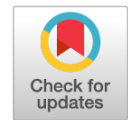


DOI: <https://doi.org/10.17816/DD569388>

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>

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>

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

论证

世界卫生组织指出,心血管疾病及相关病症是导致死亡的主要原因之一[1]。其中包括被称为“无声杀手”的主动脉瘤。它们通常在无症状的情况下形成,可导致血管夹层或破裂,94%-100%的病例会导致患者死亡[2, 3]。有关胸主动脉瘤发病率统计分析的研究非常少[4]。在俄罗斯,根据各种数据,升主动脉瘤的发病率为0.16-1.06%。值得注意的是,俄罗斯上一次对胸主动脉瘤发病率进行大规模流行病学研究是在大约40年前[5],这证实了新研究的相关性。

根据以O.M. Filatov命名的第15市临床医院(莫斯科)在十年间进行的尸检结果,有0.8%的病例证实死因是胸主动脉瘤,其中只有11%的病例在死前曾怀疑有动脉瘤[4]。在美国,主动脉瘤在心血管疾病死亡率结构中排名第17位。在美国,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每10万人1.6例[6]。在瑞典,胸主动脉瘤和夹层的发生率高达每10万人16.3例[7]。根据耶鲁大学的数据,在已报告的病例中,动脉瘤破裂的年发生率高达3.6%,夹层的发生率高达3.7%[8]。

使用胸部计算机断层扫描(CT)筛查肺部恶性肿瘤时,在50岁以上的患者中发现胸主动脉病理性扩张的频率高达8.1%[9, 10]。

机会性筛查是一种对定向研究进行前瞻性和回顾性分析的方法,可发现定向研究以外的其他病理和风险因素。这种方法避免重复研究,有助于减轻患者的辐射负担[11]。

2022年,莫斯科进行了超过584千次胸部CT检查,未使用造影剂。这样的检查量代表了对各种病症进行机会性检测的潜力,包括胸主动脉扩张(增宽、动脉瘤)这一危及生命的病症[12]。

世界上规模最大的关于人工智能技术应用效果和质量评估的研究,即《使用创新计算机视觉技术进行医学图像分析并进一步应用于莫斯科市医疗系统的实验》(以下简称“莫斯科实验”),自2020年起在莫斯科进行[13]。作为“莫斯科实验”的一部分,人工智能技术在莫斯科市卫生局《诊断和远程医疗技术科学实践临床中心》专家的监督下以测试模式使用。这一过程包括对系统质量的持续评估和对其功能的调整,对准确性指标进行计算,确定响应误差和其他特征。因此,为回顾性研究以及放射科医生在初级分析期间处理放射学数据创造了条件。

目的

评估人工智能技术在利用胸部CT数据检测胸主动脉瘤方面的有效性,并分析将人工智能技术用作放射科医生医疗决策支持系统的可能性,以便对放射检查进行初步描述。

材料和方法

研究设计

该研究对自动化莫斯科统一医疗信息系统的统一放射信息服务“统一医疗信息分析系统”(EMIAS)在2022年6月1日至2022年11月30日期间通过人工智能技术处理的84405份胸部CT结果进行了回顾性分析。研究设计见图1。从总计84405名18岁以上患者样本中,使用这些人工智能技术筛选出86名疑似胸主动脉瘤且最大直径超过50mm的患者(由莫斯科N.V. Sklifosovsky紧急医学研究所的血管外科医生进行筛选)。

