

DOI: <https://doi.org/10.17816/humeco635357>

Использование искусственного интеллекта для прогнозирования и предотвращения неонкологической смертности у онкологических больных: протокол исследования АРИЛИС

М.Ю. Вальков^{1, 2}, А.М. Гржибовский^{1, 3, 4}, А.В. Кудрявцев¹, М.А. Богданов¹, Д.В. Богданов^{1, 2}, А.А. Дяченко¹, В.Ю. Чернина⁵, М.Г. Беляев⁵, Ф.Р. Яушев^{5, 6}, Е.В. Панина⁵, М.А. Донскова⁵, Е.А. Соболева⁵, М.В. Басова⁵, М.Е. Писов⁵, М.Н. Дугова⁵, Е.А. Петраш⁵, Р.Р. Гареева⁵, А.Е. Шевцов⁵, В.В. Вольман⁵, З.Г.-М. Берикханов⁷, С.Н. Авдеев⁷, Н.С. Серова⁷, М.И. Секачева⁷, Я.И. Ашихмин⁸, Ж.Е. Белая⁹, В.В. Омеляновский⁸, М.Ю. Гончаров^{5, 10}, А.С. Герштанский¹, В.А. Гомболевский^{5, 7, 10}

¹ Северный государственный медицинский университет, Архангельск, Россия;

² Архангельский клинический онкологический диспансер, Архангельск, Россия;

³ Северный (Арктический) федеральный университет им. М.В. Ломоносова, Архангельск, Россия;

⁴ Северо-Восточный федеральный университет им. М.К. Аммосова, Якутск, Россия;

⁵ ООО «АЙРА Лабс», Москва, Россия;

⁶ Московский физико-технический институт (национальный исследовательский университет), Долгопрудный, Россия;

⁷ Первый Московский государственный медицинский университет им. И.М. Сеченова, Москва, Россия;

⁸ Центр экспертизы и контроля качества медицинской помощи, Москва, Россия;

⁹ Национальный медицинский исследовательский центр эндокринологии, Москва, Россия;

¹⁰ Институт искусственного интеллекта, Москва, Россия

АННОТАЦИЯ

Цель. Представление исследования АРИЛИС, направленного на оценку возможностей использования искусственного интеллекта для анализа данных компьютерной томографии грудной клетки с целью предсказания и предотвращения неонкологической смертности у больных раком.

Материал и методы. В когортное исследование будут включены больные злокачественными новообразованиями, диагностированными в Архангельской области в 2019–2023 гг. В качестве контрольных групп планируется использовать больных COVID-19 с пневмонией, больных с общесоматической патологией, а также популяционную выборку исследования «Узнай своё сердце». Данные компьютерной томографии грудной клетки всех участников будут обработаны мультитаргетным алгоритмом искусственного интеллекта компании IRA Labs с целью поиска и количественной оценки КТ-признаков сердечно-сосудистой, лёгочной и костной патологии. С даты обработки данных компьютерной томографии грудной клетки с помощью мультитаргетного алгоритма искусственного интеллекта участники исследования будут наблюдаться на предмет выявления новых клинических диагнозов и смертности от всех причин.

Ожидаемые результаты. В ходе исследования будет определена распространённость КТ-признаков патологии сердечно-сосудистой, лёгочной и костной систем у онкологических пациентов в сравнении с популяционной выборкой, оценена частота сердечно-сосудистых, лёгочных и костных событий и смерти от всех причин у больных раком в сравнении с контрольными группами, определён потенциал мультитаргетного алгоритма искусственного интеллекта IRA Labs в оценке и реклассификации оцениваемых рисков у больных злокачественными новообразованиями и создан программный продукт для применения мультитаргетного алгоритма искусственного интеллекта в практическом здравоохранении.

Ключевые слова: злокачественные новообразования; искусственный интеллект; КТ органов грудной клетки; предикторы неонкологической смертности; модели риска смерти.

Как цитировать:

Вальков М.Ю., Гржибовский А.М., Кудрявцев А.В., Богданов М.А., Богданов Д.В., Дяченко А.А., Чернина В.Ю., Беляев М.Г., Яушев Ф.Р., Панина Е.В., Донскова М.А., Соболева Е.А., Басова М.В., Писов М.Е., Дугова М.Н., Петраш Е.А., Гареева Р.Р., Шевцов А.Е., Вольман В.В., Берикханов З.Г.-М., Авдеев С.Н., Серова Н.С., Секачева М.И., Ашихмин Я.И., Белая Ж.Е., Омеляновский В.В., Гончаров М.Ю., Герштанский А.С., Гомболевский В.А. Использование искусственного интеллекта для прогнозирования и предотвращения неонкологической смертности у онкологических больных: протокол исследования АРИЛИС // Экология человека. 2024. Т. 31, № 4. С. 314–330. DOI: <https://doi.org/10.17816/humeco635357>

Рукопись поступила: 23.08.2024

Рукопись одобрена: 23.10.2024

Опубликована online: 18.11.2024

DOI: <https://doi.org/10.17816/humeco635357>

Using artificial intelligence to predict and prevent non-cancer mortality in patients with cancer: ARILIS study protocol

Mikhail Yu. Valkov^{1, 2}, Andrej M. Grjibovski^{1, 3, 4}, Alexander V. Kudryavtsev¹, Maxim A. Bogdanov¹, Dmitriy V. Bogdanov^{1, 2}, Andrey A. Dyachenko¹, Valeria Yu. Chernina⁵, Mikhail G. Belyaev⁵, Farukh R. Yaushev^{5, 6}, Elena V. Panina⁵, Maria A. Donskova⁵, Evgenia A. Soboleva⁵, Maria V. Basova⁵, Maxim E. Pisov⁵, Maria N. Dugova⁵, Ekaterina A. Petrash⁵, Regina R. Gareeva⁵, Alexey E. Shevtsov⁵, Vilgelm V. Volman⁵, Zelimhan G.-M. Berikhanov⁷, Sergey N. Avdeev⁷, Natalya S. Serova⁷, Marina I. Sekacheva⁷, Yaroslav I. Ashikhmin⁸, Zhanna E. Belaya⁹, Vitaly V. Omelyanovskiy⁸, Mikhail Yu. Goncharov^{5, 10}, Aleksandr S. Gershtanskiy¹, Victor A. Gomboleviskiy^{5, 7, 10}

¹ Northern State Medical University, Arkhangelsk, Russia;

² Arkhangelsk Regional Oncological Dispensary, Arkhangelsk, Russia;

³ Northern (Arctic) Federal University n.a. M.V. Lomonosov, Arkhangelsk, Russia;

⁴ M.K. Ammosov North-Eastern Federal University, Yakutsk, Russia;

⁵ JSC "IRA Labs", Moscow, Russia;

⁶ Moscow Institute of Physics and Technology, Dolgoprudny, Russia;

⁷ Sechenov First Moscow State Medical University, Moscow, Russia;

⁸ Center for Healthcare Quality Assessment and Control, Moscow, Russia;

⁹ Endocrinology Research Center, Moscow, Russia;

¹⁰ Artificial Intelligence Research Institute, Moscow, Russia

ABSTRACT

AIM: To present the ARILIS study aimed at assessing the use of artificial intelligence to analyze chest computed tomography (CT) data to predict and prevent non-cancer mortality in patients with cancer.

MATERIAL AND METHODS: This cohort study will include patients with cancer diagnosed in the Arkhangelsk region (AR) within the 2019–2023 period. The COVID-19 patients with pneumonia, patients with general medical conditions, and the population of the Know Your Heart Study are planned to be enrolled as control groups. To detect and quantify the CT signs of the cardiovascular, pulmonary, and bone disorders, the thoracic CT scans of all the subjects will be processed using the multi-targeted AI algorithm provided by the IRA Labs company. From the date of processing of the thoracic CT scans using the multi-targeted AI algorithm, the study subjects will be followed for new clinical diagnoses and all-cause mortality.

EXPECTED RESULTS: The study will determine the prevalence of CT signs of the cardiovascular, pulmonary, and bone disorders in patients with cancer compared with the Know Your Heart Study population sample. It will also assess the incidence of cardiovascular, pulmonary, and bone events and all-cause mortality in patients with cancer compared with control groups, explore the potential of the IRA Labs' multi-targeted AI algorithm in the assessment and reclassification of assessed risks in patients with cancer, and provide a software product for using mtIA in healthcare practice.

Keywords: cancer; artificial intelligence; chest CT; predictors of non-cancer mortality; death risk models.

To cite this article:

Valkov MYu, Grjibovski AM, Kudryavtsev AV, Bogdanov MA, Bogdanov DV, Dyachenko AA, Chernina VYu, Belyaev MG, Yaushev FR, Panina EV, Donskova MA, Soboleva EA, Basova MV, Pisov ME, Dugova MN, Petrash EA, Gareeva RR, Shevtsov AE, Volman VV, Berikhanov ZGM, Avdeev SN, Serova NS, Sekacheva MI, Ashikhmin YI, Belaya ZE, Omelyanovskiy VV, Goncharov MYu, Gershtanskiy AS, Gomboleviskiy VA. Using artificial intelligence to predict and prevent non-cancer mortality in patients with cancer: ARILIS study protocol. *Ekologiya cheloveka (Human Ecology)*. 2024;31(4):314–330.

