.org/10.17816/DD641679 EDN: QHBRWF

Диагностика аневризм грудного отдела аорты и патологического расширения лёгочного ствола с использованием компьютерной томографии органов грудной клетки и искусственного интеллекта: современные подходы и перспективы (научный обзор)

А.В. Соловьёв[1,2], В.Е. Синицын[1,3], А.В. Владзимирский[1], А.П. Памова[1]

[1] Научно-практический клинический центр диагностики и телемедицинских технологий, Москва, Россия;
[2] Морозовская детская городская клиническая больница, Москва, Россия;
[3] Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, Москва, Россия

АННОТАЦИЯ

Ранняя диагностика аневризм грудного отдела аорты и патологического расширения лёгочного ствола имеет решающее значение для предотвращения серьёзных осложнений, включая разрыв сосудистой стенки и острую правожелудочковую недостаточность, а также для снижения смертности от сердечно-сосудистых заболеваний. В представленном обзоре рассматриваются современные подходы к визуализации этих патологий, с акцентом на использование компьютерной томографии в качестве «золотого стандарта». Отдельное внимание уделено внедрению технологий искусственного интеллекта, которые позволяют автоматически сегментировать сосудистые структуры, измерять их диаметр и проводить оппортунистический скрининг, выявляя скрытые патологии на ранних стадиях без необходимости проведения дополнительных исследований, что снижает нагрузку на врачей-рентгенологов и повышает качество медицинской помощи. Подробно анализируется опыт Московского эксперимента, в рамках которого использование технологий искусственного интеллекта в анализе медицинских изображений показало высокую чувствительность, воспроизводимость и сокращение времени описания. Несмотря на значительные преимущества, подчёркивается необходимость контроля результатов работы искусственного интеллекта специалистами для обеспечения точности и надёжности диагностики. Также отмечается актуальность адаптации алгоритмов к разным протоколам сканирования и популяционным особенностям. Кроме того, подчёркивается важность междисциплинарного взаимодействия кардиологов, рентгенологов, инженеров-данных и разработчиков программного обеспечения для для эффективного внедрения в рутинную клиническую деятельность. В заключение делается вывод о значительном потенциале технологий искусственного интеллекта для повышения качества диагностики и подчёркивается необходимость дальнейших клинических исследований и стандартизации методик для их успешной интеграции в повседневную практику.

Ключевые слова: компьютерная томография; аневризма; аорта; лёгочная артерия; лёгочная гипертензия; оппортунистический скрининг; искусственный интеллект; обзор.

Как цитировать:
Соловьёв А.В., Синицын В.Е., Владзимирский А.В., Памова А.П. Диагностика аневризм грудного отдела аорты и патологического расширения лёгочного ствола с использованием компьютерной томографии органов грудной клетки и искусственного интеллекта: современные подходы и перспективы (научный обзор) // Digital Diagnostics. 2025. Т. 6, № 2. С. 286–301. DOI: 10.17816/DD641679 EDN: QHBRWF

Рукопись получена: 07.11.2024 **Рукопись одобрена:** 20.02.2025 **Опубликована online:** 28.05.2025

ЭКО•ВЕКТОР
Статья доступна по лицензии CC BY-NC-ND 4.0 International
© Эко-Вектор, 2025

DOI: https://doi.org/10.17816/DD641679 EDN: QHBRWF

Diagnosis of Thoracic Aortic Aneurysms and Pathological Pulmonary Trunk Dilation Using Chest Computed Tomography and Artificial Intelligence: Modern Approaches and Prospects (A Review)

Alexander V. Solovev[1,2], Valentin E. Sinitsyn[1,3], Anton V. Vladzymyrskyy[1], Anastasia P. Pamova[1]

[1] Research and Practical Clinical Center for Diagnostics and Telemedicine Technologies, Moscow, Russia;
[2] Morozov Children's Municipal Clinical Hospital, Moscow, Russia;
[3] Lomonosov Moscow State University, Moscow, Russia

ABSTRACT

Early diagnosis of thoracic aortic aneurysms and pathological pulmonary trunk dilation is crucial to prevent severe complications, including vascular wall rupture and acute right ventricular failure, and reduce cardiovascular mortality. This review examines contemporary imaging approaches for these conditions, focusing on computed tomography as the gold standard modality. Emphasis was placed on the implementation of artificial intelligence technologies, which enable automatic segmentation of vascular structures, measurement of their diameter, and opportunistic screening, allowing early detection of asymptomatic conditions without additional diagnostic procedures, thereby reducing radiologist workload and improving medical care quality. The study comprehensively analyzed the Moscow Experiment, wherein the application of artificial intelligence in medical image analysis showed high sensitivity, reproducibility, and reduced reporting time. Despite these significant advantages, the need for expert supervision of artificial intelligence-generated results to ensure diagnostic accuracy and reliability is emphasized. Moreover, the review highlights the importance of adapting algorithms to different scanning protocols and population-specific features. Additionally, the importance of interdisciplinary collaboration among cardiologists, radiologists, data scientists, and software developers for the effective integration into routine clinical practice is pointed out. Therefore, the review outlines the potential of artificial intelligence technologies to enhance diagnostic quality and underscores the need for further clinical research and standardization of methods for successful integration into daily practice.

Keywords: computed tomography; aneurysm; aorta; pulmonary artery; pulmonary hypertension; opportunistic screening; artificial intelligence; review.

To cite this article:
Solovev AV., Sinitsyn VE, Vladzymyrskyy AV, Pamova AP. Diagnosis of Thoracic Aortic Aneurysms and Pathological Pulmonary Trunk Dilation Using Chest Computed Tomography and Artificial Intelligence: Modern Approaches and Prospects (A Review). *Digital Diagnostics.* 2025;6(2):286–301. DOI: 10.17816/DD641679 EDN: QHBRWF

Submitted: 07.11.2024 **Accepted:** 20.02.2025 **Published online:** 28.05.2025

ECO•VECTOR

Article can be used under the CC BY-NC-ND 4.0 International License
© Eco-Vector, 2025

DOI: https://doi.org/10.17816/DD641679 EDN: QHBRWF

使用胸部计算机断层扫描与人工智能技术诊断胸主动脉瘤与肺动脉干异常扩张：现代方法与前景展望（文献综述）

Alexander V. Solovev[1,2], Valentin E. Sinitsyn[1,3], Anton V. Vladzymyrskyy[1], Anastasia P. Pamova[1]

[1] Research and Practical Clinical Center for Diagnostics and Telemedicine Technologies, Moscow, Russia;
[2] Morozov Children's Municipal Clinical Hospital, Moscow, Russia;
[3] Lomonosov Moscow State University, Moscow, Russia

摘要

胸主动脉瘤和肺动脉干异常扩张的早期诊断对于预防血管壁破裂、急性右心衰竭等严重并发症，以及降低心血管疾病相关死亡率具有关键意义。本文综述了当前针对上述病变的影像学诊断策略，重点强调将计算机断层扫描作为“金标准”的应用地位。文章特别关注人工智能技术在临床中的应用，这些技术能够自动分割血管结构、测量其直径，并执行机会性筛查，在无需进行额外检查的情况下识别早期潜在病变，从而减轻放射科医生的负担，提高医疗服务质量。文章详细分析了“Moscow Experiment”的经验。在该实验中，人工智能技术在医学影像分析中的应用表现出较高的灵敏度、良好的结果重复性，并显著缩短了报告撰写时间。尽管人工智能具备诸多优势，但仍强调需由专业人员对其结果进行把关，以确保诊断的准确性与可靠性。同时强调将算法适配于不同扫描协议和人群特征的必要性。此外，还需强调心血管病学专家、放射科医生、数据工程师与软件开发人员之间的跨学科合作对于将有效融入常规临床实践的重要性。综上所述，人工智能技术在提升诊断质量方面具有巨大潜力，同时强调进一步开展临床研究及标准化相关方法对于其成功融入日常实践的必要性。

关键词：计算机断层扫描；主动脉瘤；主动脉；肺动脉；肺动脉高压；机会性筛查；人工智能；综述。

引用本文：
Solovev AV., Sinitsyn VE, Vladzymyrskyy AV, Pamova AP. 使用胸部计算机断层扫描与人工智能技术诊断胸主动脉瘤与肺动脉干异常扩张：现代方法与前景展望（文献综述）. *Digital Diagnostics*. 2025;6(2):286–301. DOI: 10.17816/DD641679 EDN: QHBRWF

收到：07.11.2024 **接受：**20.02.2025 **发布日期：**28.05.2025

Article can be used under the CC BY-NC-ND 4.0 International License
© Eco-Vector, 2025

ВВЕДЕНИЕ

Согласно данным Всемирной организации здравоохранения, сердечно-сосудистые заболевания (ССЗ) и обусловленные ими осложнения являются одной из ведущих причин смерти в мире[1]. Ежегодно на их долю приходится 17,9 млн случаев смерти [1].

Эти заболевания представляют значительную социальную проблему в сфере здравоохранения и остаются актуальными в современном обществе. ССЗ связаны с высокими экономическими затратами, потерей трудоспособности населения и повышенным риском летального исхода для пациентов [2]. Среди ССЗ существенное значение имеют патологии аорты и лёгочной артерии. Смертность, обусловленная данными заболеваниями, неуклонно возрастает. Согласно прогнозу, к 2030 году ожидают увеличение данного показателя на 42%. В свою очередь, среди болезней сосудов важную роль играют аневризмы аорты и лёгочная гипертензия [3].

Аневризмы характеризуются локальным патологическим расширением просвета аорты, превышающим её нормальный диаметр в 1,5 раза [4]. В качестве диагностических критериев также используют абсолютные пороговые значения: диаметр для восходящего отдела грудной аорты — ≥50 мм, для нисходящего отдела аорты — ≥40 мм [5]. Нередко они протекают бессимптомно и их выявляют случайно при проведении инструментальной визуализации. Из-за внезапности осложнений и высокой летальности при их разрыве аневризмы называют «тихими убийцами» [4].

Их диагностику часто осуществляют только на поздних стадиях, когда аневризма достигает критических размеров и возникают осложнения, такие как расслоение аорты или разрыв её стенки. Научные исследования показывают, что осложнения, вызванные аневризмами аорты, имеют очень тяжёлые последствия и приводят к летальному исходу в 94–100% случаев при отсутствии лечения, требующего значительных ресурсов со стороны здравоохранения [6, 7].

Кроме того, играют важную роль и представляют значимую проблему для здравоохранения заболевания, приводящие к развитию лёгочной гипертензии. Она сопровождается патологическим расширением ствола лёгочной артерии и её ветвей, может быть обусловлена различными заболеваниями, такими как первичная лёгочная гипертензия, хроническая постэмболическая лёгочная гипертензия, хронические болезни лёгких и сердечная недостаточность [8]. При отсутствии своевременной диагностики и лечения лёгочная гипертензия неизбежно прогрессирует, что приводит к развитию правожелудочковой недостаточности и повышает риск летального исхода. Смерть наступает из-за таких осложнений, как тромбоэмболия, острая сердечная недостаточность и аритмии [9, 10].