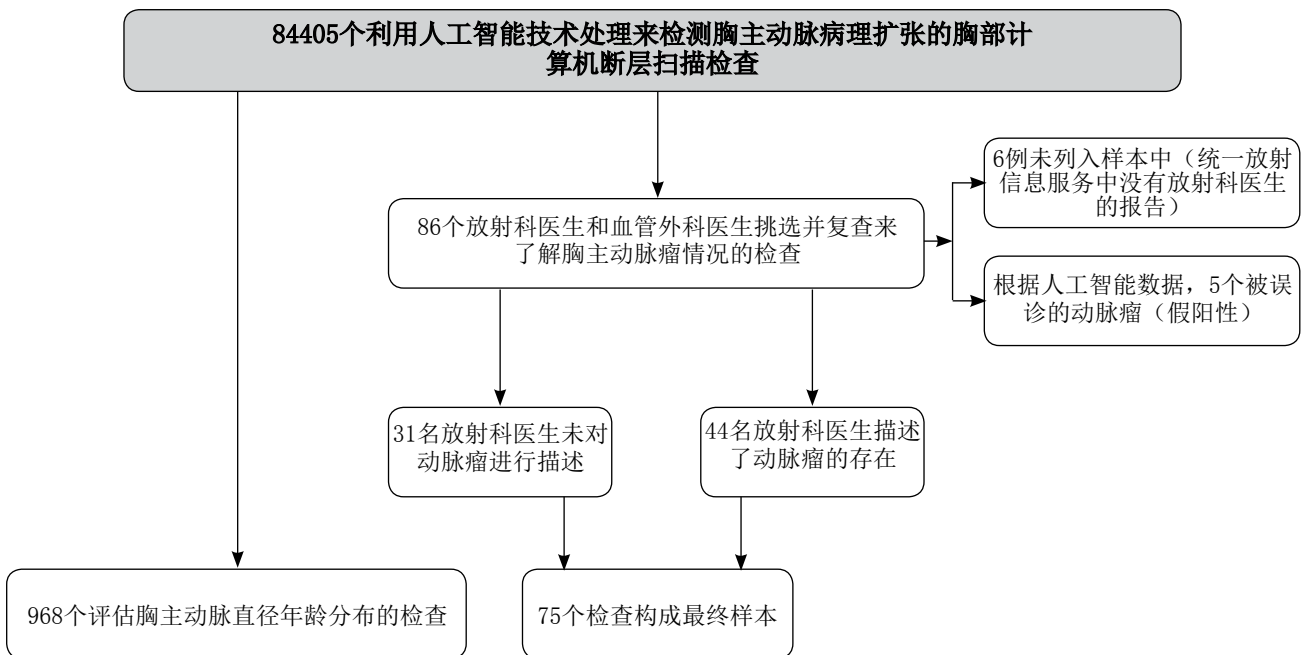


图1. 研究设计。

此外, 两名具有5年以上经验的放射科医生(来自诊断和远程医疗技术科学实践临床中心)对获得的样本进行了重新检查。如果前两位放射科医生的意见不一致, 则由拥有10年放射科经验的专家担任仲裁人, 就是否存在动脉瘤及其描述的措辞做出最终决定。

在审查过程中, 有1 名患者被排除在外: 6例是由于统一放射信息服务中没有放射科医生的初步协议, 5例是由于人工智能技术的数据处理结果(评估非靶向病理或器官), 这些研究被归类为假阳性。最终样本包括75名转诊进行后续检查和治疗的患者。

此外, 还从84405个检查中随机抽取了1000个, 以评估主动脉直径的年龄分布。由于患者年龄数据缺失而排除了32个病例, 样本量为968个检查(男性433例, 女性535例, 分别占44.7%和55.3%)。

纳入标准

在“胸主动脉瘤”莫斯科实验框架内使用人工智能技术对样本进行分析的胸部CT检查的纳入标准:

- 莫斯科市卫生局门诊和住院医疗机构的患者(女生和男生)(年龄在18岁以上);
- 进行的检查: 胸部CT, 无造影剂增强, 切片厚度 $\leq 3\text{mm}$;
- 提供DICOM格式的胸部CT图像和统一放射信息服务EMIAS中的放射科医生报告。

排除标准:

- 在胸腔器官区域存在金属结构(术后缝合线、钢板)形成伪影的患者, 包括心脏起搏器;
- 存在造影剂增强和肺内核检查;
- 没有DICOM格式的CT图像和/或统一放射信息服务EMIAS中的放射科医生报告。