DOI: <https://doi.org/10.17816/humeco635357>

Received: 23.08.2024

Accepted: 23.10.2024

Published online: 18.11.2024

DOI: <https://doi.org/10.17816/humeco635357>

利用人工智能预测和预防癌症患者非肿瘤相关死亡率：ARILIS研究方案

Mikhail Yu. Valkov^{1, 2}, Andrej M. Grijbovski^{1, 3, 4}, Alexander V. Kudryavtsev¹, Maxim A. Bogdanov¹, Dmitriy V. Bogdanov^{1, 2}, Andrej A. Dyachenko¹, Valeria Yu. Chernina⁵, Mikhail G. Belyaev⁵, Farukh R. Yaushev^{5, 6}, Elena V. Panina⁵, Maria A. Donskova⁵, Evgenia A. Soboleva⁵, Maria V. Basova⁵, Maxim E. Pisov⁵, Maria N. Dugova⁵, Ekaterina A. Petrash⁵, Regina R. Gareeva⁵, Alexey E. Shevtsov⁵, Vilgelm V. Volman⁵, Zelimhan G.-M. Berikhanov⁷, Sergey N. Avdeev⁷, Natalya S. Serova⁷, Marina I. Sekacheva⁷, Yaroslav I. Ashikhmin⁸, Zhanna E. Belaya⁹, Vitaly V. Omelyanovskiy⁸, Mikhail Yu. Goncharov^{5, 10}, Aleksandr S. Gershtanskiy¹, Victor A. Gombolevskiy^{5, 7, 10}

¹ Northern State Medical University, Arkhangelsk, Russia;

² Arkhangelsk Regional Oncological Dispensary, Arkhangelsk, Russia;

³ Northern (Arctic) Federal University n.a. M.V. Lomonosov, Arkhangelsk, Russia;

⁴ M.K. Ammosov North-Eastern Federal University, Yakutsk, Russia;

⁵ JSC "IRA Labs", Moscow, Russia;

⁶ Moscow Institute of Physics and Technology, Dolgoprudny, Russia;

⁷ Sechenov First Moscow State Medical University, Moscow, Russia;

⁸ Center for Healthcare Quality Assessment and Control, Moscow, Russia;

⁹ Endocrinology Research Center, Moscow, Russia;

¹⁰ Artificial Intelligence Research Institute, Moscow, Russia

摘要

研究目的。本文介绍ARILIS(Analysis of Risks with Intelligent Laboratory Innovative System) 研究,旨在评估人工智能分析胸部CT数据的能力,以预测和预防癌症患者的非肿瘤相关死亡率。

材料与方法。本研究为队列研究,将纳入2019至2023年期间在阿尔汉格尔斯克州确诊的恶性肿瘤患者。研究还计划将COVID-19肺炎患者、全身性疾病患者及“了解你的心脏”研究中的人群样本作为对照组。所有参与者的胸部CT数据将使用IRA LABS公司的多目标人工智能算法进行处理,以发现并量化心血管、肺部及骨骼系统病变的CT征象。从CT数据处理之日起,参与者将接受随访,追踪新发临床诊断及全因死亡情况。

预期结果。确定癌症患者中心血管、肺部和骨骼系统病变的CT征象流行率,并与人群样本进行比较;评估癌症患者心血管、肺部和骨骼事件的发生率及全因死亡率,并与对照组进行比较;确定IRA LABS多目标人工智能算法在评估及重新分类癌症患者风险中的应用潜力;开发适用于实际医疗实践的多目标人工智能算法软件产品。

关键词: 恶性肿瘤; 人工智能; 胸部CT; 非肿瘤相关死亡预测因子; 死亡风险模型。

引用本文:

Valkov MYu, Grijbovski AM, Kudryavtsev AV, Bogdanov MA, Bogdanov DV, Dyachenko AA, Chernina VYu, Belyaev MG, Yaushev FR, Panina EV, Donskova MA, Soboleva EA, Basova MV, Pisov ME, Dugova MN, Petrash EA, Gareeva RR, Shevtsov AE, Volman VV, Berikhanov ZGM, Avdeev SN, Serova NS, Sekacheva MI, Ashikhmin YI, Belaya ZE, Omelyanovskiy VV, Goncharov MYu, Gershtanskiy AS, Gombolevskiy VA.

利用人工智能预测和预防癌症患者非肿瘤相关死亡率: ARILIS研究方案. *Ekologiya cheloveka (Human Ecology)*. 2024;31(4):314–330.

DOI: <https://doi.org/10.17816/humeco635357>

收到: 23.08.2024

接受: 23.10.2024

发布日期: 18.11.2024

ОБОСНОВАНИЕ

Злокачественные новообразования (ЗНО) занимают второе место по частоте причин смерти среди онкологических пациентов как в мире, так и в России, уступая лишь сердечно-сосудистым заболеваниям [1]. Однако за последние десятилетия достигнут значительный прогресс в области хирургического, лучевого и лекарственного лечения рака, что позволяет успешно лечить большее число пациентов. Это приводит к уменьшению онкологической смертности [2, 3] и увеличению опухолеспецифической выживаемости при большинстве видов рака во всём мире [4–6].

В эпидемиологическом исследовании N.G. Zaorsky и соавт. [7] представлены данные американской популяционной базы SEER и показано, что значительная часть онкологических больных погибает от неонкологической патологии. Причины смерти, не связанные с ЗНО, составляют более половины случаев и являются наиболее частыми у пациентов с раком толстой и прямой кишки, мочевого пузыря, почек, эндометрия, молочной железы, простаты и яичек. Из этих случаев 40% обусловлены сердечно-сосудистыми заболеваниями. Относительный риск смерти от сердечно-сосудистых заболеваний в 2–6 раз выше по сравнению с неонкологической популяцией того же возраста [7]. В исследовании Л.Е. Вальковой и соавт. на основе данных Архангельского областного регистра рака смертность онкологических пациентов от неонкологических причин составляла от 31,1% до 60,9% от специфической смертности при раке предстательной железы у мужчин и при раке толстой и прямой кишки, молочной железы и почек у женщин [8].

Вклад различных причин в общую смертность изменяется. За 25 лет, с 1981–1985 по 2006–2010 гг., в странах с очень высоким уровнем человеческого развития смертность от сердечно-сосудистых заболеваний уменьшилась на 53%, снизившись с 642 до 301 случая на 100 000 человек. В то же время смертность от рака сократилась на 17% — с 371 до 308 случаев на 100 000 человек. Аналогичные, но менее выраженные изменения наблюдаются и в странах со средним и высоким индексом человеческого развития [9].

Скрининг сердечно-сосудистых заболеваний, направленный на предотвращение смертности, главным образом базируется на непрямых индикаторах. Например, индекс SCORE использует для этого возраст, пол, уровень артериального давления, курение, уровень холестерина в крови, а также факт проживания в стране высокого/низкого риска [10]. При этом SCORE неточно предсказывает сердечно-сосудистые события [11, 12] и плохо коррелирует с уровнем коронарного кальция, определённого по данным компьютерной томографии (КТ) органов грудной клетки (ГК) [13].

Мультитаргетный алгоритм искусственного интеллекта (мтИИ), созданный ООО «АЙРА Лабс», по данным КТ

органов ГК позволяет одновременно определить признаки до 10 различных патологий, включая расширение/аневризму аорты и расширение лёгочного ствола, индекс коронарного кальция, повышенный объём эпилептического жира, эмфизему, лёгочные узлы и признаки остеопороза (компрессионные переломы и снижение минеральной плотности тел позвонков). Такие находки на КТ ГК, выполненных онкологическим пациентам в связи с основными диагнозами, могут характеризоваться как случайные, не определённые врачами ранее [14]. При этом такие случайные находки нередко имеют важное прогностическое значение, требуют дополнительных обследований и медицинских вмешательств. Независимые тестирования на закрытых датасетах, проведённые в рамках Московского эксперимента, подтверждают высокую предсказательную точность диагностики с помощью мтИИ (площадь под характеристической (ROC) кривой от 0,96 до 1,00). Заключение, полученные с использованием мтИИ, позволяют существенно уменьшить число случаев пропуска патологий [15].

Архангельское исследование по влиянию мультицелевого искусственного Интеллекта для КТ на снижение неонкологических Летальных Исходов у больных раком (сокращение — АРИЛИС) ставит целью изучение потенциала внедрения разработанного ООО «АЙРА Лабс» мтИИ для анализа КТ органов ГК в клиническую практику с целью прогнозирования и предотвращения смертности от неонкологических заболеваний у онкологических больных.

Задачи исследования:

- сравнение количества и выраженности КТ-признаков сердечно-сосудистой, лёгочной и костной патологии, выявленных с помощью мтИИ у онкологических пациентов и в контрольных группах;
- оценка влияния КТ-признаков сердечно-сосудистой, лёгочной и костной патологии, выявленных на КТ ГК с помощью мтИИ (случайных находок), на частоту и стадии клинических диагнозов, впервые установленных онкологическим пациентам в течение года после применения мтИИ;
- оценка связи обнаруженных с помощью мтИИ случайных находок с пятилетним риском смерти (с учётом причин) у онкологических пациентов;
- создание программного продукта, обеспечивающего возможность и удобство применения мтИИ в клинической практике в целях повышения точности классификации и последующей коррекции рисков.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Тип исследования

Исследование планируется провести в четыре этапа (рис. 1).

Первый этап — оценка распределения выявленных с помощью мтИИ случайных находок КТ-признаков



Рис. 1. Схематическое изображение этапов проекта.

Fig. 1. Schematic representation of the project stages.

сердечно-сосудистой, лёгочной и костной патологии у онкологических больных.

Второй этап — сравнение частоты и распределения случайных находок КТ-признаков сердечно-сосудистой, лёгочной и костной патологии в группе онкологических больных и в контрольных группах.

Первый и второй этапы будут выполнены в формате поперечного исследования.

Третий этап — изучение частоты и стадии клинических диагнозов, впервые установленных онкологическим пациентам в течение года после применения мТИИ, а также оценка связи обнаруженных с помощью мТИИ случайных находок и установленных на их основании новых клинических диагнозов с не менее чем пятилетним риском смерти.

На этом этапе также планируется провести сравнение количества и стадии новых клинических диагнозов неонкологической патологии, установленных в течение одного года в двух группах онкологических больных, образованных путём стратифицированной по возрасту рандомизации, в одной из которых будет применяться мТИИ для анализа данных КТ ГК, в другой — не будет применяться. Эти две группы онкологических больных также будут сравниваться на предмет не менее чем пятилетнего риска смерти.