Своевременное выявление аневризм грудного отдела аорты и патологического расширения лёгочного ствола является чрезвычайно важным этапом, обеспечивающим проведение полноценной диагностики и выбор оптимального лечения, что положительно сказывается на клиническом прогнозе. Это позволяет осуществить необходимое лечение до того, как заболевание достигнет критической стадии, что существенно снижает риск тяжёлых осложнений и летального исхода. Внедрение современных методов ранней диагностики болезней аорты и лёгочной артерии, таких как компьютерная томография (КТ) с автоматическим анализом изображений с помощью технологий искусственного интеллекта (ИИ) в рамках оппортунистического скрининга, открывает новые перспективы для последующего применения специализированных методов диагностики, в частности компьютерно-томографической ангиографии (КТ-ангиография), и лечения.

МЕТОДОЛОГИЯ ПОИСКА ДАННЫХ

Для проведения научного обзора отобраны статьи из поисковых систем PubMed и Google Scholar, а также базы данных Scopus, опубликованные в период с 1983 по 2024 год на русском и английском языках. Поиск проводили с использованием следующих ключевых слов: «aneurysm of the thoracic aorta», «pulmonary artery dilatation», «computed tomography», «artificial intelligence in radiology» и «early diagnosis of cardiovascular diseases». Рассматривали оригинальные исследования, обзоры и метаанализы, связанные с диагностикой аневризм грудного отдела аорты и патологического расширения лёгочного ствола с использованием КТ и технологий ИИ. Исключали статьи, опубликованные в нерецензируемых журналах, а также работы, описывающие исследования с участием животных. Общее количество найденных источников составило 538, из которых в окончательный обзор вошла 121 публикация.

АНЕВРИЗМА АОРТЫ

Согласно статистическим данным, в период с 1990 по 2019 год уровень смертности от аневризм аорты во всём мире увеличился на 81,6% — с 94 968 до 172 427 случаев. Заболевание преимущественно поражает мужчин [11–13]. В России распространённость аневризмы восходящего отдела грудной аорты варьирует от 0,16 до 1,06% случаев [14]. Так, анализ данных аутопсий в Городской клинической больнице № 15 имени О.М. Филатова за 1991–2001 гг. показал, что аневризму грудного отдела аорты выявили в 0,8% случаев [15]. В 2020 году в Соединённых Штатах Америки (США) более 6 тыс. чел. умерли от аневризмы аорты [16]. В свою очередь, заболеваемость

[1] The top 10 causes of death; [около 12 страниц]. В: *World Health Organization* [Internet]. Geneva: World Health Organization; 2024–2024. Режим доступа: https://www.who.int/ru/news-room/fact-sheets/detail/the-top-10-causes-of-death Дата обращения: 12.05.2024.

аневризмами грудной аорты составляет примерно 10 случаев на 100 тыс. чел. в год, при этом частота её разрыва — около 1,6 случая на 100 тыс. чел. [17]. Среди осложнений этого заболевания различают расслоение и разрыв аорты — 3,7 и 3,6% соответственно [18]. В Гонконге (Китай) среди пациентов с артериальной гипертензией аневризму грудной аорты диагностируют в 7,5% случаев [19]. Ежегодно в этом крупном городе регистрируют более 1900 госпитализаций и около 350 летальных исходов, связанных с аневризмой и расслоением аорты. При этом отмечают устойчивую тенденцию к росту заболеваемости [20].

Региональные различия подчёркивают необходимость глобального анализа, поскольку данные из других стран свидетельствуют о значимости аневризмы грудной аорты как медико-социальной проблемы во всём мире. Так, в Канаде наблюдали увеличение распространённости заболевания с 3,5 до 7,6 на 100 тыс. чел. в период с 2002 по 2014 год [21]. В странах Западной Европы аневризма грудной аорты занимает второе место по распространённости среди заболеваний аорты после атеросклероза [5, 22]. В Южной Корее данную патологию диагностируют у 36,5% мужчин с артериальной гипертензией [23]. В Японии аневризму грудной аорты выявили у 6,5% обследованных [24]. В Иране частота аневризм с диаметром более 45 мм составляет 1,2% [25].

Вариабельность статистических данных по аневризме аорты может быть связана с применением различных методов диагностики, таких как КТ, ультразвуковое исследование, магнитно-резонансная томография (МРТ), отличающихся по точности и чувствительности, а также с различиями в протоколах исследования и стандартах отчётности, применяемых в разных странах. Кроме того, на размер аорты влияет раса пациента и его этническая принадлежность [26].

Значение раннего выявления аневризм грудной аорты

У пациентов с аневризмой грудной аорты часто встречают другие ССЗ и сопутствующие патологии. Её раннее выявление позволяет оптимизировать ведение этих пациентов и выполнять своевременное хирургическое лечение. Плановая операция при аневризме грудной аорты значительно повышает шансы пациентов на выживаемость и даёт возможность достичь ожидаемой продолжительности жизни, сопоставимой с таковой у здоровых людей того же возраста. Пятилетняя выживаемость после планового оперативного вмешательства при аневризме аорты составляет около 85%, тогда как при экстренных операциях она снижается до 37% [20, 27]. В норме максимальный диаметр грудной аорты составляет до 40 мм для восходящего отдела и её дуги, а также до 30 мм для нисходящего отдела. Хирургическое вмешательство при аневризме восходящей аорты показано пациентам с диаметром ⩾50 мм, страдающим от синдрома Марфана (при наличии дополнительных факторов риска этот показатель снижен до ⩾45 мм). В других случаях пороговый диаметр составляет ⩾55 мм. Аналогичные рекомендации действуют в отношении аневризмы дуги и нисходящей аорты (⩾55 мм) [5]. Кроме того, при диаметре грудной аорты, превышающем 6 см, риск опасных для жизни осложнений становится практически неизбежным. При этом скорость роста её аневризмы может составлять 0,1–0,3 см в год [28].

Среди основных методов диагностики аневризмы грудной аорты выделяют следующие (табл. 1):

- обзорная рентгенография грудной полости [29, 30];
- трансторакальная эхокардиография [31–42];
- чреспищеводная эхокардиография [34, 37, 42];
- КТ [3, 16, 33, 43–53];
- МРТ [3, 54–62];
- позитронно-эмиссионная томография [63–67];
- прямая аортография [5, 59, 68–71].

Предикторы риска развития острых аортальных событий

Установлено, что диаметр аорты зависит от возраста, пола, массы тела и роста, с наибольшей корреляцией с возрастом. Наблюдают увеличение диаметра с возрастом на всех уровнях грудной аорты, поэтому его нужно учитывать при определении нормального значения. Пол влияет только на диаметр нисходящей аорты, при этом средняя разница составляет 1,99 мм, что не рассматривают как клинически значимую. Индекс массы тела также значим на большинстве уровней аорты: на каждую его единицу приходится среднее увеличение диаметра на 0,27 мм. Это требует корректировки с учётом индивидуальных антропометрических характеристик [72].

Для более точной диагностики расширения аорты и выявления риска развития аневризм предложили использовать индекс размера аорты (Aortic Size Index, ASI), учитывающий её диаметр и площадь поверхности тела (Body Surface Area, BSA). Он продемонстрировал более высокую прогностическую ценность в отношении неблагоприятных событий по сравнению с максимальным диаметром аорты. В 2006 году R.R. Davies и соавт. [73] предложили использовать индекс размера аорты для нормализации её диаметра по площади поверхности тела. Согласно данным, пациентов с индексом размера аорты <2,75 см/м^2 классифицировали как имеющие низкий риск развития осложнений, тогда как его значения, превышающие 4,25 см/м^2, указывали на необходимость хирургического вмешательства. Однако метод имеет ограничения, поскольку площадь поверхности тела и его масса меняются с возрастом и не всегда отражают физиологию аорты. Именно поэтому нужны более надёжные показатели для оценки степени её расширения [74].

Соотношение площади поперечного сечения аорты к её высоте предложили использовать для оценки риска острых аортальных событий у пациентов с генетическими заболеваниями аорты, но этот параметр имеет ограничения. Исследования показали, что пациенты с низким

Таблица 1. Методы диагностики аневризм грудной аорты

Преимущества	Ограничения	Визуализация
	Обзорная рентгенография грудной полости	
• простота выполнения; • доступность	• низкая специфичность; • обнаружение аневризм в 30–40% случаев; • ограниченные данные о размерах и форме аорты	• аномалии контуров и размеров аорты; • расширение тени средостения; • смещение трахеи
	Трансторакальная эхокардиография	
• неинвазивный метод; • отсутствие лучевой нагрузки; • доступность и низкая стоимость; • визуализация в реальном времени	• зависимость от навыков оператора; • ограниченная визуализация частей аорты (дуга и нисходящий отдел); • чувствительность — 55–60%; • трудности визуализации при ожирении или деформации грудной клетки	• стенки и просвет аорты; • восходящая аорта; • корень аорты; • частично дуга аорты
	Чреспищеводная эхокардиография	
• полуинвазивный метод; • более точная визуализация корня и дуги аорты; • преимущество у пациентов с ограничениями для трансторакальной эхокардиографии	• зависимость от навыков оператора; • возможна недооценка размеров аорты; • полуинвазивность может быть менее комфортной для пациента; • риск повреждения пищевода	• стенки и просвет аорты; • корень аорты; • дуга аорты; • восходящая аорта
	Компьютерная томография	
• высокое пространственное разрешение; • высокая скорость; • возможность построения трёхмерных реконструкций; • «золотой стандарт» диагностики аневризм аорты	• ионизирующее излучение; • риск нарушения функции почек при использовании контрастного вещества; • аллергические реакции на контрастное вещество; • вероятность артефактов от движений или металлических имплантов	• детализированная оценка диаметра, стенок и просвета аорты; • размеры и расположение аневризмы; • оценка окружающих структур; • выявление осложнений (расслоение, тромбоз)
	Магнитно-резонансная томография	
• отсутствие ионизирующего излучения; • высокое мягкотканное разрешение; • возможность построения трёхмерных реконструкций; • без контрастных препаратов	• более длительное время выполнения; • ограничения при наличии металлических имплантов; • меньшая доступность по сравнению с компьютерной томографией	• детализированная структура стенок и просвета аорты; • выявление интрамуральных гематом, тромбов; • детальная оценка анатомии аорты и её взаимоотношений с окружающими структурами
	Позитронно-эмиссионная томография	
• выявление воспалительных процессов и инфекций стенок аорты; • возможность комбинирования с компьютерной томографией для улучшенной диагностики	• высокая стоимость; • ограниченное применение в рутинной практике; • невысокое пространственное разрешение	• метаболическая активность в стенках аорты; • выявление воспалений, инфекции или злокачественных процессов
	Прямая аортография	
• точные изображения просвета аорты; • оценка функциональных характеристик клапанов и левого желудочка; • возможность проведения лечебных эндоваскулярных манипуляций	• инвазивный метод с риском осложнений; • не видны стенки аорты	• оценка просвета и диаметра аорты; • функциональное состояние аортального клапана и левого желудочка

индексом имели сниженную долгосрочную выживаемость, однако при использовании общей смертности вместо острых аортальных событий его прогностическая значимость не доказана. В связи с этим он не получил широкого применения [74].