执行条件

人工智能技术根据被称为“基本诊断要求”的规则处理检查, 以确定胸主动脉的病理扩张。这些规则是根据欧洲心脏病学会关于主动脉疾病诊断和治疗的建议制定的[14]:

- 升主动脉扩张: 40至49mm;
- 升主动脉瘤: $\geq 50\text{mm}$;
- 降主动脉瘤: $\geq 40\text{mm}$ [15]。

为了自动测定胸主动脉直径, 采用了国内人工智能技术算法“Chest-IRA”(IRA Labs, 俄罗斯)。在莫斯科实验框架内, 对该人工智能技术的准确率进行了评估, 结果如下:

- ROC曲线下面积(AUC)——0.99;
- 灵敏度——0.94;
- 特异性——0.96;
- 准确率——0.95;
- 分析时间(一个检查)——2.1分钟[16]。

图2给出利用人工智能技术算法操作的示例。

两名放射科医生(有5年以上经验)、一名放射科专家和一名血管外科医生(有10年以上经验)对所有75例样本中疑似胸主动脉瘤(最大直径大于50mm)的CT检查进行了回顾性验证。人工智能技术的正确性是通过测量胸主动脉的轴向投影来验证的。医生根据欧洲心血管成像协会和欧洲心脏病学会工作组的建议[17], 测量了胸主动脉的最大前后径和垂直径。样本中的所有患者都会被转诊接受后续检查, 并在此基础上决定进一步的随访或治疗。

使用夏皮罗-威尔克检验法分析了患者组的正态分布。考虑到所有子样的分布与正常值存在差异($p < 0.001$), 数据以“中位数[第25个百分点; 第75个百分点]; 数值的最小值/最大值”的形式显示。组间比较采用Mann-Whitney检验。

结果

主要研究成果

使用人工智能算法处理了84405例无造影剂增强的胸部CT检查, 以检测病理性胸主动脉扩张。放射科医生和血管外科医生从这些样本中挑选出86例(男性62例, 女性24例)通过人工智能怀疑患有胸主动脉瘤的患者, 对他们进行了回顾性评估。在这86个检