Данный этап будет выполнен в формате двустороннего когортного исследования, включающего ретроспективный (исторический) и проспективный сбор данных об интересующих исходах.

Четвёртый этап — определение алгоритмов действий по предотвращению смертности больных от неонкологической патологии на основании случайных находок мТИИ и разработка программного продукта с функциями

высокоточной автоматизированной классификации рисков, формирования рекомендаций по их коррекции.

Исследуемая популяция

В исследование предполагается включить сплошную популяцию больных с установленным диагнозом ЗНО, проходивших обследование с использованием КТ ГК и лечение в государственном бюджетном учреждении здравоохранения Архангельской области «Архангельский клинический онкологический диспансер» (АКОД) в 2019–2023 гг. В качестве контрольных групп планируется использовать больных COVID-19 с пневмонией, больных с общесоматической патологией, а также когорту исследования «Узнай своё сердце» (УСС) с использованием данных КТ ГК для каждой из них.

Другими условиями включения будут следующие:

- 1) возраст больных старше 18 лет;
- 2) формат DICOM для изображений КТ;
- 3) охват всей ГК и верхнего отдела брюшной полости областью исследования КТ;
- 4) компьютерный томограф не менее чем 32-срезовый;
- 5) для онкологических больных наличие страхового номера индивидуального лицевого счёта (СНИЛС) для объединения проанализированных данных с базой данных Архангельского областного канцер-регистра (АОКР).

Из анализа будут исключены следующие случаи:

- 1) возраст больных младше 18 лет;
- 2) отсутствие возможности обработки данных КТ алгоритмом искусственного интеллекта;
- 3) технические искажения данных КТ (толщина среза более 1,5 мм, неполный охват области сканирования, сильные двигательные артефакты и т.д.), не позволяющие достоверно выявить патологии.

Исходя из ежегодного количества проводимых исследований, предполагаемое количество включённых онкологических больных составит 18 000.

Процедуры сбора данных (выбранные инструменты и методы измерений, КТ, МРТ и др.)

На первом этапе исследования для оценки распределения случайных находок индикаторов сердечно-сосудистой и лёгочной патологии у онкологических больных будут выполнены определённые действия.

Из центрального архива медицинских изображений АКОД будут извлечены все серии КТ органов ГК онкологических больных с 2019 по 2023 г.

Обезличенные сетки с номером СНИЛС в качестве ключа будут направлены по защищённому каналу в компанию «АЙРА Лабс» и обработаны алгоритмом мТИИ Chest-IRA с определением качественных и количественных характеристик выявленной патологии.

Результаты обработки КТ мТИИ в виде таблиц Excel будут направлены по защищённому каналу в АОКР.

По ключу СНИЛС направленные из «АЙРА Лабс» базы данных с результатами обработки мТИИ будут объединены с базами данных АОКР. Для реализации задач первого и последующего этапов исследования из регистра рака будут извлечены следующие переменные: пол, возраст, место жительства (город/село), дата установления диагноза, топографический и морфологический коды ЗНО, стадия ЗНО, а также сведения о дате и причине смерти.

Будет изучена частота находок искусственного интеллекта на КТ (табл. 1) и оценено их распределение по возрасту, полу, топографии рака. Частота находок в когорте больных раком будет сравнена с таковой во внешних доступных сетях данных.

Протокол КТ

Протокол сканирования будет выбран из стандартного списка протоколов, установленных производителем на томографах. В исследование будут включены сканирования, включающие органы ГК или органы ГК и брюшной полости без или с внутривенным введением рентгенконтрастного препарата. Для всех пациентов сканирование выполняется при напряжении 120 кВ, а сила тока настраивается автоматически, основываясь на конституции пациента, благодаря технологиям встроенным в томограф. Ключевым требованием является наличие реконструкций сканирования с мягкотканым и отдельно лёгочным кернелом в аксиальной плоскости с толщиной срезов не более 1 мм. Протокол введения рентгенконтрастного препарата выбирается для каждого пациента индивидуально в соответствии с его весом.

Для поиска патологии на КТ органов ГК будет использован алгоритм искусственного интеллекта компании «АЙРА Лабс», медицинское изделие «Программное обеспечение для анализа исследований компьютерной томографии с помощью технологии искусственного интеллекта Intelligent Radiology Assistants» по ТУ 58.29.32-001-44270315-2021», регистрационное удостоверение № РЗН 2024/22895. Основные цели и критерии их определения алгоритмом представлены в табл. 1.

На втором этапе исследования по вышеуказанному алгоритму будут изучены находки искусственного интеллекта на следующих сериях КТ:

- из областной клинической больницы Архангельска за 2020–2021 гг.; значительная часть исследований будет представлена исследованиями из инфекционного отделения, куда в период пандемии COVID-19 госпитализировали больных с подозрением на вирусную пневмонию (когорты «COVID»); общая численность — не менее 22 000 человек;
- из Северного медицинского центра им. Семашко, который специализируется на диагностике и лечении общесоматической патологии (когорты «Общесоматические больные»); численность — не менее 9 000 человек;
- в качестве контрольной группы планируется использование когорты численностью около 1300 человек, сформированной из участников поперечного популяционного исследования УСС, проведённого в 2015–2017 гг. в Архангельске на базе СГМУ [27]; в 2021–2024 гг. были осуществлены несколько этапов обследования участников УСС в рамках других научных проектов [28]; с момента обследования

Таблица 1. Типы и критерии определения патологических находок инструмента искусственного интеллекта от «АЙРА Лабс» для исследования АРИЛИС

Table 1. Types and criteria for determining pathological findings of the artificial intelligence tool from IRA Labs for the ARILIS study

Патология Pathology	Критерии патологии Criteria of pathology
Инфильтративные изменения в лёгких, характерные для вирусной пневмонии (COVID-19 в условиях пандемии) Infiltrative changes in the lungs characteristic of viral pneumonia (COVID-19 in a pandemic)	1. Инфильтрация лёгочной паренхимы по типу «матового стекла» с обеих сторон, преимущественно периферической локализации, с наличием или отсутствием инфильтрации лёгочной паренхимы по типу консолидации с положительным признаком «воздушной бронхограммы». 2. Инфильтрация лёгочной паренхимы по типу «булыжной мостовой» (утолщение междолькового интерстиция на фоне «матового стекла») с обеих сторон, преимущественно периферической локализации, с наличием или отсутствием инфильтрации лёгочной паренхимы по типу консолидации с положительным признаком «воздушной бронхограммы» [16] 1. Infiltration of the pulmonary parenchyma by the type of "frosted glass" on both sides, mainly peripheral localization, with the presence or absence of infiltration of the pulmonary parenchyma by the type of consolidation with a positive sign of an "air bronchogram". 2. Infiltration of the pulmonary parenchyma by the type of "cobblestone pavement" (thickening of the interlobular interstitium against the background of "frosted glass") on both sides, mainly peripheral localization, with the presence or absence of infiltration of the pulmonary parenchyma by the type of consolidation with a positive sign of an "air bronchogram" [16]
Эмфизема лёгких Emphysema of the lungs	Наличие суммарно в обоих лёгких ≥6% (по объёму) участков (без учёта просвета бронхов) с КТ плотностью ≤-950 HU [17, 18] The presence of a total of ≥6% (by volume) sites in both lungs (excluding bronchial lumen) with a CT density of ≤-950 HU [17, 18]

Окончание табл. 1 | End of the Table 1

Патология Pathology	Критерии патологии Criteria of pathology
Аневризма/дилатация аорты Aneurysm/dilation of the aorta	1. Дилатация восходящей части грудной аорты: на нативных изображениях наибольший диаметр восходящей части грудной аорты от 40 до 49 мм включительно в аксиальной плоскости. 2. Аневризма восходящей части грудной аорты: на нативных изображениях наибольший диаметр восходящей части грудной аорты ≥ 50 мм в аксиальной плоскости. 3. Дилатация нисходящей части грудной аорты: на нативных изображениях наибольший диаметр нисходящей части грудной аорты от 31 до 39 мм в аксиальной плоскости. 4. Аневризма нисходящей части грудной аорты: на нативных изображениях наибольший диаметр нисходящей части грудной аорты ≥ 40 мм в аксиальной плоскости [19]. 5. Дилатация брюшного отдела аорты: наибольший диаметр от 25 до 29 мм включительно. 6. Аневризма брюшного отдела аорты: наибольший диаметр ≥ 30 мм [20, 21] 1. Dilation of the ascending part of the thoracic aorta: in native images, the largest diameter of the ascending part of the thoracic aorta is from 40 to 49 mm inclusive in the axial plane. 2. Aneurysm of the ascending part of the thoracic aorta: in native images, the largest diameter of the ascending part of the thoracic aorta is ≥ 50 mm in the axial plane. 3. Dilation of the descending part of the thoracic aorta: in native images, the largest diameter of the descending part of the thoracic aorta is from 31 mm to 39 mm in the axial plane. 4. Aneurysm of the descending part of the thoracic aorta: in native images, the largest diameter of the descending part of the thoracic aorta is ≥ 40 mm in the axial plane [19]. 5. Dilation of the abdominal aorta: the largest diameter is from 25 to 29 mm inclusive. 6. Abdominal aortic aneurysm: the largest diameter ≥ 30 mm [20, 21]
Дилатация лёгочного ствола Dilation of the pulmonary trunk	Диаметр лёгочного ствола ≥ 29 мм [22] The diameter of the pulmonary trunk ≥ 29 mm [22]
Коронарный кальциноз по индексу Agatston Coronary calcification according to the Agatston index	На нативных изображениях кальциевый индекс/индекс Agatston (сумма площадей в проекции коронарных сосудов, умноженных на индивидуальные факторы плотности*) ≥ 1 либо класс CAC-DRS A1–A3 [23]: * фактор 1: 130–199 HU; фактор 2: 200–299 HU; фактор 3: 300–399 HU; фактор 4: ≥ 400 HU In native images, the calcium index/Agatston index (the sum of the areas in the projection of coronary vessels multiplied by individual density factors*) ≥ 1 or the CAC-DRS class A1–A3 [23]: * factor 1: 130–199 HU; factor 2: 200–299 HU; factor 3: 300–399 HU; factor 4: ≥ 400 HU
Оценка плотности губчатого вещества тел позвонков для выявления остеопороза/остеопении Assessment of the density of the spongy substance of the vertebral bodies for the detection of osteoporosis/osteopenia	Снижение минеральной плотности костной ткани в телах позвонков в интервале Th11–L3 (оптимально L1–L2) согласно критериям ACR 2018, позиции ISCD 2019 [24] Reduction of bone mineral density in vertebral bodies in the range T11–L3 (optimally L1–L2) according to the criteria of ACR 2018, ISCD 2019 positions [24]
Компрессионные переломы позвонков для выявления остеопороза Compression fractures of the vertebrae to detect osteoporosis	Наличие позвонков, имеющих компрессионную деформацию тел $\geq 25\%$, по полуколичественной шкале Genant, степень 2–3. Степень деформации рассчитывается по формуле: степень деформации = (отношение максимального размера тела позвонка – минимальный)/максимальный размер*100% [25] The presence of vertebrae with compression deformation of bodies $\geq 25\%$, according to the semi-quantitative Genant scale, degree 2–3. The degree of deformation is calculated by the formula: degree of deformation = (ratio of the maximum size of the vertebral body to the minimum)/maximum size*100% [25]
Количественное определение объёма эпикардального жира Quantification determination of the volume of epicardial fat volume	Наличие объёма эпикардального жира ≥ 125 мл [26] The presence of epicardial fat volume ≥ 125 ml [26]
Количественное определение объёма паракардального жира Quantitative determination of the volume of paracardial fat	Наличие объёма паракардального жира ≥ 200 мл [26] The presence of paracardial fat volume ≥ 200 ml [26]