Кроме того, для оценки риска острых аортальных событий важно учитывать длину восходящей аорты. Установлено, что длина аорты увеличивается с возрастом независимо от площади поверхности тела, при этом возрастает её извитость, которую можно оценить с помощью индекса извитости аорты [74].

Комбинированная оценка диаметра и длины аорты с расчётом её объёма демонстрирует более высокую чувствительность в прогнозировании острых аортальных событий по сравнению с использованием только одного параметра. Волюметрический анализ аорты — количественный

метод оценки, обладающий высокой информативностью на этапах предоперационной подготовки и послеоперационного наблюдения. Данный параметр позволяет выявлять значимые изменения, которые можно пропустить при традиционной оценке аорты по диаметру. Исследования показали, что увеличение её объёма является чувствительным предиктором осложнений после эндоваскулярных вмешательств на ней. Именно поэтому его анализ может стать важным инструментом для мониторинга состояния аорты и прогнозирования, однако подтверждение ценности требует дальнейших исследований [74].

Таким образом, важными показателями для оценки риска острых аортальных событий являются диаметр, длина и объём аорты, которые учитывают конституциональные особенности пациента. Комбинированные методы измерения, такие как волюметрия, обеспечивают более высокую чувствительность и точность в прогнозировании рисков и мониторинге состояния аорты, что способствует своевременной диагностике и лечению [74].

ПАТОЛОГИЧЕСКОЕ РАСШИРЕНИЕ ЛЁГОЧНОГО СТВОЛА

Лёгочная гипертензия затрагивает около 1% мирового населения, при этом её распространённость достигает 10% у лиц старше 65 лет. В числе основных причин развития лёгочной гипертензии — заболевания сердца и лёгких [75]. В Великобритании частота лёгочной гипертензии составляет 97 случаев на 1 млн населения, в свою очередь, мужчины страдают в 8 раз чаще, чем женщины. В США смертность от данной патологии варьирует от 4,5 до 12,3 случаев на 100 тыс. чел. Наиболее распространёнными причинами лёгочной гипертензии являются заболевания, поражающие левые отделы сердца, а также патологические процессы лёгких, сопровождающиеся гипоксией [9]. В Западной Австралии зарегистрировали 326 случаев лёгочной гипертензии на 100 тыс. населения, из которых 250 связаны с болезнями левых отделов сердца, а 37 — с заболеваниями лёгких [76].

В России распространённость лёгочной артериальной гипертензии составляет 15–60 случаев на 1 млн чел., при этом заболеваемость достигает 10 случаев на 1 млн чел. [11, 77]. По данным А.Ф. Алиева и соавт. [78], у 189 из 511 пациентов с COVID-19 выявлено расширение лёгочного ствола (⩾29 мм). В исследовании с участием 7 164 пациентов с хронической обструктивной болезнью лёгких распространённость лёгочной гипертензии среди лиц с респираторными симптомами составила 21,8%, тогда как в общей выборке — 15,3% [79, 80].

Методы раннего выявления лёгочной гипертензии

Для диагностики лёгочной гипертензии важна совместная работа мультидисциплинарной команды специалистов, включая кардиологов, рентгенологов и пульмонологов [9].

При ранних стадиях лёгочной гипертензии симптомы могут быть минимальными и появляться только при физической нагрузке, что затрудняет раннюю диагностику. Одышку и утомляемость возможно ошибочно принять за признаки других менее серьёзных состояний. По мере прогрессирования заболевания клинические проявления становятся более выраженными [9].

Лёгочная гипертензия — одна из основных причин дилатации лёгочного ствола. С увеличением применения методов неинвазивной визуализации возрастает вероятность случайного обнаружения расширения лёгочной артерии. Раннее выявление лёгочной гипертензии имеет важное значение для начала специфического лечения и улучшения прогноза пациентов. Тем не менее растущая осведомлённость о лёгочной гипертензии не всегда сопровождается своевременной диагностикой, что обусловлено сходством симптомов с проявлениями других, более распространённых респираторных или сердечно-сосудистых заболеваний [81–84].

Среди методов диагностики расширения лёгочного ствола как признака лёгочной гипертензии выделяют следующие (табл. 2):

- эхокардиография [9, 35, 36, 85];
- рентгенография грудной клетки [9, 85, 86];
- КТ [9, 85–88];
- МРТ [9, 85, 86];
- катетеризация правых отделов сердца [9, 86].

Особенности диагностики расширения лёгочного ствола с помощью компьютерной томографии

Одним из ключевых диагностических признаков лёгочной гипертензии по данным КТ является расширение лёгочного ствола. Согласно исследованиям, диаметр лёгочного ствола более 29 мм с высокой точностью указывает на её наличие и демонстрирует положительную прогностическую ценность на уровне 97% при выявлении данного заболевания [87, 88]. Увеличение диаметра лёгочной артерии свыше 29 мм по данным КТ рассматривают как важный биомаркёр лёгочной гипертензии, ассоциированный с повышением лёгочного сосудистого сопротивления [8, 89, 90]. Однако в обновлённых рекомендациях Европейского кардиологического и Европейского респираторного общества (European Society of Cardiology/European Respiratory Society, ESC/ERS), опубликованных в 2022 году, пересмотрены критерии, указывающие на наличие лёгочной гипертензии: по данным КТ диаметр лёгочной артерии, равный 30 мм и более, рассматривают как диагностически значимый. Кроме того, в октябре 2024 г. Министерство здравоохранения Российской Федерации обновило клинические рекомендации, где также указан этот диаметр, но при этом важно учитывать, что необходимо сочетание

Таблица 2. Методы диагностики расширения лёгочного ствола

Преимущества	Ограничения	Визуализация
Эхокардиография (трансторакальная эхокардиография)		
• неинвазивный метод; • оценка систолического давления в лёгочной артерии; • визуализация структур и оценка функции сердца; • безопасность и доступность	• зависимость от навыков оператора	• максимальная скорость трикуспидальной регургитации; • размеры камер сердца; • гипертрофия миокарда правого желудочка; • дефекты межпредсердной перегородки и другие врождённые пороки; • аномальный лёгочный венозный возврат; • диастолическая функция желудочков
Рентгенография грудной клетки		
• доступность и простота выполнения; • возможность выявления кардиомегалии и расширения лёгочных артерий; • оценка возможных причин лёгочной гипертензии (например, интерстициальные болезни лёгких)	• низкая специфичность; • ограниченная точность; • может не показать наличие лёгочной гипертензии на ранних стадиях	• кардиомегалия (увеличение правых отделов сердца); • расширение центральных лёгочных артерий
Компьютерная томография		
• высокое пространственное разрешение; • высокая скорость; • возможность построения трёхмерных реконструкций	• ионизирующее облучение; • необходимость введения контрастного вещества	• оценка лёгочной сосудистой системы и паренхимы лёгких; • тромбы, утолщение стенок сосудов; • гипертрофия и дилатация правого желудочка
Магнитно-резонансная томография		
• отсутствие ионизирующего излучения; • высокое мягкотканное разрешение; • точная оценка объёма и массы правого желудочка; • фазово-контрастная магнитно-резонансная томография для оценки кровотока в лёгочной артерии	• меньшая доступность по сравнению с компьютерной томографией; • длительное время выполнения; • противопоказания у части пациентов	• структурные и функциональные изменения правого желудочка; • гипертрофия и дилатация правого желудочка; • скорость кровотока в лёгочных артериях; • аномалии сосудов (тромбы, изменения стенок)
Катетеризация правых отделов сердца		
• «золотой стандарт» диагностики лёгочной гипертензии; • прямая оценка давления в лёгочной артерии и правом желудочке; • оценка лёгочного сосудистого сопротивления	• инвазивный метод; • риск осложнений	• прямое измерение давления в правом предсердии и желудочке, а также в стволе лёгочной артерии

трёх параметров, которые можно измерить полноценно только при исследованиях с контрастным усилением:

- диаметр лёгочной артерии — ≥30 мм;
- толщина передней стенки правого желудочка — ≥6 мм;
- отношение размеров правого и левого желудочка — ≥1 [9, 86].

Существует статистически значимая связь между соотношением диаметра лёгочного ствола к диаметру восходящей аорты и повышенным риском смерти, независимо от наличия ишемической болезни сердца. Предложено выполнять измерение соотношения между максимальными диаметрами ствола лёгочной артерии и восходящим отделом грудной аорты. Нормальное значение индекса составляет ≤1, в свою очередь, его величина >1 указывает на расширение ствола лёгочной артерии. Согласно рекомендациям ESC/ERS от 2022 года и клиническим рекомендациям Министерства здравоохранения Российской Федерации от 2024 года, пороговое значение индекса пересмотрено с 1 на 0,9 [9, 86]. Данное соотношение может способствовать клинической оценке и прогнозированию течения лёгочной гипертензии [90–94]. Пример измерения диаметра аорты и лёгочной артерии по данным КТ показан на рис 1.

Лёгочный ствол обычно измеряют в месте его раздвоения перпендикулярно длинной оси на аксиальном срезе, на этом же уровне определяют диаметр всходящей аорты при расчёте их соотношения [90]. Лучевые биомаркёры, такие как диаметр лёгочного ствола и вторичные признаки сердечной недостаточности, в частности расширение нижней полой вены, плевральный выпот и уплотнение лёгочной ткани по типу «матового стекла», также являются важными для определения лёгочной гипертензии. Отношение диаметров лёгочного ствола к восходящей аорте, превышающее 1, обладает специфичностью 92%

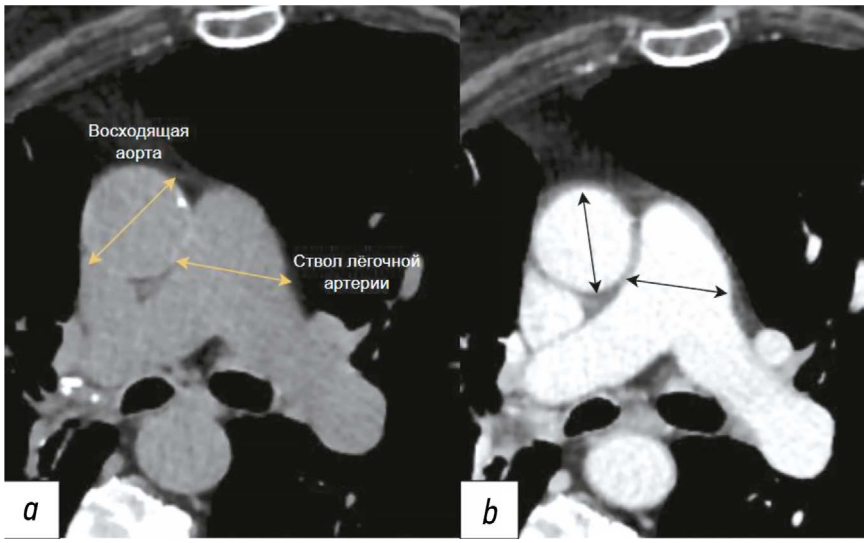

Рис. 1. Пример измерения соотношений ствола лёгочной артерии и восходящей аорты. На аксиальном срезе изображений компьютерной томографии на уровне бифуркации лёгочной артерии проведено измерение диаметров лёгочной артерии и восходящей аорты. Использовали компьютерный штангенциркуль, который фиксировал наибольший диаметр сосудов по вертикали от длинной оси главной лёгочной артерии: *a* — с применением контрастного усиления; *b* — без его применения.