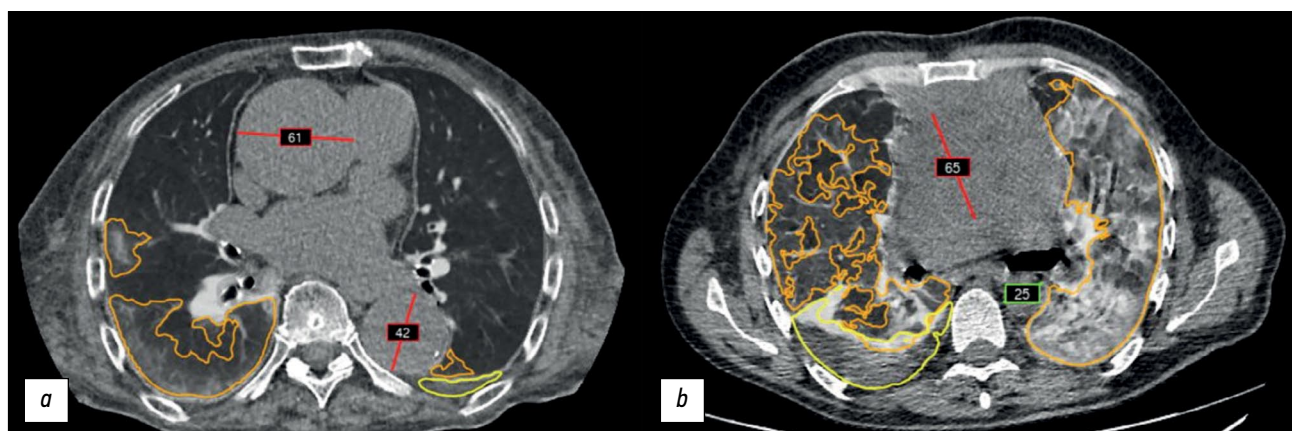


图2. 在处理胸部计算机断层扫描数据时使用人工智能综合服务的示例: a——人工智能技术正确识别并标记(红线)了胸主动脉瘤升支和降支的可疑部位; b——假阳性结果: 纵隔肿块连同胸主动脉升支被标记(红线), 胸主动脉降支的直径被标注在绿色框内。这项人工智能综合服务还包括标记肺部浸润性病变(橙色轮廓)和胸腔积液(黄色轮廓)的附加模块。

查中,有6个由于统一放射信息服务EMIAS中没有主要放射科医生的报告而被排除在样本之外。5个检查因人工智能处理结果(评估非靶向病理/器官,见图2, b)而出现假阳性,也被排除在样本之外。

最终样本包括75个检查:其中男性57例(66[59; 73]; 27-87岁),女性18例(62[59; 74]; 47-87岁)。44例(59%)患者的首次放射报告中描述了胸主动脉瘤,31例(41%)患者的首次报告中未发现动脉瘤。因此,使用人工智能可额外检测出31例胸主动脉瘤(41%)。在这组患者中,男性胸主动脉的最大直径为56[54; 60]; 52-84mm,女性为57[54; 63]; 52-87mm。

在胸部CT检查中通过人工智能检测到动脉瘤的患者会被告知并转诊接受明确检查(超声心动图、CT或磁共振血管造影、心脏病专家和/或血管外科医生会诊),以确定其随访和治疗方法。

在后续检查中还获得了其他信息:在75名患者中,有4名(5.33%)患者在诊断过程或手术干预完成前死亡,3名(4%)患者决定拒绝进一步的诊断检查和治疗。另有31名患者(41.33%)拒绝进行交流。

在37名继续接受观察和治疗的患者中,有25人(33.33%)在经过全面诊断检查后确诊为胸主动脉瘤(他们继续接受观察),12人(16%)被确诊为细化诊断(他们继续接受心脏病专家的治疗)。有3名患者在诊断检查后未确认动脉瘤的存在:他们被诊断为胸主动脉扩张。此外,由于存在动脉瘤,还进行了两次主动脉支架植入术。

通过人工智能检测到动脉瘤的男女组在年龄和胸主动脉最大直径方面没有明显差异($p>0.05$)。

研究第二部分的结果

我们还从84405个病例中随机抽取了968个检查样本,获得了动脉瘤发病率的初步数据(图3)。在成人(18岁及以上)人群中,胸主动脉扩张的发病率为14.5%,胸主动脉瘤的发病率为1.2%。

该组患者的年龄为:女性为65[51; 75] ($n=535$); 19-102岁,男性为60[47; 71] ($n=433$); 18-95岁。女性样本略大于男性样本,反映了所研究的患者总人数的性别分布情况。女性的年龄中位数(65岁)略高于男性(60岁),四分位数之间的范围相似。

该组患者的胸主动脉直径为:女性为34[31; 37]; 20-50mm,男性为36[33; 39]; 24-60mm。

根据年龄和胸主动脉最大直径的不同,男女组之间存在明显差异($p<0.001$)。

需要注意的是,男性和女性的胸主动脉直径与年龄有明显的相关性。男性胸主动脉直径与年龄有关的相对变化更为明显,为0.177mm/年,女性为0.118mm/年。

讨论

研究成果概要

对工作期间获得的数据进行的分析表明了,在主动脉瘤患者样本(75名患者)中,男性和女性群体在年龄和胸主动脉最大直径方面没有显著差异($p>0.05$)。同时,在968名患者样本中(从总体中随机抽取),男性和女性在年龄和胸主动脉最大直径方面存在显著差异($p<0.001$)。这说明有必要制定性别和年龄标准来描述年龄分布情况。为了更全面地分析已确定的模式,还需要进行更多专门设计的研究。