в рамках УСС его участники наблюдаются на предмет новых клинических диагнозов и смерти от всех причин, возраст участников — 44–78 лет, который приблизительно соответствует возрастному диапазону больных раком в исследовании АРИЛИС; с учётом высокой «обследованности» участников УСС (имеются данные лабораторных, инструментальных исследований и данные анамнеза, собранные в нескольких точках времени в период с 2015 по 2024 г.) и наличия результатов их динамического наблюдения данная когорта может быть использована в качестве группы сравнения, которую можно считать репрезентативной для населения Архангельской области.

На **третьем этапе** в четырёх исследуемых когортах будет изучено следующее:

1) частота необратимых исходов: общая выживаемость (событие — смерть от любой причины); выживаемость, специфичная по классам причин смерти;

2) частота новых прижизненных диагнозов: сердечно-сосудистые заболевания (инфаркт миокарда, остановка сердца, подтверждённая стенокардия, требующая реваскуляризации) [29]; заболевания лёгких (хроническая обструктивная болезнь лёгких, дыхательная недостаточность); заболевания опорно-двигательного аппарата (остеопороз, переломы).

Сведения о летальных исходах и новых диагнозах будут получены из регулярно обновляющейся базы данных Медицинского информационного аналитического центра Архангельской области и по ключу СНИЛС будут внесены в базу данных АРИЛИС.

Будет оценена связь применения мТИИ к данным КТ ГК онкологических больных с количеством и тяжестью новых неонкологических диагнозов, установленных в течение года, а также с пятилетним риском смерти.

На **четвёртом этапе** исследования предполагается изучить предсказательное значение предикторов неонкологической патологии (сердечно-сосудистой, лёгочной, остеопороза) в популяции онкологических больных и в сравниваемых когортах. В когорте УСС также планируется сравнение предсказательной силы КТ-предикторов, выявленных алгоритмом искусственного интеллекта и по традиционным шкалам на основе косвенных параметров, например, шкалы SCORE для прогнозирования сердечно-сосудистых событий. Финальным этапом исследования планируется создание калькуляторов риска сердечно-сосудистых, лёгочных и костных событий на основе находок мТИИ по КТ органов ГК для общей популяции и для отдельных анализируемых групп больных в описанных когортах.

Анализ данных

При обработке исследований КТ будет применяться программное обеспечение на основе технологий искусственного интеллекта от компании IRA Labs (ООО «АЙРА

Лабс»). Качество работы этого продукта подтверждено в рамках тестирования разработчиков искусственного интеллекта в эксперименте по использованию инновационных технологий в области компьютерного зрения для анализа медицинских изображений и дальнейшего применения этих технологий в системе здравоохранения в Москве [30, 31]. Этот продукт содержит набор алгоритмов, которые способны выполнять параллельный анализ с целью выявления, количественной оценки и классификации рентгенологических симптомов с использованием критериев, принятых в рамках эксперимента в Москве, основанных на клинических рекомендациях Минздрава России и лучших практиках.

Результаты тестирования алгоритмов искусственного интеллекта оценены по показателям чувствительности, специфичности, точности и «площади под кривой» (ROC AUC), указанные в табл. 1 [32]. Критерии всех выявляемых рентгенологических симптомов по данным изображений КТ представлены в табл. 2.

Дизайн работы алгоритма и примеры обработки изображений представлены на рис. 2 и 3.

Для сравнения распространённости патологических находок искусственного интеллекта на КТ в различных группах будет использован метод хи-квадрат Пирсона, при необходимости — с поправкой Йетса на непрерывность данных. При ожидаемых частотах менее 5 будет использован точный критерий Фишера. Независимое влияние каждого из изучаемых предикторов будет оцениваться с помощью многомерных логистических регрессионных моделей при частоте исхода до 10% и с помощью регрессионных моделей Пуассона с расчётом робастных стандартных ошибок для более частых исходов.

Оценка выживаемости участников исследования будет проведена с использованием метода Каплана–Мейера и построения кривых дожития. Различия в выживаемости между подгруппами будут оценены с помощью лог-рангового теста. Бивариантные сравнения в дожитии пациентов в рамках заранее заданных временных интервалов будут осуществляться с помощью расчёта таблиц дожития (актуариальный метод), а сравнения между подгруппами будут выполняться с помощью критерия Вилкоксона–Джихана.

Для учёта потенциальных конфаундеров в анализе выживаемости в зависимости от степени выраженности находок мТИИ на КТ будут применяться многомерные модели пропорциональных рисков Кокса, являющиеся наиболее оптимальным методом для оценки независимого эффекта изучаемых признаков на исход.

Все расчёты будут произведены с помощью программного обеспечения STATA-MP v.18.0 x64 (Stata Corp, College Station, TX, USA).

Исследование одобрено на заседании локального этического комитета ФГБОУ ВО СГМУ (Архангельск) Минздрава России 18.10.2023 г., протокол № 07/10-23.

Таблица 2. Величины метрик диагностической точности мультитаргетного алгоритма искусственного интеллекта для компьютерной томографии органов грудной клетки, полученные на датасетах в рамках Московского эксперимента

Table 2. Values of metrics of diagnostic accuracy of the multitargeted artificial intelligence algorithm for computed tomography of the chest organs obtained on datasets within the framework of the Moscow experiment

Название алгоритма искусственного интеллекта «Multi-IRA» для отдельных видов патологий The name of the artificial intelligence algorithm “Multi-IRA” for certain types of pathologies	ROC AUC	Чувствительность Sensitivity	Специфичность Specificity	Точность Accuracy
COVID-IRA (выявление областей инфильтрации лёгких) COVID-IRA (identification of lung infiltration areas)	0,98	0,95	0,94	0,94
LungNodule-IRA (выявление узлов в лёгких) LungNodule-IRA (detection of nodes in the lungs of the lungs)	0,96	0,94	0,94	0,94
PleuralEffusion-IRA (выявление плеврального выпота) PleuralEffusion-IRA (detection of pleural effusion)	1,00	0,98	1,00	0,99
Aorta-IRA: органы грудной клетки (анализ диаметра грудной аорты) Aorta-IRA: chest organs (analysis of the diameter of the thoracic aorta)	0,99	0,96	1,00	0,98
Aorta-IRA: органы грудной клетки + органы брюшной полости (анализ диаметра грудной и брюшной аорты) Aorta-IRA: chest organs + abdominal organs (analysis of the diameter of the thoracic and abdominal aorta)	1,00	0,98	1,00	0,99
PulmTrunk-IRA (анализ диаметра ствола лёгочной артерии) PulmTrunk-IRA (analysis of the diameter of the trunk of the pulmonary artery)	1,00	1,00	0,98	0,99
Agatston-IRA (анализ кальциевого индекса по Agatston) Agatston-IRA (Agatston Calcium Index Analysis)	0,986	0,96	0,96	0,96
Genant-IRA (анализ высоты тел позвонков) Genant-IRA (vertebral body height analysis)	0,995	1,00	0,98	0,99
Emphysema-IRA (выявление эмфиземы) Emphysema-IRA (detection of emphysema)	0,99	0,94	0,98	0,96
Adrenal-IRA (оценка толщины надпочечников для поиска образований и гиперплазии) Adrenal-IRA (assessment of the thickness of the adrenal glands to search for formations and hyperplasia)	0,96	1,00	0,96	0,98
Fat-IRA (оценка объёма перикардиальной жировой ткани для прогноза риска ишемической болезни сердца) Feat-IRA (assessment of the volume of pericardial adipose tissue to predict the risk of coronary heart disease)	0,99	0,98	0,98	0,98

**ОЖИДАЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ
И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ**

1. Будут оценены распространённость и прогностическое значение патологии сердечно-сосудистой, лёгочной и костной систем, выявляемые с помощью мТИИ по данным КТ у онкологических пациентов.
2. Будет оценена распространённость находок мТИИ на КТ в других популяциях больных и в популяции, представляющей Архангельскую область. Будет оценена связь применения мТИИ к данным КТ ГК онкологических больных с количеством и стадией новых неонкологических диагнозов, установленных в течение года, а также с пятилетним риском смерти.
3. Будет изучен потенциал мТИИ от IRA Labs в предсказании и реклассификации риска сердечно-сосудистых,

лёгочных и костных событий, а также общей смертности/выживаемости.