в отношении выявления повышенного среднего артериального давления более 20 мм рт. ст. [88].

В дополнение к традиционным методам диагностики применение четырёхмерной фазово-контрастной МРТ предоставляет врачам возможность неинвазивного исследования характеристик кровотока в аорте и лёгочной артерии. Данный метод становится всё более доступным благодаря улучшению технологий и созданию программного обеспечения для обработки данных. Он позволяет неинвазивно визуализировать особенности кровотока и измерять параметры кровообращения в аорте и лёгочной артерии. Четырёхмерная фазово-контрастная МРТ помогает лучше понять механизмы развития аневризм, например у пациентов с двустворчатым аортальным клапаном. Однако для широкого применения этой технологии в клинической практике необходима стандартизация методики и её доступность [3, 95].

ОППОРТУНИСТИЧЕСКИЙ СКРИНИНГ

Оппортунистический скрининг — анализ результатов исследований, выполненных по иным показаниям. Такой подход позволяет выявить не только целевую патологию, но и дополнительные факторы риска и состояния, которые могут потенциально привести к серьёзным осложнениям, без необходимости проведения дополнительных исследований той же анатомической зоны. Данный подход снижает лучевую нагрузку на пациентов и оптимизирует процесс диагностики [96, 97].

Примером такого подхода является использование данных КТ грудной клетки и брюшной полости для оппортунистического скрининга аневризм аорты. Достижение его высокой эффективности требует охвата большого числа пациентов, поскольку сложно выделить конкретную группу риска для данной патологии [41].

С помощью технологий ИИ при оппортунистическом скрининге можно анализировать специфические признаки заболевания (биомаркёры) по данным КТ автоматически при оценке аорты и ствола лёгочной артерии [98].

Среди таких биомаркёров выделяют:

- дилатацию восходящей аорты от 40 до 49 мм, которая ассоциирована с развитием аневризмы;
- расширение лёгочного ствола от 29 мм, что может указывать на развитие лёгочной гипертензии [97, 99].

Применение технологий ИИ для выявления таких биомаркёров может способствовать снижению числа диагностических ошибок [88].

Кроме того, визуализационные биомаркёры после проверки можно использовать для оценки эффективности терапии, а также в качестве конечной точки в клинических исследованиях. Их применение способствует повышению производительности и поддерживает реализацию персонализированного подхода к лечению ССЗ, включая лёгочную гипертензию [88].

Искусственный интеллект и его роль в оппортунистическом скрининге по данным компьютерной томографии

С момента введения термина «искусственный интеллект» в 1956 году, технологии ИИ получили широкое распространение и нашли применение во многих сферах жизни, включая медицинскую практику. В медицине, благодаря росту вычислительных мощностей и увеличению количества цифровых рентгенологических изображений, ИИ помогает облегчить рутинную работу врачей, улучшая визуализацию патологий и ускоряя процесс

диагностики [100]. Например, в России во время пандемии COVID-19 разработали систему ИИ для выявления признаков пневмонии по данным КТ [101].

Интеграция ИИ в медицинскую визуализацию значительно изменила диагностику ССЗ. Методы глубокого обучения, используемые в системах ИИ, значительно повысили точность и эффективность интерпретации изображений [1]. Использование технологий ИИ в сочетании с методами лучевой диагностики позволяет проводить более комплексный анализ структур и функций сердечно-сосудистой системы. Они помогают в сегментации, классификации заболеваний, прогнозировании рисков и поддержке клинических решений, что подчёркивает их значимость в борьбе с ССЗ [102, 103].

На основе данных КТ возможен оппортунистический скрининг, позволяющий выявлять дополнительные патологии других органов без необходимости повторных исследований. Такой подход доказал свою эффективность при выявлении остеопороза по результатам КТ среди населения Москвы. В период пандемии COVID-19 провели более 90 тыс. КТ грудной клетки, что позволило выявить признаки остеопороза у более 29 тыс. пациентов посредством использования ИИ, основанного на нейронных сетях [95, 104].

Системы ИИ применяли для ранней диагностики расширения аорты и лёгочного ствола. Так, O.M Mets и соавт. [105] рассматривают возможность использования неконтрастной КТ в скрининговых программах для раннего выявления расширения аорты. Это позволит своевременно проводить методы превентивной хирургии, направленной на предотвращение разрыва аневризмы, и спасать жизнь пациентов. Включение КТ грудной аорты в комплексные скрининговые исследования, позволяющие оценивать состояние лёгких, коронарный кальций и плотность костной ткани позвонков, значительно расширит диагностические возможности и повысит эффективность профилактических мероприятий.

Начало активного развития ИИ наблюдали во время пандемии COVID-19, что подтверждает наличие первых исследования по его применению. Например, при анализе данных КТ с помощью ИИ выявлено влияние COVID-19 на биомеханические свойства восходящей аорты. Исследование в Ухане продемонстрировало, что у более 50% из 38 взрослых пациентов с COVID-19 обнаружили увеличение диаметра восходящей аорты, что сопровождалось сильным воспалением и повреждением сердца. У детей с COVID-19 и мультисистемным воспалительным синдромом отмечено снижение показателей напряжения и растяжимости восходящего отдела аорты [106–108]. Эти результаты подчёркивают важность своевременного выявления пациентов с высоким риском и необходимость учёта этих данных в постковидном периоде.

Согласно исследованию A.E.M. Eltorai и соавт. [109], возможно проводить оппортунистический скрининг посредством КТ при оказании первичной медико-санитарной помощи, поскольку полученные данные способствуют обнаружению патологий, а также снижению заболеваемости и смертности. Однако авторы высказали опасения в отношении использования технологий ИИ для автоматического выявления изменений по данным КТ. Они подчеркнули, что отклонения, выявленные с помощью ИИ, должен обязательно проверять врач-рентгенолог, что поможет минимизировать возможные ошибки и повысить доверие к этой технологии. В этом опросе принял участие 71 врач, при этом 74,6% из них осведомлены о концепции ИИ, тем не менее только 8,5% использовали его в своей практике и лишь 4,2% знакомы с оппортунистическим скринингом с помощью КТ. Для успешного внедрения технологий ИИ и оппортунистического скрининга с использованием КТ врачи подчёркивают необходимость дополнительного обучения и информационной поддержки [109].

Учитывая большой объём накопленных данных КТ, оппортунистический скрининг с применением технологий ИИ может способствовать раннему выявлению расширения аорты и аневризм среди населения[2] [97].

Одной из ключевых сфер применения ИИ является автоматизация обработки изображений КТ, которая предоставляет несколько значительных преимуществ. Во-первых, ИИ позволяет проводить ретроспективный анализ больших объёмов данных, что значительно ускоряет диагностический процесс. Во-вторых, он обеспечивает воспроизводимость и точность измерений, что снижает уровень неопределённости для медицинских экспертов. Таким образом, ИИ становится важным инструментом для рентгенологов, обеспечивая более точную и эффективную диагностику [110].

Эти результаты подчёркивают важность дальнейших исследований в области внедрения технологий ИИ в клиническую практику с целью диагностики заболеваний, особенно в ситуациях, требующих высокой точности и скорости анализа. Так, M. Mori и соавт. [111] проанализировали 5662 результата КТ органов грудной клетки и случайно выявили дилатацию аорты в 2,1% случаев, включая 3,2 и 0,9% у мужчин и женщин соответственно, преимущественно у пациентов старше 50 лет. Эти данные подтверждают необходимость проведения скрининга дилатации грудного отдела аорты и аневризмы у мужчин старше 50 лет. Тем не менее женщин также следует учитывать, поскольку среди пациенток, перенёсших операцию по причине аневризмы грудной аорты, наблюдают высокий уровень смертности. Кроме того, у них отмечают более быстрое её развитие и повышенный риск расслоения аорты по сравнению с мужчинами [112], что также

[2] Свидетельство о государственной регистрации базы данных № 2023621254/ 18.04.2023. Бюл. №. 4. Владзимирский А.В., Андрейченко А.Е., Соловьёв А.В., и др. MosMedData: КТ с отсутствием и наличием признаков расширения лёгочного ствола. Режим доступа: https://www.elibrary.ru/item.asp?edn=dbiddw Дата обращения: 12.05.2024.

продемонстрировано в исследовании K. Cheung и соавт. [113]. Полученные данные подтверждают целесообразность применения метода оппортунистического скрининга.

Точность измерений диаметра аорты является важным аспектом диагностики, однако она может значительно варьировать между различными рентгенологами. Это создаёт дополнительный риск получения ошибочных заключений. Так, N.S. Cayne и соавт. [114] выявили среднюю разницу в 4 мм при измерении максимального диаметра аорты по данным КТ. Именно поэтому для точной диагностики необходимо сравнивать идентичные изображения и проводить измерения лично [114, 115]. В свою очередь, Z. Sedghi Gamechi и соавт. [116] полагают, что измерять аорту вручную трудоёмко, а результат зависит от наблюдателя, поэтому автоматизированное сегментирование и анализ диаметра предпочтительны как в скрининге, так и в клинической практике. Автоматическая сегментация аорты при неконтрастной КТ сложна из-за отсутствия контраста между кровотоком и окружающими тканями, в отличие от КТ-ангиографии, где уже существуют автоматические решения. Однако в рамках Московского эксперимента с помощью ИИ можно выполнять разметку сосуда по данным, полученным при проведении КТ без контрастного усиления [102].