对研究成果的讨论

由于在回顾性研究中应用了人工智能算法,检测到的动脉瘤数量有所增加,这证实了在实践中使用这一解决方案的有效性和可行性:例如,作为放射科医生在初步描述放射检查时的辅助工具。不过,我们也注意到软件出现假阳性的现象。有一些方法可以通过监测和对算法的额外培训来尽量减少此类错误[20-22]。

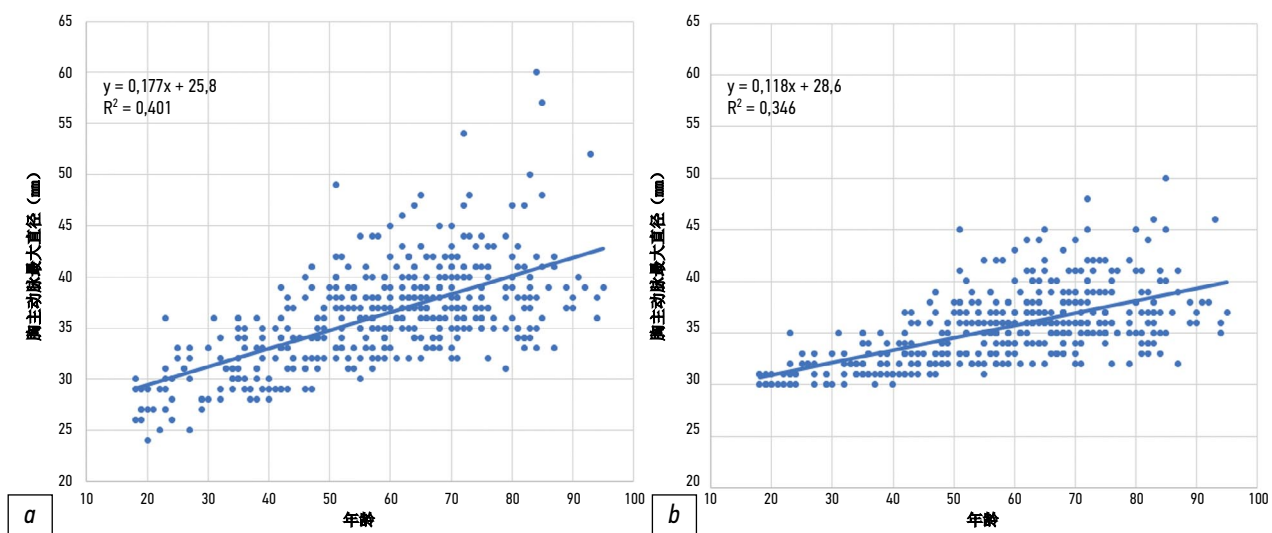


图3. 在968个检查样本中,胸主动脉最大直径与年龄的关系图: a——男性; b——女性。

根据文献资料, 年龄与胸主动脉直径呈正相关。有研究指出, 男性的胸主动脉直径值高于女性[18], 而且男性和女性的胸主动脉直径依赖性更明显[19], 这与我们的研究得出的统计结果完全一致。

由于各种原因, 医生有可能遗漏有临床意义的病变: 职业倦怠(如COVID-19大流行之后)、工作量增加、缺乏医务人员。这也是支持使用人工智能作为放射科医生分析胸部CT扫描时的医疗决策支持系统的另一个理由, 因为使用人工智能可以提高检测能力, 减少遗漏有临床意义病理的数量[23]。

我们使用的国内人工智能并非世界唯一, 质量指标可用于指导对人工智能的选择。国外也有类似的人工智能用于胸主动脉直径的自动测量和动脉瘤的检测, 有助于避免误差, 可用于机会性筛查[24, 25]。