4. Будет создана удобная для использования в клинической практике многофакторная математическая модель для оценки риска сердечно-сосудистых, лёгочных и костных событий с интегральным анализом лучевых и анамнестических данных с помощью технологий искусственного интеллекта. Предсказательная эффективность этой модели будет сравнена с существующими шкалами оценки рисков этих событий и изучен её потенциал для реклассификации рисков.

В большинстве экономически развитых стран население быстро стареет из-за снижения рождаемости и увеличения продолжительности жизни, что создаёт новые вызовы. Так, в США, по прогнозам, число людей в возрасте 50 лет и старше достигнет 221,13 млн человек

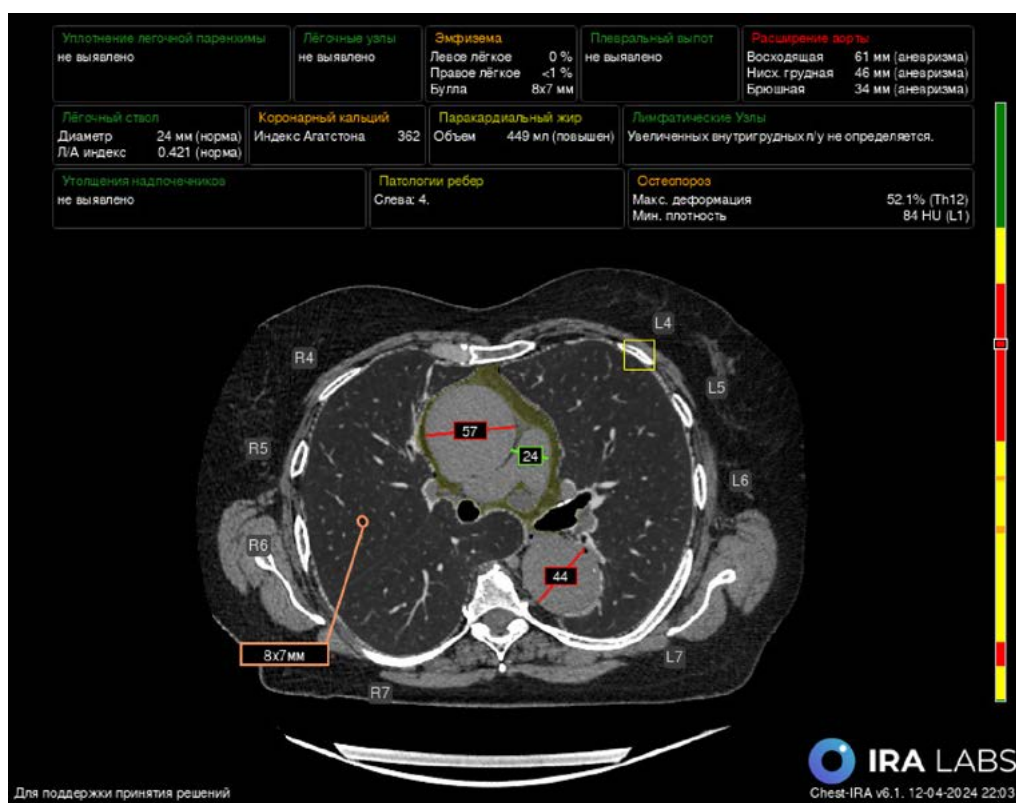


Рис. 2. Результаты анализа компьютерной томографии с использованием многозадачной технологии искусственного интеллекта; изображение в аксиальной плоскости с данными о выявленных патологиях: зелёным цветом отмечены значения находок в пределах нормы, жёлтым и оранжевым — клинически незначимые находки, красным — клинически значимые; справа представлен скроллинг, соответствующий КТ-серии, на которой цветами отображаются патологии, выявленные с помощью искусственного интеллекта на срезах.

Fig. 2. The results of the analysis of computed tomography using multitasking artificial intelligence technology; an image in the axial plane with data on detected pathologies: green indicates the values of findings within the normal range, yellow and orange — clinically insignificant findings, red — clinically significant; on the right is a scrolling corresponding to the CT series, on which colors are displayed pathologies identified by artificial intelligence on slices.

в 2050 г., что на 61,11% больше, чем в 2020 г. Это приведёт к увеличению на 99% числа людей старше 50 лет, имеющих по крайней мере одно хроническое заболевание, и мультиморбидности — на 91% [33].

Рак и сердечно-сосудистые заболевания являются двумя ведущими причинами смертности во всём мире. Хотя исторически рак рассматривался как состояние, характеризующееся аномальным ростом и пролиферацией клеток, сейчас признано, что он может приводить к различным сердечно-сосудистым заболеваниям. Это связано с прямым воздействием онкологического процесса на сердце и сосуды, что может вызвать миокардит, перикардит и васкулит. Кроме того, больные раком часто испытывают системные эффекты, такие как окислительный стресс, воспаление и метаболическая дисрегуляция, которые могут способствовать развитию сердечно-сосудистых факторов риска (гипертонии, дислипидемии и резистентности к инсулину). Важно внимательно следить за пациентами с раком, особенно за теми, кто проходит химиотерапию или лучевую терапию, на предмет сердечно-сосудистых факторов риска и оперативно устранять их [34].

Согласно данным анализа SEER, в американской популяции у пациентов с раком прямой кишки, мочевого пузыря, почек, эндометрия, молочной железы, простаты и яичек чаще фиксируются неонкологические причины смерти, чем смерть от рака [35]. При этом 40% смертей обусловлены сердечно-сосудистыми заболеваниями. Наиболее высокие стандартизованные по возрасту отношения смертности (COC), по сравнению с общей популяцией, связаны с небактериальными инфекциями, особенно среди лиц младше 50 лет (например, COC >1000 для лимфом, $p < 0,001$). Наибольшие значения COC обычно наблюдаются в течение первого года после постановки диагноза рака (COC 10–10 000, $p < 0,001$) [7].

В нашем исследовании мы планируем оценить риск смерти от неонкологических заболеваний и других событий, связанных с выявленными на сериях КТ, у больных раком с помощью лидирующего в мире алгоритма мТИИ, способного выявлять, количественно оценивать и классифицировать рентгенологические симптомы патологий в различных органах и системах организма. Мы полагаем, что эти предсказания, сделанные на основе объективных количественных данных о кальцинозе коронарных

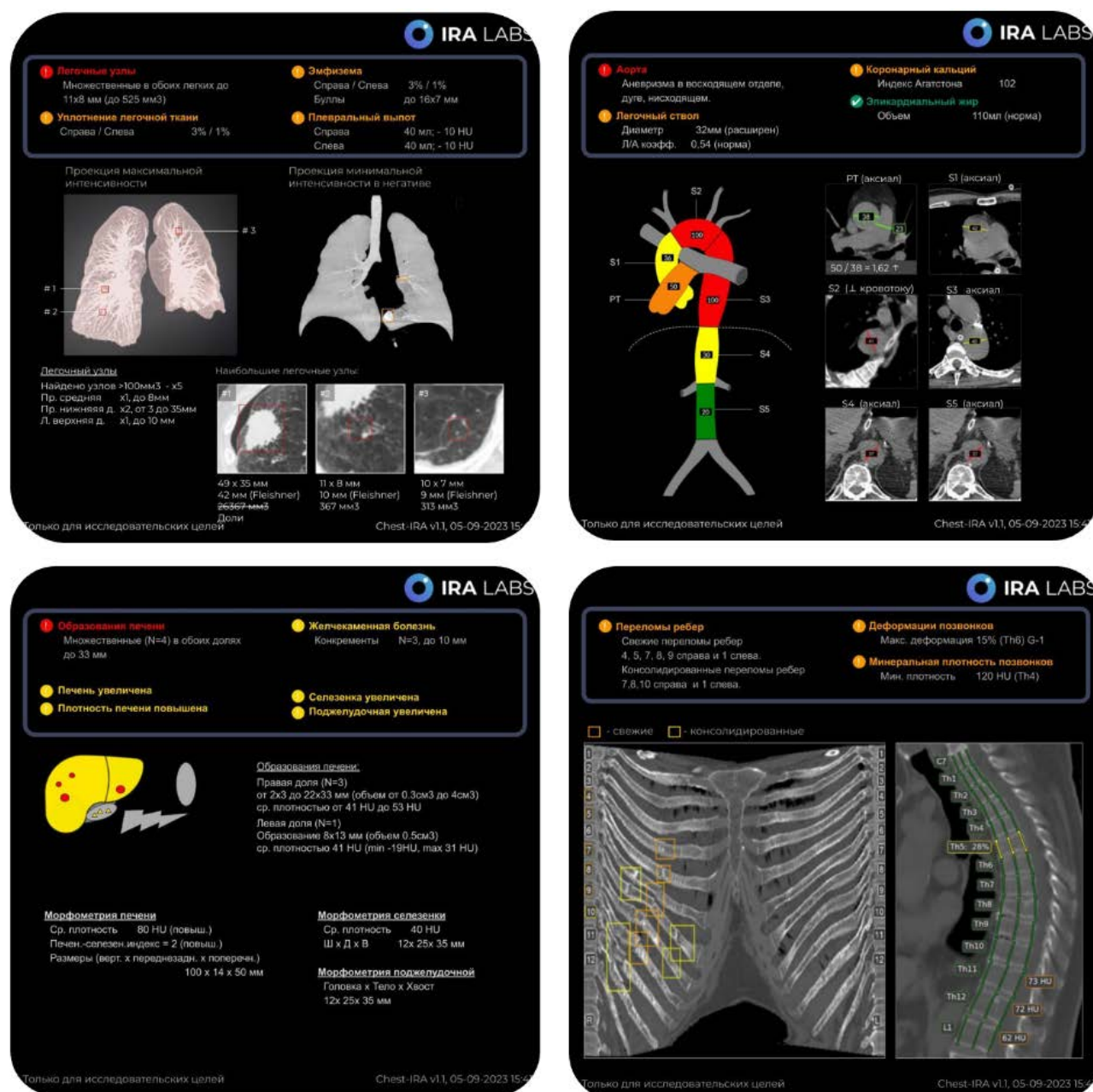


Рис. 3. Результат обработки компьютерной томографии с помощью мультитаргетной технологии искусственного интеллекта. Для каждого КТ-исследования создаются 4 ключевые изображения, сгруппированные по следующему принципу: находки в дыхательной системе, находки в сердечно-сосудистой системе, находки в органах брюшной полости и забрюшинного пространства, находки в костной системе.