Кроме того, C.B. Monti и соавт. [117] оценили эффективность коммерческой платформы программных решений на основе ИИ [AI-Rad Companion® (Siemens Healthineers, Германия)] при анализе 250 снимков КТ грудной клетки (без контрастного усиления) и КТ-ангиографии при различных патологиях. Результаты показали, что система способна с высокой точностью измерять диаметр грудной аорты, при этом полученные значения сопоставимы с результатами, полученными врачами-экспертами. Анализ по методу Блэнда–Альтмана выявил отклонение в 1,5 мм между измерениями системы и врачей-экспертов. Несмотря на это небольшое отклонение, оно указывает на необходимость присутствия человека для проверки и интерпретации данных, чтобы обеспечить максимальную точность и надёжность медицинской диагностики.

Подтверждая вышеописанные выводы, I.I. Hamelink и соавт. [118] провели исследование с участием 240 пациентов и выявили, что автоматизированные измерения диаметра грудной аорты с помощью технологий ИИ по данным низкодозированной неконтрастной КТ сопоставимы с результатами ручной оценки. Анализ по методу Блэнда–Альтмана не выявил систематических ошибок, а среднее расхождение между измерениями составило около 2 мм.

Полученные результаты также подтверждены исследованием M. Pradella и соавт. [16]. Авторы отметили, что использование программы The DL-prototype AI-Rad Companion® (Siemens Healthineers, Германия) с технологиями ИИ на выборке изображений КТ грудной клетки с контрастированием и без него демонстрирует высокую точность в оценке диаметра грудной аорты. Согласно заключениям рентгенологов, система ИИ корректор определила наличие или отсутствие дилатации грудной аорты в 17 691 случае (97%), включая 452 ранее невыявленных случая дилатации, кроме того, результаты не зависели от использования контраста. Таким образом, ИИ помог обнаружить пропущенные дилатации в 2,6% случаев (452 из 17 691). Эти результаты подтверждают его ценность в качестве вспомогательного инструмента для повышения качества и эффективности рентгенологических описаний.

J. Kim и соавт. [119] рассмотрели использование модели глубокого обучения на базе архитектуры 3D U-Net для автоматической сегментации лёгочных артерий на снимках КТ. Данный подход позволил создать трёхмерные реконструкции и провести количественный анализ изменений структуры этих артерий при хронической тромбоэмболической лёгочной гипертензии и лёгочной артериальной гипертензии.

Кроме того, отмечено исследование, в котором осуществляли сегментацию сердца с сосудами, что позволяет проводить комплексную диагностику сердечно-сосудистой системы. Так, K. Dwivedi и соавт. [88] применяли ИИ для анализа сердца и крупных сосудов по данным КТ с целью фенотипирования лёгочной гипертензии. Авторы выявили, что модели, основанные на архитектуре U-Net, позволяют достигать значения коэффициента Дайса, приближающегося к 0,9, что соответствует или даже превосходит качество ручной сегментации, выполненной опытными радиологами. Данные методы не только упрощают процесс разметки, но и предоставляют возможность автоматически выявлять и оценивать различные патологии, связанные с лёгочной гипертензией, в том числе за счёт применения текстурному анализа и методов классификации, ориентированных на точное прогнозирование течения заболевания.

МОСКОВСКИЙ ЭКСПЕРИМЕНТ

С 2020 года в Москве реализуют крупнейшее в мире исследование по применению технологий ИИ для анализа медицинских изображений в рамках проекта по использованию инновационных технологий компьютерного зрения в системе здравоохранения города[2] [102, 103]. В 2022 году провели более 647 тыс. КТ грудной клетки, а в 2023 году — более 470 тыс. Эти данные предоставляют возможности для оппортунистического скрининга патологического расширения грудной аорты и лёгочного ствола [97].

Тем не менее систематический (организованный) скрининг аневризм и дилатаций грудной аорты отсутствует [111]. Пример работы системы ИИ в рамках Московского эксперимента продемонстрирован на рис. 2.

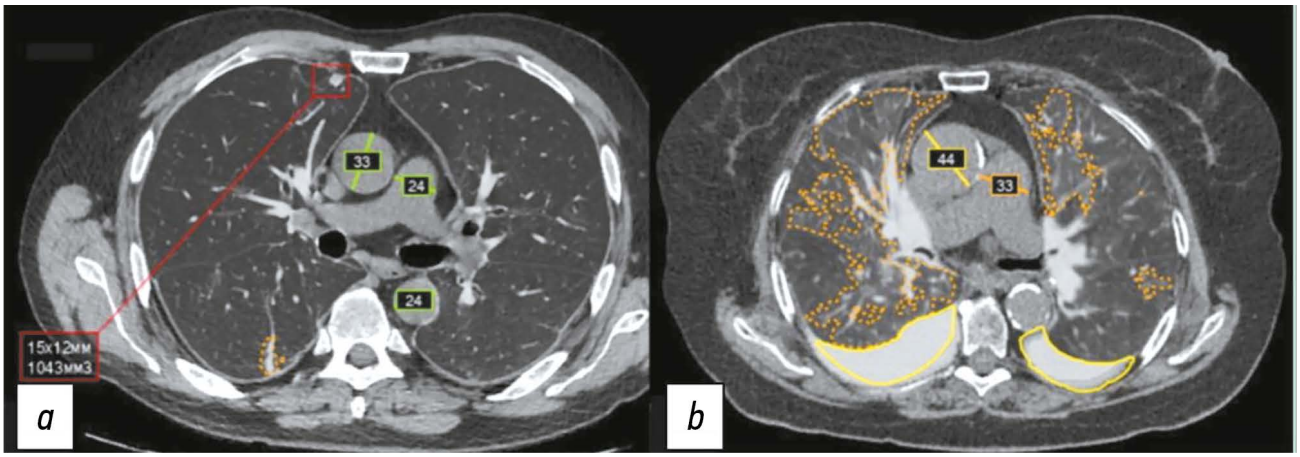

Рис. 2. Пример работы российского сервиса на основе искусственного интеллекта: *a* — зелёными (норма) линиями указан диаметр восходящего и нисходящего отдела грудной аорты, а также лёгочного ствола. В красном квадрате выделен (с указанием размера и объёма) лёгочный лимфатический узел; *b* — жёлтой линией (дилатация) указан диаметр восходящей аорты, оранжевой (патологическое расширение) — диаметр лёгочного ствола, отсутствие измерений нисходящей аорты свидетельствует о некорректной работе системы искусственного интеллекта. Оранжевым контуром выделено подозрение на уплотнение лёгочной ткани (пневмония), жёлтым контуром — гидроторакс.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Ранняя диагностика аневризм грудного отдела аорты и патологического расширения лёгочного ствола имеет решающее значение для предотвращения серьёзных осложнений. При отсутствии своевременного лечения такие состояния могут привести к расслоению или разрыву аорты, что нередко приводит к летальному исходу. Лёгочная гипертензия также представляет серьёзную угрозу: без адекватной терапии она прогрессирует до правожелудочковой сердечной недостаточности, сопровождающейся риском смерти вследствие тромбоэмболии, аритмии или отёка лёгких. Кроме того, дилатация грудной аорты и патологическое расширение лёгочного ствола являются ключевыми биомаркёрами, указывающими на наличие этих патологий. Раннее выявление таких предикторов позволяет начать лечение на стадиях, когда оно наиболее эффективно, тем самым снижая заболеваемость и смертность.

ИИ играет важную роль в повышении эффективности диагностических и мониторинговых мероприятий. Его применение способствует увеличению точности и воспроизводимости измерений, в том числе при динамическом наблюдении за пациентом, снижает вероятность ошибок, обусловленных человеческим фактором, и ускоряет обработку медицинских данных. ИИ обеспечивает более точный и объективный контроль за динамикой заболевания, что имеет ключевое значение для выбора оптимальной стратегии лечения.

Интеграция технологий ИИ в процесс диагностики в сочетании с применением оппортунистического скрининга значительно повышает точность и эффективность анализа изображений КТ, снижая нагрузку на врачей и уменьшая вероятность ошибок. Развитие и их интеграция в клиническую практику обладают значительным потенциалом для повышения качества диагностики и снижения смертности от ССЗ. Тем не менее некоторые эксперты подчёркивают необходимость обязательного контроля результатов работы ИИ со стороны врача.

ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ИНФОРМАЦИЯ

Вклад авторов. А.В. Соловьёв, А.В. Владзимирский — концепция работы, написание и редактирование текста рукописи; В.Е. Синицын — концепция работы, финальное редактирование текста рукописи; А.П. Памова — редактирование текста рукописи, консультативная поддержка. Все авторы одобрили рукопись (версию для публикации), а также согласились нести ответственность за все аспекты работы, гарантируя надлежащее рассмотрение и решение вопросов, связанных с точностью и добросовестностью любой её части.

Этическая экспертиза. Неприменимо.

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».

Раскрытие интересов. Авторы заявляют об отсутствии отношений, деятельности и интересов за последние три года, связанных с третьими лицами (коммерческими и некоммерческими), интересы которых могут быть затронуты содержанием статьи.

Оригинальность. При создании настоящей работы авторы не использовали ранее опубликованные сведения (текст, иллюстрации, данные).

Доступ к данным. Редакционная политика в отношении совместного использования данных к настоящей работе не применима.

Генеративный искусственный интеллект. При создании настоящей статьи технологии генеративного искусственного интеллекта не использовали.

Рассмотрение и рецензирование. Настоящая работа подана в журнал в инициативном порядке и рассмотрена по обычной процедуре. В рецензировании участвовали три внешних рецензента и научный редактор издания.