根据文献, 人工智能有助于放射科医生减少在放射检查中检测病变的时间[26, 27]。

人工智能是一种很有前途的主动脉测量工具[28]。然而, 测量的准确性问题仍未解决, 需要进一步研究。这项研究表明, 人工智能不能取代医生, 但可以协助放射科医生, 告知主动脉可能存在的病变, 以避免错过临床上重要的异常情况。但需要注意的是, 放射科医生必须了解人工智能的工作原理以及在分析检查时可能出现的错误[29-33]。因此, 在医学中使用人工智能可能是检测胸主动脉瘤的重要工具。

在初始放射检查描述和回顾性研究中使用人工智能检测胸主动脉的病理扩张是合理的, 这样可以最大限度地减少可能遗漏的具有临床意义的病变。

结论

在初级胸部CT检查描述过程中使用人工智能并扩大机会性筛查的范围, 可提高对胸主动脉瘤

等临床重大病理情况的检出率, 避免对患者造成不良后果。进一步优化这类需要紧急医疗干预的患者的手术治疗路线是当务之急。最好能制定出胸主动脉直径的人群标准值, 以便调整该病症的诊断标准。

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. Solovev — research conception and design, article writing, editing, and approval of the final manuscript; Yu.A. Vasilev, V.E. Sinityn — research conception, final proofreading of the text; A.V. Petraikin, A.V. Vladzmyrskyy — 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.

REFERENCES

1. 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>
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;34(1):1-16. doi: 10.1053/j.semtcvs.2021.02.029
3. 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
4. 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
5. 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
6. 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
7. Olsson C, Thelin S, Ståhle E, Ekbom A, Granath F. Thoracic Aortic Aneurysm and Dissection. *Circulation*. 2006;114(24):2611-2618. doi: 10.1161/CIRCULATIONAHA.106.630400
8. 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
9. 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
10. 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: WSYSP
11. Law M. "Opportunistic" Screening. *J Med Screen*. 1994;1(4):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;5(12):256. doi: 10.21037/atm.2017.04.32
13. Vasilev YuA, Vladzmyrskyy 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
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;35(41):2873–2926. doi: 10.1093/eurheartj/ehu281
15. Documents on the Experiment [Internet]. Center for Diagnostics and Telemedicine. [cited 16 June 2023]. Available from: <https://mosmed.ai/ai/docs/>
16. Chest-IRA [Internet]. Center for Diagnostics and Telemedicine. [cited 16 June 2023]. Available from: 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;24(5):e65–e85. doi: 10.1093/ehjci/jead024
18. Etlі 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
19. 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.
20. Vasilev YA, Bobrovskaya TM, Arzamasov KM, et al. Medical datasets for machine learning: fundamental principles of standardization 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, 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;62(6):869–877. doi: 10.1016/j.ejvs.2021.07.013
26. Vladzmyrskyy 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/profmed202250717
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: LXROHZ
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, Vladzmyrskyy 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

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 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>
- 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.semctvs.2021.02.029
- Клинические рекомендации. Рекомендации по диагностике и лечению заболеваний аорты (2017) // *Кардиология и сердечно-сосудистая хирургия*. 2018. Т. 11, № 1. С. 7–67. EDN: YPAKRP
- Кузнецовский Ф.В., Осипов А.Х., Евсиков Е.М., Абрамов И.С., Отарова С.М. Распространенность и природа аневризм и расщелиний 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. Иртюга 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: WSYSP
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. Etlı 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: FUKXYS 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., Mougın 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., Кожикина Д.Д., и др. Эффективность применения технологий искусственного интеллекта 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: SYZAOQ doi: 10.25881/18110193_2023_2_16

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. Vladzimirskyy, MD, Dr. Sci. (Medicine);

ORCID: 0000-0002-2990-7736;
eLibrary SPIN: 3602-7120;
e-mail: VladzimirskijAV@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

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

Владзимирский Антон Вячеславович, д-р мед. наук;

ORCID: 0000-0002-2990-7736;
eLibrary SPIN: 3602-7120;
e-mail: VladzimirskijAV@zdrav.mos.ru

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

* Corresponding author / Автор, ответственный за переписку