Fig. 3. The result of processing computed tomography using multi-target artificial intelligence technology. For each CT scan, 4 key images are created, grouped according to the following principle: findings in the respiratory system, findings in the cardiovascular system, findings in the organs of the abdominal cavity and retroperitoneal space, findings in the bone system.

сосудов, диаметре аорты и лёгочного ствола, объёме эпикардиального сердечного жира, эмфиземе лёгких, минеральной плотности позвонков, будут более точными по сравнению с используемыми в настоящее время моделями, опирающимися на косвенные данные. Ключевым результатом нашего исследования станет разработка методологии, позволяющей интегрировать данные, полученные с помощью искусственного интеллекта, в клиническую практику. Это направлено на повышение точности прогнозирования и персонализацию лечения пациентов.

Такой подход может способствовать более раннему выявлению потенциальных рисков и оптимальному распределению медицинских ресурсов. Мы также ожидаем, что применение мТИИ не только улучшит точность диагностики, но и значительно сократит время, необходимое для анализа медицинских изображений, что особенно важно в условиях высокой загруженности медицинских учреждений. Предварительные результаты показывают, что алгоритмы искусственного интеллекта способны эффективно идентифицировать и классифицировать

различные патологии, что делает их незаменимым инструментом для рентгенологов [15].

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Исследование АРИЛИС направлено на проверку гипотезы о том, что применение мТИИ в клинической практике может повысить точность и своевременность диагностических процедур и улучшить прогноз в онкологии и других областях медицины, обеспечивая при этом своевременное начало лечения, его более высокую эффективность и безопасность.

ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ИНФОРМАЦИЯ

Вклад авторов. Все авторы внесли существенный вклад в разработку концепции и подготовку статьи, прочли и одобрили финальную версию перед публикацией.

Источник финансирования. Авторы заявляют об отсутствии финансирования проекта в настоящее время. В дальнейшем планируется подача заявок на гранты фондов различного уровня для обеспечения финансирования отдельных этапов проекта.

Конфликт интересов. Авторы декларируют отсутствие явных и потенциальных конфликтов интересов, связанных с публикацией настоящей статьи.

Информированное согласие на участие в исследовании. Все участники исследования «Узнай своё сердце» до включения в исследование добровольно подписали форму информированного согласия, утверждённую в составе протокола исследования

этическим комитетом. Все больные, проходившие компьютерную томографию органов грудной клетки в медицинских организациях, подписывали информированное согласие на проведение исследования. Изображения из медицинских организаций в момент обработки мультитаргетного алгоритма искусственного интеллекта и совмещения с базами данных регистра не будут содержать персональных данных больных, на их использование в обезличенном виде дано разрешение этического комитета.

ADDITIONAL INFORMATION

Authors' contribution. All authors have made a significant contribution to the development of the concept of the study, drafting the text, its critical evaluation, editing and approval of the final version.

Funding sources. The authors declare that there is currently no funding for the project. In the future, it is planned to submit applications for grants from funds of various levels to ensure financing of individual stages of the project.

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

Patients' consent. Written consent was obtained from all the participants of KYH study before the study screening in according to the study protocol approved by the local ethic committee. All patients who underwent CT scanning of the chest in medical organizations signed informed consent for the study. Images from medical organizations, when processed by the mtAI and combined with the registry database, will not contain personal data of patients; permission from the ethics committee has been obtained for their use in anonymized form.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. ВОЗ: Десять ведущих причин смерти в мире. Глобальный веб-сайт. Режим доступа: <https://www.who.int/ru/news-room/fact-sheets/detail/the-top-10-causes-of-death> Дата обращения: 13.02.2024.
2. Wong M.C.S., Huang J., Chan P.S., et al. Global incidence and mortality of gastric cancer, 1980–2018 // JAMA Network Open. 2021. Vol. 4, N 7. P. e2118457. doi: 10.1001/jamanetworkopen.2021.18457
3. Howlader N., Forjaz G., Mooradian M.J., et al. The effect of advances in lung-cancer treatment on population mortality // N Engl J Med. 2020. Vol. 383, N 7. P. 640–649. doi: 10.1056/NEJMoa1916623
4. Allemani C., Weir H.K., Carreira H., et al. Global surveillance of cancer survival 1995–2009: analysis of individual data for 25 676 887 patients from 279 population-based registries in 67 countries (CONCORD-2) // Lancet. 2015. Vol. 385, N 9972. P. 977–1010. doi: 10.1016/S0140-6736(14)62038-9
5. Zeng H., Chen W., Zheng R., et al. Changing cancer survival in China during 2003–2015: a pooled analysis of 17 population-based cancer registries // Lancet Glob Health. 2018. Vol. 6, N 5. P. e555–e567. doi: 10.1016/S2214-109X(18)30127-X
6. Валькова Л.Е., Мерабишвили В.М., Панкратьева А.Ю., и др. Выживаемость больных ЗНО, включёнными в программу первого этапа диспансеризации отдельных групп взрослого населения: эпидемиологический анализ на основе данных канцер-регистра // Вопросы онкологии. 2021. Т. 67, № 4. С. 501–510. EDN: LHCVAZ doi: 10.37469/0507-3758-2021-67-4-501-510
7. Zaorsky N.G., Churilla T.M., Egleston B.L., et al. Causes of death among cancer patients // Ann Oncol. 2017. Vol. 28, N 2. P. 400–407. doi: 10.1093/annonc/mdw604
8. Валькова Л.Е., Левит М.Л., Мерабишвили В.М., и др. Динамика смертности от злокачественных новообразований, регистрируемых в ходе диспансеризации отдельных групп взрослого населения: популяционное исследование по данным Архангельского областного канцер-регистра // Research'n Practical Medicine Journal. 2020. Vol. 7, N 4. P. 175–182. EDN: UWZJGX doi: 10.17709/2409-2231-2020-7-4-14
9. Cao B., Soerjomataram I., Bray F. The burden and prevention of premature deaths from noncommunicable diseases, including cancer: a global perspective. In: Wild C.P., Weiderpass E., Stewart B.W., eds. World Cancer Report. Cancer research for cancer prevention. Lion, 2020.
10. Authors/Task Force Members, Piepoli M.F., Hoes A.W., et al. 2016 European Guidelines on cardiovascular disease prevention in clinical practice: the sixth joint task force of the European Society of Cardiology and other societies on cardiovascular disease prevention in clinical practice (constituted by representatives of 10 societies and by invited experts): developed with the special contribution of the European Association for Cardiovascular