ADDITIONAL INFORMATION

Author contributions: A.V. Solovev, A.V. Vladzymyrskyy: conceptualization, writing—original draft, writing—review & editing; V.E. Sinitsyn: conceptualization, writing—review & editing (final revisions); A.P. Pamova: writing—review & editing, consultation support. All the authors approved the version of the manuscript to be published and agreed to be accountable for all aspects of the work, ensuring that questions related to the accuracy or integrity of any part of the work are appropriately investigated and resolved.
Ethics approval: Not applicable.
Funding sources: This article was part of the research project Opportunistic Screening for Socially Significant and Other Common Diseases (Unified State Information Accounting System No. 123031400009-1), in accordance with Order No. 1196 dated December 21, 2022, On Approval of State Assignments Funded by the Budget of the City of Moscow for State Budgetary (Autonomous) Institutions Under the Jurisdiction of the Moscow City Health Department for 2023 and the Planned Period of 2024–2025, issued by the Moscow City Health Department.
Disclosure of interests: The authors have no relationships, activities, or interests for the last three years related to for-profit or not-for-profit third parties whose interests may be affected by the content of the article.
Statement of originality: No previously published material (text, images, or data) was used in this work.
Data availability statement: The editorial policy regarding data sharing does not apply to this work.
Generative AI: No generative artificial intelligence technologies were used to prepare this article.
Provenance and peer review: This paper was submitted unsolicited and reviewed following the standard procedure. The peer review process involved three external reviewers and the in-house science editor.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ | REFERENCES

1. Wang X, Zhu H. Artificial intelligence in image-based cardiovascular disease analysis: a comprehensive survey and future outlook. *Journal of Latex Class Files.* 2024;14(8):1–22. doi: 10.48550/arXiv.2402.03394
2. Nagibina YuV, Zakharova LA. Life quality, medical and social characteristics of coronary heart disease patients. *Russian Journal of Cardiology.* 2017;22(3):155–159. doi: 10.15829/1560-4071-2017-3-155-159 EDN: YHOFDL
3. Czerny M, Grabenwöger M, Berger T, et al. EACTS/STS guidelines for diagnosing and treating acute and chronic syndromes of the aortic organ. *The Annals of Thoracic Surgery.* 2024;118(1):5–115. doi: 10.1016/j.athoracsur.2024.01.021 EDN: XLPIEC
4. Chernina VYu, Blohin IA, Nikolaev AE, et al. *Tactics of incidentaloma management. Section 3. Thyroid gland, pituitary gland, vessels and mediastinum: methodical recommendations.* Moscow: Research and Practical Clinical Center for Diagnostics and Telemedicine Technologies; 2019. (In Russ.) [cited 2024 May 12]. Available from: https://niioz.ru/upload/iblock/62c/62ceeb66d4528c831ddf40ea3f918d01.pdf
5. Erbel R, Aboyans V, Boileau C, et al.; ESC Committee for Practice Guidelines. 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. *Eur. Heart J.* 2014;35(41):2873–2926. doi: 10.1093/eurheartj/ehu281
6. 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. *Semin. Thorac. Cardiovasc. Surg.* 2022;34(1):1–16. doi: 10.1053/j.semtcvs.2021.02.029
7. Abugov SA, Averina TB, Akchurin RS, et al. 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
8. Galiè N, Humbert M, Vachiery JL, et al. 2015 ESC/ERS Guidelines for the diagnosis and treatment of pulmonary hypertension. *European Respiratory Journal.* 2015;46(4):903–975. doi: 10.1183/13993003.01032-2015 EDN: XYRISJ
9. Humbert M, Kovacs G, Hoeper MM, et al; the ESC/ERS scientific document group. 2022 ESC/ERS Guidelines for the diagnosis and treatment of pulmonary hypertension. *European Respiratory Journal.* 2022;61(1):2200879. doi: 10.1183/13993003.00879-2022 EDN: DMBOSS
10. Chazova IE, Martynyuk TV, Valieva ZS, et al. Eurasian clinical guidelines on diagnosis and treatment of pulmonary hypertension. *Eurasian heart journal.* 2020;(1):78–122. doi: 10.38109/2225-1685-2020-1-78-122 EDN: YOTXVT
11. 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. *Global Heart.* 2014;9(1):171–180. doi: 10.1016/j.gheart.2013.12.010 EDN: SPJFQB
12. Sampson UKA, Norman PE, Fowkes FGR, et al. Estimation of global and regional incidence and prevalence of abdominal aortic aneurysms 1990 to 2010. *Global Heart.* 2014;9(1):159–170. doi: 10.1016/j.gheart.2013.12.009 EDN: SPKAKV
13. Krafcik BM, Stone DH, Cai M, et al. Changes in global mortality from aortic aneurysm. *Journal of Vascular Surgery.* 2024;80(1):81–88.e1. doi: 10.1016/j.jvs.2024.02.025 EDN: ZUUPKL
14. Irtyuga 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. *Almazov Federal Heart, Blood And Endocrinology Centre Bulletin.* 2011;(5):73–78. EDN: OWGHOB
15. Kuznechevsky F.V., Osipov A.Kh., Evsikov E.M., Abramov I.S., Otarova S.M. 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
16. Pradella M, Achermann R, Sperl JI, et al. Performance of a deep learning tool to detect missed aortic dilatation in a large chest CT cohort. *Frontiers in Cardiovascular Medicine.* 2022;9:972512. doi: 10.3389/fcvm.2022.972512 EDN: NWYDJQ
17. Lavall D, Schäfers HJ, Böhm M, Laufs U. Aneurysms of the ascending aorta. *Deutsches Ärzteblatt international.* 2012;109(13):227–233. doi: 10.3238/arztebl.2012.0227
18. Elefteriades JA. Natural history of thoracic aortic aneurysms: indications for surgery, and surgical versus nonsurgical risks. *The Annals of Thoracic Surgery.* 2002;74(5):S1877–S1880. doi: 10.1016/S0003-4975(02)04147-4
19. Wong RHL, Yang F, Fujikawa T, et al. Pocket-size mobile echocardiographic screening of thoracic aortic aneurysms in hypertensive patients. *The Annals of Thoracic Surgery.* 2021;111(5):1554–1559. doi: 10.1016/j.athoracsur.2020.07.018 EDN: IRQRDZ
20. Lum RTW, Ho JYK, Chow SCY, et al. Screening for thoracic aortic aneurysm. *Journal of the Hong Kong College of Cardiology.* 2024;31(4). doi: 10.55503/2790-6744.1538 EDN: YKXGBT
21. McClure RS, Brogly SB, Lajkosz K, et al. Epidemiology and management of thoracic aortic dissections and thoracic aortic aneurysms in Ontario, Canada: A population-based study. *The Journal of Thoracic and Cardiovascular Surgery.* 2018;155(6):2254–2264.e4. doi: 10.1016/j.jtcvs.2017.11.105
22. Olsson C, Thelin S, Ståhle E, et al. Thoracic aortic aneurysm and dissection. *Circulation.* 2006;114(24):2611–2618. doi: 10.1161/CIRCULATIONAHA.106.630400
23. Cho IJ, 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 Circulation Journal. 2014;44(3):162–169. doi: 10.4070/kcj.2014.44.3.162
24. Kato K, Oguri M, Kato N, et al. Assessment of genetic risk factors for thoracic aortic aneurysm in hypertensive patients. *American Journal of Hypertension.* 2008;21(9):1023–1027. doi: 10.1038/ajh.2008.229

25. Mehrabi Nasab E, Athari SS. The prevalence of thoracic aorta aneurysm as an important cardiovascular disease in the general population. *Journal of Cardiothoracic Surgery.* 2022;17(1):1–6. doi: 10.1186/s13019-022-01767-0 EDN: QOWOWT
26. Vandroux D, Aboyans V, Houehanou YC, et al; TAHES study investigators. Normal values of proximal aorta diameters in healthy Sub Saharan Africans: The TAHES study. *Echocardiography.* 2022;39(4):576–583. doi: 10.1111/echo.15331 EDN: TGBSWV
27. Clouse WD, Hallett, Jr JW, Schaff HV, et al. Improved prognosis of thoracic aortic aneurysms. *JAMA.* 1998;280(22):1926–1929. doi: 10.1001/jama.280.22.1926
28. Elefteriades JA. Thoracic aortic aneurysm: reading ttable he enemy's playbook. *World Journal of Surgery.* 2008;32(3):366–374. doi: 10.1007/s00268-007-9398-3 EDN: EAAZYC
29. Miller WT. Thoracic aortic aneurysms: plain film findings. *Seminars in Roentgenology.* 2001;36(4):288–294. doi: 10.1053/sroe.2001.26937
30. von Kodolitsch Y, Nienaber CA, Dieckmann C, et al. Chest radiography for the diagnosis of acute aortic syndrome. *The American Journal of Medicine.* 2004;116(2):73–77. doi: 10.1016/j.amjmed.2003.08.030
31. Flachskampf FA, Badano L, Daniel WG, et al; for the European Association of Echocardiography; endorsed by the Echo Committee of the European Association of Cardiothoracic Anaesthesiologists. Recommendations for transoesophageal echocardiography: update 2010. *European Journal of Echocardiography.* 2010;11(7):557–576. doi: 10.1093/ejechocard/jeq057
32. le Polain de Waroux JB, Pouleur AC, Goffinet C, et al. Functional anatomy of aortic regurgitation: accuracy, prediction of surgical repairability, and outcome implications of transesophageal echocardiography. *Circulation.* 2007;116(Suppl. 11):I264–I269. doi: 10.1161/CIRCULATIONAHA.106.680074
33. Kallianos KG, Burris NS. Imaging thoracic aortic aneurysm. *Radiologic Clinics of North America.* 2020;58(4):721–731. doi: 10.1016/j.rcl.2020.02.009 EDN: CAUYQG
34. Lau C, Feldman DN, Girardi LN, Kim LK. Imaging for surveillance and operative management for endovascular aortic aneurysm repairs. *Journal of Thoracic Disease.* 2017;9(S4):S309–S316. doi: 10.21037/jtd.2017.03.89
35. Chiu KWH, Ling L, Tripathi V, et al. Ultrasound measurement for abdominal aortic aneurysm screening: a direct comparison of the three leading methods. *European Journal of Vascular and Endovascular Surgery.* 2014;47(4):367–373. doi: 10.1016/j.ejvs.2013.12.026
36. Manning BJ, Kristmundsson T, Sonesson B, Resch T. Abdominal aortic aneurysm diameter: a comparison of ultrasound measurements with those from standard and three-dimensional computed tomography reconstruction. *Journal of Vascular Surgery.* 2009;50(2):263–268. doi: 10.1016/j.jvs.2009.02.243
37. Lansac E, Di Centa I, Raoux F, et al. A lesional classification to standardize surgical management of aortic insufficiency towards valve repair. *European Journal of Cardio-Thoracic Surgery.* 2008;33(5):872–878. doi: 10.1016/j.ejcts.2007.12.033
38. Rybakova MK, Alehin MN, Mitkov VV. *Practical guide to ultrasound diagnostics. Echocardiography.* Moscow: Vidar-M; 2008. (In Russ.) ISBN: 978-5-88429-118-8 [cited 2024 May 12]. Available from: http://vidar.ru/BookImg/001-020_Rybakova.pdf
39. Roelandt JR, Bruining N, Bom N. Perspectives in cardiac ultrasound. *Przeglad Lekarski.* 2002;59(8):557–561.
40. Gavrilenkov VI, Kuznecov AA, Perlej VE, et al. Echocardiographic assessment of normal aortic valve biomechanics. *Ultrasound And Functional Diagnostics.* 2003;(2):89–96. (In Russ.)
41. Claridge R, Arnold S, Morrison N, van Rij AM. Measuring abdominal aortic diameters in routine abdominal computed tomography scans and implications for abdominal aortic aneurysm screening. *Journal of Vascular Surgery.* 2017;65(6):1637–1642. doi: 10.1016/j.jvs.2016.11.044
42. Hall T, Shah P, Wahi S. The role of transesophageal echocardiography in aortic valve preserving procedures. *Indian Heart Journal.* 2014;66(3):327–333. doi: 10.1016/j.ihj.2014.05.001
43. Downing SW, Sperling JS, Mirvis SE, et al. Experience with spiral computed tomography as the sole diagnostic method for traumatic aortic rupture. *The Annals of Thoracic Surgery.* 2001;72(2):495–502. doi: 10.1016/S0003-4975(01)02827-2
44. Rémy-Jardin M, Bonnel F, Masson P, et al. Outil optimal de dépistage en pathologie thoracique: radiographie ou scanner? *J Radiol.* 2001;82(9 Pt 2):1108–1118. (In French)
45. Ellis JD, Mayo JR. Computed tomography evaluation of traumatic rupture of the thoracic aorta: an outcome study. *Can Assoc Radiol J.* 2007;58(1):22–26.
46. Szymczyk K, Polguj M, Szymczyk E, et al. Assessment of aortic valve in regard to its anatomical variants morphology in 2053 patients using 64-slice CT retrospective coronary angiography. *BMC Cardiovascular Disorders.* 2016;16(1):1–9. doi: 10.1186/s12872-016-0261-z EDN: RPMNFG
47. Lee HY, Kim SM, Lee KS, et al. Quantification of Aortic Valve Calcifications Detected During Lung Cancer-Screening CT Helps Stratify Subjects Necessitating Echocardiography for Aortic Stenosis Diagnosis. *Medicine.* 2016;95(19):e3710. doi: 10.1097/MD.0000000000003710
48. Belov YuV, Kertes MI, Bogopolskaya OM, et al. Strategy and tactics of instrumental examination of patients with thoracic and thoracoabdominal aortic aneurysm. Angiology and Vascular Surgery. *Journal Named After Academician A.V. Pokrovsky.* 2005;11(4):33–51. EDN: PFRPXT
49. Tops LF, Wood DA, Delgado V, et al. Noninvasive evaluation of the aortic root with multislice computed tomography. *JACC: Cardiovascular Imaging.* 2008;1(3):321–330. doi: 10.1016/j.jcmg.2007.12.006
50. Weinreb JC, Rodby RA, Yee J, et al. Use of intravenous gadolinium-based contrast media in patients with kidney disease: consensus statements from the American College of Radiology and the National Kidney Foundation. *Radiology.* 2021;298(1):28–35. doi: 10.1148/radiol.2020202903 EDN: WZBRMI
51. Hagan PG, Nienaber CA, Isselbacher EM, et al. The International Registry of Acute Aortic Dissection (IRAD). *JAMA.* 2000;283(7):897–903. doi: 10.1001/jama.283.7.897
52. Bokeria LA, Malashenkov AL, Makarenko VN, et al. Spiral computed tomographyin aortic aneurysm diagnostics. *Annals of the Russian Academy of Medical Sciences.* 2005;(4):25–31. EDN: HRXFHZ
53. Prozorov SA, Belozerov GE, Dubrov EYa, et al. diagnostic radiology of multiple aortic aneurysms. *Medical Visualization.* 2005;(3):83–87. EDN: TGLBBB
54. Sommer T, Fehske W, Holzknecht N, et al. Aortic dissection: a comparative study of diagnosis with spiral CT, multiplanar transesophageal echocardiography, and MR imaging. *Radiology.* 1996;199(2):347–352. doi: 10.1148/radiology.199.2.8668776
55. Kapustin AJ, Litt HI. Diagnostic imaging for aortic dissection. *Seminars in Thoracic and Cardiovascular Surgery.* 2005;17(3):214–223. doi: 10.1053/j.semtcvs.2005.06.006
56. Tsai TT, Nienaber CA, Eagle KA. Acute aortic syndromes. *Circulation.* 2005;112(24):3802–3813. doi: 10.1161/CIRCULATIONAHA.105.534198
57. Cigarroa JE, Isselbacher EM, DeSanctis RW, Eagle KA. Diagnostic imaging in the evaluation of suspected aortic dissection — old standards and new directions. *New England Journal of Medicine.* 1993;328(1):35–43. doi: 10.1056/NEJM199301073280107
58. Tyutin LA, Yakovleva EK. Magnetic resonance angiography: development stages, diagnostic potential and limitations. *Medical Visualization.* 2013;(2):29–40. EDN: RBJGKL
59. François CJ, Carr JC. MRI of the thoracic aorta. *Magnetic Resonance Imaging Clinics Of North America.* 2007;15(4):639–651. doi: 10.1016/j.mric.2007.08.011
60. Nienaber CA. The role of imaging in acute aortic syndromes. *European Heart Journal — Cardiovascular Imaging.* 2012;14(1):15–23. doi: 10.1093/ehjci/jes215
61. Litmanovich D, Bankier AA, Cantin L, et al. CT and MRI in Diseases of the Aorta. *American Journal of Roentgenology.* 2009;193(4):928–940. doi: 10.2214/AJR.08.2166
62. Barker AJ, Markl M, Bürk J, et al. Bicuspid Aortic Valve Is Associated With Altered Wall Shear Stress in the Ascending Aorta. *Circulation: Cardiovascular Imaging.* 2012;5(4):457–466. doi: 10.1161/CIRCIMAGING.112.973370
63. Blockmans D, Ceuninck L, Vanderschueren S, et al. Repetitive 18F-fluorodeoxyglucose positron emission tomography in giant cell arteritis: a prospective study of 35 patients. *Arthritis Care & Research.* 2006;55(1):131–137. doi: 10.1002/art.21699

64. Walter MA, Melzer RA, Schindler C, et al. The value of [18F]FDG-PET in the diagnosis of large-vessel vasculitis and the assessment of activity and extent of disease. *European Journal of Nuclear Medicine and Molecular Imaging.* 2005;32(6):674–681. doi: 10.1007/s00259-004-1757-9 EDN: QAVZJE
65. Kuehl H, Eggebrecht H, Boes T, et al. Detection of inflammation in patients with acute aortic syndrome: comparison of FDG-PET/CT imaging and serological markers of inflammation. *Heart.* 2008;94(11):1472–1477. doi: 10.1136/hrt.2007.127282
66. Tokuda Y, Oshima H, Araki Y, et al. Detection of thoracic aortic prosthetic graft infection with 18F-fluorodeoxyglucose positron emission tomography/computed tomography. *European Journal of Cardio-Thoracic Surgery.* 2013;43(6):1183–1187. doi: 10.1093/ejcts/ezs693
67. Fiorucci B, Banafsche R, Jerkku T, et al. Das thorakale Aortenaneurysma — Diagnostik und Behandlungsstrategien. *Deutsche medizinische Wochenschrift (1946).* 2019;144(3):146–151. (In German) doi: 10.1055/a-0648-0207
68. Feldman L. Digital Subtraction Angiography of the Chest. *Clinics in Chest Medicine.* 1984;5(2):313–328. doi: 10.1016/S0272-5231(21)00254-9
69. Rauber K, Kollath J. Die Diagnose der Aortenruptur durch digitale Subtraktionsangiographie (DSA). *RoFo: Fortschritte auf dem Gebiete der Rontgenstrahlen und der Nuklearmedizin.* 1983;139(2):167–170. (In German) doi: 10.1055/s-2008-1055864
70. Lambelin M, Janssens L, Haenen L. Iatrogenic ascending aorta dissection during diagnostic coronary angiography: rare but life-threatening. *Case Reports in Cardiology.* 2014;2014:1–3. doi: 10.1155/2014/809398
71. Carpenter SW, Kodolitsch YV, Debus ES, et al. Acute aortic syndromes: definition, prognosis and treatment options. *The Journal of Cardiovascular Surgery.* 2014;55(2 Suppl 1):133–144.
72. Hannuksela M, Lundqvist S, Carlberg B. Thoracic aorta — dilated or not? *Scandinavian Cardiovascular Journal.* 2006;40(3):175–178. doi: 10.1080/14017430600565999
73. Davies RR, Gallo A, Coady MA, et al. Novel measurement of relative aortic size predicts rupture of thoracic aortic aneurysms. *The Annals of Thoracic Surgery.* 2006;81(1):169–177. doi: 10.1016/j.athoracsur.2005.06.026
74. Girardi LN, Lau C, Gambardella I. Aortic dimensions as predictors of adverse events. *The Journal of Thoracic and Cardiovascular Surgery.* 2021;161(4):1193–1197. doi: 10.1016/j.jtcvs.2020.06.137 EDN: GNERDK
75. Hoeper MM, Humbert M, Souza R, et al. A global view of pulmonary hypertension. *The Lancet Respiratory Medicine.* 2016;4(4):306–322. doi: 10.1016/S2213-2600(15)00543-3 EDN: WUFYUX
76. Naing P, Kangaharan N, Scalia GM, et al. Pulmonary hypertension in remote and disadvantaged population: overcoming unique challenges for improved outcomes. *Internal Medicine Journal.* 2022;53(1):12–20. doi: 10.1111/imj.15860 EDN: YNYRXI
77. Martynjuk TV. *Pulmonary hypertension: diagnosis and treatment.* Moscow: Publishing House "Medical Information Agency"; 2018. (In Russ.) EDN: UXDPPX
78. 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. doi: 10.17816/DD76726 EDN: VTMKCJ
79. Chuchalin A, Khaltaev N, Antonov N, et al. Chronic respiratory diseases and risk factors in 12 regions of the Russian Federation. *International Journal of Chronic Obstructive Pulmonary Disease.* 2014;9:963–974. doi: 10.2147/COPD.S67283 EDN: UEYOFH
80. Avdeev SN, Ajsanov ZR, Belevskij AS, et al; Russian Respiratory Society. *Clinical guidelines: chronic obstructive pulmonary disease.* 2nd ed, revised and supplemented. Moscow: Atmosfera; 2007. (In Russ.) EDN: QLPFTN
81. Galiè N, Simonneau G. The fifth world symposium on pulmonary hypertension. *Journal of the American College of Cardiology.* 2013;62(25):D1–D3. doi: 10.1016/j.jacc.2013.10.030 EDN: YEGEFV
82. Badesch DB, Raskob GE, Elliott CG, et al. Pulmonary arterial hypertension. *Chest.* 2010;137(2):376–387. doi: 10.1378/chest.09-1140
83. Hoeper MM, Bogaard HJ, Condliffe R, et al. Definitions and diagnosis of pulmonary hypertension. *Journal of the American College of Cardiology.* 2013;62(25):D42–D50. doi: 10.1016/j.jacc.2013.10.032
84. Brown LM, Chen H, Halpern S, et al. Delay in recognition of pulmonary arterial hypertension. *Chest.* 2011;140(1):19–26. doi: 10.1378/chest.10-1166
85. Tonelli AR, Ascha M, Renapurkar RD. A review of imaging modalities in pulmonary hypertension. *Annals of Thoracic Medicine.* 2017;12(2):61–73. doi: 10.4103/1817-1737.203742 EDN: YDBKBN
86. Avdeev SN, Barbarash OL, Valieva ZS, et al. 2024 Clinical practice guidelines for Pulmonary hypertension, including chronic thromboembolic pulmonary hypertension. *Russian Journal of Cardiology.* 2024;29(11):170–250. doi: 10.15829/1560-4071-2024-6161 EDN: MYEOVA
87. Zouk AN, Gulati S, Xing D, et al. Pulmonary artery enlargement is associated with pulmonary hypertension and decreased survival in severe cystic fibrosis: a cohort study. *PLOS ONE.* 2020;15(2):e0229173. doi: 10.1371/journal.pone.0229173 EDN: FJNDMS
88. Dwivedi K, Sharkey M, Condliffe R, et al. Pulmonary hypertension in association with lung disease: quantitative CT and artificial intelligence to the rescue? State-of-the-Art Review. *Diagnostics.* 2021;11(4):679. doi: 10.3390/diagnostics11040679 EDN: QCTQAF
89. Truong QA, Massaro JM, Rogers IS, et al. Reference values for normal pulmonary artery dimensions by noncontrast cardiac computed tomography. *Circulation: Cardiovascular Imaging.* 2012;5(1):147–154. doi: 10.1161/CIRCIMAGING.111.968610
90. Lewis G, Hoey ET, Reynolds JH, et al. Multi-detector CT assessment in pulmonary hypertension: techniques, systematic approach to interpretation and key findings. *Quantitative imaging in Medicine and Surgery.* 2015;5(3):423–432. doi: 10.3978/j.issn.2223-4292.2015.01.05
91. Nakanishi R, Rana JS, Shalev A, et al. mortality risk as a function of the ratio of pulmonary trunk to ascending aorta diameter in patients with suspected coronary artery disease. *The American Journal of Cardiology.* 2013;111(9):1259–1263. doi: 10.1016/j.amjcard.2013.01.266
92. Lee SH, Kim YJ, Lee HJ, et al. Comparison of CT-determined pulmonary artery diameter, aortic diameter, and their ratio in healthy and diverse clinical conditions. *PLOS ONE.* 2015;10(5):e0126646. doi: 10.1371/journal.pone.0126646
93. Raju SN, Pandey NN, Sharma A, et al. Pulmonary Arterial Dilatation: Imaging Evaluation Using Multidetector Computed Tomography. *Indian Journal of Radiology and Imaging.* 2021;31(2):409–420. doi: 10.1055/s-0041-1734225 EDN: NEUMWO
94. Spagnolo P, Cozzi A, Foà RA, et al. CT-derived pulmonary vascular metrics and clinical outcome in COVID-19 patients. *Quantitative Imaging in Medicine and Surgery.* 2020;10(6):1325–1333. doi: 10.21037/QIMS-20-546 EDN: WIOGYX
95. Markl M, Hope MD. 4D flow imaging—state of the art. *Annals of Cardiothoracic Surgery.* 2022;11(4):468–469. doi: 10.21037/acs-2021-bav-15 EDN: YIIRBV
96. Law M. "Opportunistic" screening. *Journal of Medical Screening.* 1994;1(4):208. doi: 10.1177/096914139400100403
97. 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. doi: 10.17816/DD569388 EDN: CZNZYP
98. Vasan RS. Biomarkers of cardiovascular disease. *Circulation.* 2006;113(19):2335–2362. doi: 10.1161/CIRCULATIONAHA.104.482570 EDN: MFJKKD
99. Urbanowicz T, Rajewska-Tabor J, Olasińska-Wiśniewska A, et al. Demographical and clinical factors predictive for aortic dilatation. When should we be concerned about the size? *Reviews in Cardiovascular Medicine.* 2024;25(5):150. doi: 10.31083/j.rcm2505150 EDN: DIDZNL
100. Mintz Y, Brodie R. Introduction to artificial intelligence in medicine. *Minimally Invasive Therapy & Allied Technologies.* 2019;28(2):73–81. doi: 10.1080/13645706.2019.1575882 EDN: EWABMW
101. Goncharov M, Pisov M, Shevtsov A, et al. CT-Based COVID-19 triage: deep multitask learning improves joint identification and severity quantification. *Medical Image Analysis.* 2021;71:102054. doi: 10.1016/j.media.2021.102054 EDN: RAHCWT
102. Vladzymyrsky AV, Vasilev YuA, Arzamasov KM, et al. *Computer vision in radiation diagnostics: the first stage of the Moscow experiment.* 2nd ed. Moscow: Izdatel'skie resheniya; 2023 (In Russ.) ISBN: 978-5-0059-3043-9 EDN: FOYLXK