- Prevention & Rehabilitation (EACPR) // *Eur J Prev Cardiol*. 2016. Vol. 23, N 11. NP1–NP96. doi: 10.1177/2047487316653709
11. Sedlak T., Herscovici R., Cook-Wiens G., et al. Predicted versus observed major adverse cardiac event risk in women with evidence of ischemia and no obstructive coronary artery disease: a report from WISE (Women's Ischemia Syndrome Evaluation) // *J Am Heart Assoc*. 2020. Vol. 9, N 7. P. e013234. doi: 10.1161/JAHA.119.013234
12. Sofogianni A., Stalikis N., Antza C., Tziomalos K. Cardiovascular risk prediction models and scores in the era of personalized medicine // *J Pers Med*. 2022. Vol. 12, N 7. P. 1180. doi: 10.3390/jpm12071180
13. Сафарян А.С., Выгодин В.А., Небиеридзе Д.В., Никонова К.В. Сопоставимость оценки сердечно-сосудистого риска согласно шкале SCORE и по кальциевому индексу коронарных артерий (индекс Агатстона) // *Кардиоваскулярная терапия и профилактика*. 2023. Т. 22, № 9. С. 6–13. EDN: EWWUXT doi: 10.15829/1728-8800-2023-3650
14. Эксперимент по использованию инновационных технологий в области компьютерного зрения для анализа медицинских изображений и дальнейшего применения в системе здравоохранения. Режим доступа: <https://mosmed.ai> Дата обращения: 18.05.2024.
15. Чернина В.Ю., Беляев М.Г., Силин А.Ю., и др. Диагностическая и экономическая оценка применения комплексного алгоритма искусственного интеллекта, направленного на выявление десяти патологических находок по данным компьютерной томографии органов грудной клетки // *Digital Diagnostics*. 2023. Т. 4, № 2. С. 105–132. EDN: UGUJWJ doi: 10.17816/DD321963
16. Морозов С.П., Проценко Д.Н., Сметанина С.В., и др. Лучевая диагностика коронавирусной болезни (COVID-19): организация, методология, интерпретация результатов: препринт № ЦДТ-2020-І. В кн.: Лучшие практики лучевой и инструментальной диагностики. Вып. 65. М.: ГБУЗ «НПКЦ ДиТ ДЗМ», 2020.
17. Lynch D.A., Austin J.H., Hogg J.C., et al. CT-definable subtypes of chronic obstructive pulmonary disease: a statement of the Fleischner Society // *Radiology*. 2015. Vol. 277, N 1. P. 192–205. doi: 10.1148/radiol.2015141579
18. Hersh C.P., Washko G.R., Estépar R.S., et al. Paired inspiratory-expiratory chest CT scans to assess for small airways disease in COPD // *Respir Res*. 2013. Vol. 14, N 1. P. 42. doi: 10.1186/1465-9921-14-42
19. Erbel R., Aboyans V., Boileau C., et al. 2014 ESC Guidelines on the diagnosis and treatment of aortic diseases: Document covering acute and chronic aortic diseases of the thoracic and abdominal aorta of the adult. The task force for the diagnosis and treatment of aortic diseases of the European Society of Cardiology (ESC) // *Eur Heart J*. 2014. Vol. 35, N 41. P. 2873–2926. doi: 10.1093/eurheartj/ehu281
20. Wanhainen A., Verzini F., Van Herzele I., et al. Editor's Choice — European Society for Vascular Surgery (ESVS) 2019 Clinical practice guidelines on the management of abdominal aorto-iliac artery aneurysms // *Eur J Vasc Endovasc Surg*. 2019. Vol. 57, N 1. P. 8–93. doi: 10.1016/j.ejvs.2018.09.020
21. Jurgens P.T., Carr J.J., Terry J.G., et al. Association of abdominal aorta calcium and coronary artery calcium with incident cardiovascular and coronary heart disease events in black and white middle-aged people: The coronary artery risk development in young adults study // *J Am Heart Assoc*. 2021. Vol. 10, N 24. P. e023037. doi: 10.1161/JAHA.121.023037
22. Galiè N., Humbert M., Vachiery J.L., et al. 2015 ESC/ERS Guidelines for the diagnosis and treatment of pulmonary hypertension: The joint task force for the diagnosis and treatment of pulmonary hypertension of the European society of cardiology (ESC) and the European respiratory society (ERS): Endorsed by: Association for European paediatric and congenital cardiology (AEPC), International society for heart and lung transplantation (ISHLT) // *Eur Respir J*. 2015. Vol. 46, N 4. P. 903–975. doi: 10.1183/13993003.01032-2015
23. Agatston A.S., Janowitz W.R., Hildner F.J., et al. Quantification of coronary artery calcium using ultrafast computed tomography // *J Am Coll Cardiol*. 1990. Vol. 15, N 4. P. 827–832. doi: 10.1016/0735-1097(90)90282-t
24. Белая Ж.Е., Белова К.Ю., Бирюкова Е.В., и др. Федеральные клинические рекомендации по диагностике, лечению и профилактике остеопороза // *Остеопороз и остеопатии*. 2021. Т. 24, № 2. С. 4–47. EDN: TUONYE doi: 10.14341/osteo12930
25. Genant H.K., Jergas M. Assessment of prevalent and incident vertebral fractures in osteoporosis research // *Osteoporosis Int*. 2003. Vol. 14, Suppl 3. P. S43–S55. doi: 10.1007/S00198-002-1348-1
26. Spearman J.V., Renker M., Schoepf U.J., et al. Prognostic value of epicardial fat volume measurements by computed tomography: a systematic review of the literature // *Eur Radiol*. 2015. Vol. 25, N 11. P. 3372–3381. doi: 10.1007/s00330-015-3765-5
27. Cook S., Malyutina S., Kudryavtsev A.V., et al. Know your heart: rationale, design and conduct of a cross-sectional study of cardiovascular structure, function and risk factors in 4500 men and women aged 35–69 years from two Russian cities, 2015–2018 // *Wellcome Open Res*. 2018. Vol. 3. P. 67. doi: 10.12688/wellcomeopenres.14619.3
28. Mirolyubova O., Kholmatova K., Postoeva A., et al. Socio-demographic, lifestyle, and cardiometabolic characteristics associated with low-grade systemic inflammation in Russian adult population // *Biomolecules*. 2023. Vol. 13, N 5. P. 835. doi: 10.3390/biom13050835
29. Драпкина О.М., Шальнова С.А., Имаева А.Э., и др. Эпидемиология сердечно-сосудистых заболеваний и их факторов риска в регионах Российской Федерации. Третье исследование (ЭССЕ-РФ-3). Обоснование и дизайн исследования // *Кардиоваскулярная терапия и профилактика*. 2022. Т. 21, № 5. С. 48–57. EDN: EZUGUW doi: 10.15829/1728-8800-2022-3246
30. McClelland R.L., Jorgensen N.W., Budoff M., et al. 10-year coronary heart disease risk prediction using coronary artery calcium and traditional risk factors: derivation in the MESA (Multi-Ethnic Study of Atherosclerosis) with validation in the HNR (Heinz Nixdorf Recall) study and the DHS (Dallas Heart Study) // *J Am Coll Cardiol*. 2015. Vol. 66, N 15. P. 1643–1653. doi: 10.1016/j.jacc.2015.08.035
31. Центр диагностики и телемедицины [интернет]. ООО «АЙРА Лабс»: Chest-IRA. Режим доступа: https://mosmed.ai/service_catalog/chestira Дата обращения: 17.04.2024.
32. Морозов С.П., Владимировский А.В., Кляшторный В.Г., и др. Клинические испытания программного обеспечения на ос-

нове интеллектуальных технологий (лучевая диагностика): препринт № ЦДТ-2019-1. В кн.: Лучшие практики лучевой и инструментальной диагностики. Вып. 23. М.: ГБУЗ «НПКЦ ДиТ ДЗМ», 2019.

33. Владимировский А.В., Васильев Ю.А., Арзамасов К.М., и др. Компьютерное зрение в лучевой диагностике: первый этап Московского эксперимента. М.: Издательские решения, 2023. EDN: FOYLXK

REFERENCES

1. World Health Organization: The top 10 causes of death. Global web-site. [cited 2024 Febr 13]. Available from: <https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/the-top-10-causes-of-death>
2. Wong MCS, Huang J, Chan PS, et al. Global incidence and mortality of gastric cancer, 1980–2018. *JAMA Network Open*. 2021;4(7):e2118457. doi: 10.1001/jamanetworkopen.2021.18457
3. Howlader N, Forjaz G, Mooradian MJ, et al. The effect of advances in lung-cancer treatment on population mortality. *N Engl J Med*. 2020;383(7):640–649. doi: 10.1056/NEJMoa1916623
4. Allemani C, Weir HK, Carreira H, et al. Global surveillance of cancer survival 1995–2009: analysis of individual data for 25 676 887 patients from 279 population-based registries in 67 countries (CONCORD-2). *Lancet*. 2015;385(9972):977–1010. doi: 10.1016/S0140-6736(14)62038-9
5. Zeng H, Chen W, Zheng R, et al. Changing cancer survival in China during 2003–2015: a pooled analysis of 17 population-based cancer registries. *Lancet Global Health*. 2018;6(5):e555–e567. doi: 10.1016/S2214-109X(18)30127-X
6. Valkova LE, Merabishvili VM, Pankratyeva AY, et al. Survival of cancer patients screened at the first stage of dispensarization of certain groups of the adult population: a population-based epidemiological analysis. *Problems in Oncology*. 2021;67(4):501–510. EDN: LHCVAZ
doi: 10.37469/0507-3758-2021-67-4-501-510
7. Zaorsky NG, Churilla TM, Eggleston BL, et al. Causes of death among cancer patients. *Ann Oncol*. 2017;28(2):400–407. doi: 10.1093/annonc/mdw604
8. Valkova LE, Levit ML, Merabishvili VM, et al. Cancer mortality trends after implementation of the national programme for dispensarization of certain groups of the adult population: a population-based study from Arkhangelsk, North-western Russia. *Research'n Practical Medicine Journal*. 2020;7(4):175–182. EDN: UWZJGX doi: 10.17709/2409-2231-2020-7-4-14
9. Cao B, Soerjomataram I, Bray F. The burden and prevention of premature deaths from noncommunicable diseases, including cancer: a global perspective. In: Wild C.P., Weiderpass E., Stewart B.W., eds. *World Cancer Report. Cancer research for cancer prevention*. Lyon; 2020.
10. Authors/Task Force Members, Piepoli MF, Hoes AW, et al. 2016 European Guidelines on cardiovascular disease prevention in clinical practice: the sixth joint task force of the European Society of Cardiology and other societies on cardiovascular disease prevention in clinical practice (constituted by representatives of 10 societies and by invited experts): developed with the special contribution of the European Association for Cardiovascular Prevention & Rehabilitation (EACPR). *Eur J Prev Cardiol*. 2016;23(11):NP1–NP96. doi: 10.1177/2047487316653709
11. Sedlak T, Herscovici R, Cook-Wiens G, et al. Predicted versus observed major adverse cardiac event risk in women with evidence of ischemia and no obstructive coronary artery disease: a report from WISE (Women's Ischemia Syndrome Evaluation). *J Am Heart Assoc*. 2020;9(7):e013234. doi: 10.1161/JAHA.119.013234
12. Sofogianni A, Stalikas N, Antza C, Tziomalos K. Cardiovascular risk prediction models and scores in the era of personalized medicine. *J Pers Med*. 2022;12(7):1180. doi: 10.3390/jpm12071180
13. Safaryan AS, Vygodin VA, Nebieridze DV, Nikonova KV. Comparability of cardiovascular risk assessment according to the SCORE and the coronary artery calcium score (Agatston score). *Cardiovascular Therapy and Prevention*. 2023;22(9):3650. EDN: EWWUXT doi: 10.15829/1728-8800-2023-3650
14. Experiment on the use of innovative technologies in computer vision for the analysis of medical images and further application in the healthcare system. [cited 2024 May 18]. Available from: <https://mosmed.ai>
15. Chernina VYu, Belyaev MG, Silin AY, et al. Analysis of the diagnostic and economic impact of the combined artificial intelligence algorithm for analysis of 10 pathological findings on chest computed tomography. *Digital Diagnostics*. 2023;4(2):105–132. EDN: UGUJWJ
doi: <https://doi.org/10.17816/DD321963>
16. Morozov SP, Protsenko DN, Smetanina SV, et al. Radiation diagnostics of coronavirus disease (COVID-19): organization, methodology, interpretation of results: preprint no. CDT-2020-I. In: *The best practices of radiation and instrumental diagnostics*. Issue 65. Moscow: GBUZ "NPCC DiT DZM"; 2020. (In Russ.)
17. Lynch DA, Austin JH, Hogg JC, et al. CT-definable subtypes of chronic obstructive pulmonary disease: a statement of the Fleischner Society. *Radiology*. 2015;277(1):192–205. doi: 10.1148/radiol.2015141579
18. Hersh CP, Washko GR, Estépar RS, et al. Paired inspiratory-expiratory chest CT scans to assess for small airways disease in COPD. *Respir Res*. 2013;14(1):42. doi: 10.1186/1465-9921-14-42
19. Erbel R, Aboyans V, Boileau C, et al. 2014 ESC Guidelines on the diagnosis and treatment of aortic diseases: Document covering acute and chronic aortic diseases of the thoracic and abdominal aorta of the adult. The task force for the diagnosis and treatment of aortic diseases of the European Society of Cardiology (ESC). *Eur Heart J*. 2014;35(41):2873–2926. doi: 10.1093/eurheartj/ehu281
20. Wanhainen A, Verzini, Van Herzele I, et al. Editor's Choice — European Society for Vascular Surgery (ESVS) 2019 Clinical practice guidelines on the management of abdominal aorto-iliac artery aneurysms. *Eur J Vasc Endovasc Surg*. 2019;57(1):8–93. doi: 10.1016/j.ejvs.2018.09.020