103. Vasilev YA, Bobrovskaya TM, Arzamasov KM, et al. Medical datasets for machine learning: fundamental principles of standartization and systematization. *Manager Zdravookhranenia.* 2023;(4):28–41. doi: 10.21045/1811-0185-2023-4-28-41 EDN: EPGAMD
104. Petraikin AV, Artyukova ZR, Nisovtsova LA, et al. Analysis of the effectiveness of implementing screening of osteoporosis. *Manager Zdravoochranenia.* 2021;(2):31–39. doi: 10.21045/1811-0185-2021-2-31-39 EDN: AVDSIW
105. Mets OM, de Jong PA, Prokop M. Computed tomographic screening for lung cancer. *JAMA.* 2012;308(14):1433–1434. doi: 10.1001/jama.2012.12656
106. Patel K, Zafar MA, Ziganshin BA, Elefteriades JA. Diabetes mellitus: is it protective against aneurysm? A narrative review. *Cardiology.* 2018;141(2):107–122. doi: 10.1159/000490373 EDN: IODHHA
107. Song L, Zhao S, Wang L, et al. Cardiovascular changes in patients with COVID-19 from Wuhan, China. *Frontiers in Cardiovascular Medicine.* 2020;7:566484. doi: 10.3389/fcvm.2020.00150 EDN: UNZBRV
108. Ostberg N, Zafar M, Ziganshin B, Elefteriades J. The genetics of thoracic aortic aneurysms and dissection: a clinical perspective. *Biomolecules.* 2020;10(2):182. doi: 10.3390/biom10020182 EDN: XHXLLH
109. Eltorai AEM, McKinney SE, Rockenbach MABC, et al. Primary care provider perspectives on the value of opportunistic CT screening. *Clinical Imaging.* 2024;112:110210. doi: 10.1016/j.clinimag.2024.110210 EDN: MZTJJQ
110. Kodenko MR, Vasilev YA, Vladzymyrskyy AV, et al. Diagnostic accuracy of AI for opportunistic screening of abdominal aortic aneurysm in CT: a systematic review and narrative synthesis. *Diagnostics.* 2022;12(12):3197. doi: 10.3390/diagnostics12123197 EDN: ERWYPX
111. Mori M, Bin Mahmood SU, Yousef S, et al. Prevalence of incidentally identified thoracic aortic dilations: insights for screening criteria. *Canadian Journal of Cardiology.* 2019;35(7):892–898. doi: 10.1016/j.cjca.2019.03.023 EDN: PLXTIZ
112. Jiang H, Xu H, Xu Z. Sex-related differences in outcome of thoracic aortic surgery. *Journal of Cardiothoracic Surgery.* 2024;19(1):1–7. doi: 10.1186/s13019-024-02735-6 EDN: RRSAZK
113. Cheung K, Boodhwani M, Chan KL, et al. Thoracic aortic aneurysm growth: role of sex and aneurysm etiology. *Journal of the American Heart Association.* 2017;6(2):e003792. doi: 10.1161/JAHA.116.003792
114. Cayne NS, Veith FJ, Lipsitz EC, et al. Variability of maximal aortic aneurysm diameter measurements on CT scan: significance and methods to minimize. *Journal of Vascular Surgery.* 2004;39(4):811–815. doi: 10.1016/j.jvs.2003.11.042
115. Isselbacher EM. Thoracic and abdominal aortic aneurysms. *Circulation.* 2005;111(6):816–828. doi: 10.1161/01.CIR.0000154569.08857.7A
116. Sedghi Gamechi Z, Bons LR, Giordano M, et al. Automated 3D segmentation and diameter measurement of the thoracic aorta on non-contrast enhanced CT. *European Radiology.* 2019;29(9):4613–4623. doi: 10.1007/s00330-018-5931-z EDN: TKMBPK
117. Monti CB, van Assen M, Stillman AE, et al. Evaluating the performance of a convolutional neural network algorithm for measuring thoracic aortic diameters in a heterogeneous population. *Radiology: Artificial Intelligence.* 2022;4(2):e210196. doi: 10.1148/ryai.210196 EDN: TJLGGM
118. Hamelink II, de Heide EEJ, Pelgrim GJGJ, et al. Validation of an AI-based algorithm for measurement of the thoracic aortic diameter in low-dose chest CT. *European Journal of Radiology.* 2023;167:111067. doi: 10.1016/j.ejrad.2023.111067
119. Kim J, Gupta D, LeComte M, et al. Abstract 17842: 3D visualization and quantitative assessment of the pulmonary arteries on CT using deep learning segmentation. *Circulation.* 2023;148(Suppl. 1). doi: 10.1161/circ.148.suppl_1.17842 EDN: WREUEP

ОБ АВТОРАХ

*** Соловьёв Александр Владимирович;**
адрес: Россия, 127051, Москва, ул. Петровка, д. 24, стр. 1;
ORCID: 0000-0003-4485-2638;
eLibrary SPIN: 9654-4005;
e-mail: atlantis.92@mail.ru

Синицын Валентин Евгеньевич, д-р мед. наук, профессор;
ORCID: 0000-0002-5649-2193;
eLibrary SPIN: 8449-6590;
e-mail: vsini@mail.ru

Владзимирский Антон Вячеславович, д-р мед. наук;
ORCID: 0000-0002-2990-7736;
eLibrary SPIN: 3602-7120;
e-mail: VladzimirskijAV@zdrav.mos.ru

Памова Анастасия Петровна, канд. мед. наук;
ORCID: 0000-0002-0041-3281;
eLibrary SPIN: 5146-4355;
e-mail: PamovaAP@zdrav.mos.ru

AUTHORS' INFO

*** Alexander V. Solovev,** MD;
address: 24 Petrovka st, bldg 1, Moscow, Russia, 127051;
ORCID: 0000-0003-4485-2638;
eLibrary SPIN: 9654-4005;
e-mail: atlantis.92@mail.ru

Valentin E. Sinitsyn, MD, Dr. Sci. (Medicine), Professor;
ORCID: 0000-0002-5649-2193;
eLibrary SPIN: 8449-6590;
e-mail: vsini@mail.ru

Anton V. Vladzymyrskyy, MD, Dr. Sci. (Medicine);
ORCID: 0000-0002-2990-7736;
eLibrary SPIN: 3602-7120;
e-mail: VladzimirskijAV@zdrav.mos.ru

Anastasia P. Pamova, MD, Cand. Sci. (Medicine);
ORCID: 0000-0002-0041-3281;
eLibrary SPIN: 5146-4355;
e-mail: PamovaAP@zdrav.mos.ru

* Автор, ответственный за переписку / Corresponding author