21. Jurgens PT, Carr JJ, Terry JG, et al. Association of abdominal aorta calcium and coronary artery calcium with incident cardiovascular and coronary heart disease events in black and white middle-aged people: The coronary artery risk development in young adults' study. *J Am Heart Assoc.* 2021;10(24):e023037. doi: 10.1161/JAHA.121.023037
22. Galiè N, Humbert M, Vachiery JL, et al. 2015 ESC/ERS Guidelines for the diagnosis and treatment of pulmonary hypertension: The joint task force for the diagnosis and treatment of pulmonary hypertension of the European society of cardiology (ESC) and the European respiratory society (ERS): Endorsed by: Association for European paediatric and congenital cardiology (AEPC), International society for heart and lung transplantation (ISHLT). *Eur Respir J.* 2015;46(4):903–975. doi: 10.1183/13993003.01032-2015
23. Agatston AS, Janowitz WR, Hildner FJ, et al. Quantification of coronary artery calcium using ultrafast computed tomography. *J Am Coll Cardiol.* 1990;15(4):827–832. doi: 10.1016/0735-1097(90)90282-t
24. Belaya ZhE, Belova KYu, Biryukova EV, et al. Federal clinical guidelines for diagnosis, treatment and prevention of osteoporosis. *Osteoporosis and Bone Diseases.* 2021;24(2):4–47. EDN: TUONYE doi: 10.14341/osteo12930
25. Genant HK, Jergas M. Assessment of prevalent and incident vertebral fractures in osteoporosis research. *Osteoporosis Int.* 2003;14 Suppl 3:S43–S55. doi: 10.1007/S00198-002-1348-1
26. Spearman JV, Renker M, Schoepf UJ, et al. Prognostic value of epicardial fat volume measurements by computed tomography: a systematic review of the literature. *Eur Radiol.* 2015;25(11):3372–3381. doi: 10.1007/s00330-015-3765-5
27. Cook S, Malyutina S, Kudryavtsev AV, et al. Know your heart: rationale, design and conduct of a cross-sectional study of cardiovascular structure, function and risk factors in 4500 men and women aged 35–69 years from two Russian cities. *Wellcome Open Res.* 2018;3:67. doi: 10.12688/wellcomeopenres.14619.3
28. Mirolyubova O, Kholmatova K, Postoeva A, et al. Socio-demographic, lifestyle, and cardiometabolic characteristics associated with low-grade systemic inflammation in Russian adult population. *Biomolecules.* 2023;13(5):835. doi: 10.3390/biom13050835
29. Drapkina OM, Shalnova SA, Imaeva AE, et al. Epidemiology of cardiovascular diseases in regions of Russian Federation. Third survey (ESSE-RF-3). Rationale and study design. *Cardiovascular Therapy and Prevention.* 2022;21(5):48–57. doi: 10.15829/1728-8800-2022-3246
30. McClelland RL, Jorgensen NW, Budoff M, et al. 10-year coronary heart disease risk prediction using coronary artery calcium and traditional risk factors: derivation in the MESA (Multi-Ethnic Study of Atherosclerosis) with validation in the HNR (Heinz Nixdorf Recall) study and the DHS (Dallas Heart Study). *J Am Coll Cardiol.* 2015;66(15):1643–1653. doi: 10.1016/j.jacc.2015.08.035
31. Diagnostics and Telemedicine Center [Internet]. AIRA Labs LLC Chest-IRA. [cited 2024 Apr 17]. Available from: https://mosmed.ai/service_catalog/chestira
32. Morozov SP, Vladimirovskiy AV, Klyashtorny V, et al. Clinical trials of software based on intelligent technologies (radiation diagnostics): preprint No. CDT-2019-1. In: *The best practices of radiation and instrumental diagnostics.* Issue 23. Moscow: GBUZ "NPCC DiT DZM"; 2019. (In Russ.)
33. Vladimirovskiy AV, Vasiliev YuA, Arzamasov KM, et al. Computer vision in radiation diagnostics: the first stage of the Moscow experiment. Moscow: Izdatel'skie resheniya; 2023. (In Russ.) EDN: FOYLXK
34. Ansah JP, Chiu CT. Projecting the chronic disease burden among the adult population in the United States using a multi-state population model. *Front Public Health.* 2023;10:1082183. doi: 10.3389/fpubh.2022.1082183
35. Koene RJ, Prizment AE, Blaes A, Konety SH. Shared risk factors in cardiovascular disease and cancer. *Circulation.* 2016;133(11):1104–1114. doi: 10.1161/CIRCULATIONAHA.115.020406

ОБ АВТОРАХ

***Вальков Михаил Юрьевич**, д-р мед. наук, профессор;
адрес: Россия, 163069, Архангельск, Троицкий пр., д. 51;
ORCID: 0000-0003-3230-9638;
eLibrary SPIN: 8608-8239;
e-mail: i@mvalkov.ru

Гржибовский Андрей Мечиславович, PhD;
ORCID: 0000-0002-5464-0498;
eLibrary SPIN: 5118-0081;
e-mail: a.grjibovskiy@yandex.ru

Кудрявцев Александр Валерьевич, PhD;
ORCID: 0000-0001-8902-8947;
eLibrary SPIN: 9296-2930;
e-mail: ispha09@gmail.com

Богданов Максим Андреевич;
ORCID: 0009-0002-3469-658X;
e-mail: chief-bma@ya.ru

AUTHORS' INFO

***Mikhail V. Valkov**, MD, Dr. Sci (Medicine), Professor;
Address: 51 Troitsky ave., 163069 Arkhangelsk, Russia;
ORCID: 0000-0003-3230-9638;
eLibrary SPIN: 8608-8239;
e-mail: i@mvalkov.ru

Andrej M. Grjibovski, MD, MPhil, PhD;
ORCID: 0000-0002-5464-0498;
eLibrary SPIN: 5118-0081;
e-mail: a.grjibovskiy@yandex.ru

Alexander V. Kudryavtsev, PhD;
ORCID: 0000-0001-8902-8947;
eLibrary SPIN: 9296-2930;
e-mail: ispha09@gmail.com

Maxim A. Bogdanov;
ORCID: 0009-0002-3469-658X;
e-mail: chief-bma@ya.ru

Богданов Дмитрий Васильевич;

ORCID: 0000-0002-4105-326X;
eLibrary SPIN: 2507-1354;
e-mail: bogdanovdv@onko29.ru

Дяченко Андрей Андреевич; канд. мед. наук;

ORCID: 0000-0001-8421-5305;
eLibrary SPIN: 5887-5750;
e-mail: andreydyachenko3@gmail.com

Чернина Валерия Юрьевна;

ORCID: 0000-0002-0302-293X;
eLibrary SPIN: 8896-8051;
e-mail: chernina909@gmail.com

Беляев Михаил Геннадьевич, канд. физ.-мат. наук, профессор;

ORCID: 0000-0001-9906-6453;
eLibrary SPIN: 2406-1772;
e-mail: belyaevmichel@gmail.com

Яушев Фарух Рамильевич;

ORCID: 0009-0006-1210-5311;
e-mail: yaushev@phystech.edu

Панина Елена Вячеславовна;

ORCID: 0009-0008-2981-2957;
eLibrary SPIN: 7633-4770;
e-mail: panina@npcmr.ru

Донскова Мария Александровна;

ORCID: 0009-0001-5095-1723;
eLibrary SPIN: 1892-3711;
e-mail: m.donskova@ira-labs.com

Соболева Евгения Александровна;

ORCID: 0009-0009-4037-6911;
e-mail: info@ira-labs.com

Басова Мария Васильевна;

ORCID: 0009-0000-3325-8452;
e-mail: m.basova@ira-labs.com

Писов Максим Евгеньевич;

ORCID: 0000-0001-8727-5792;
eLibrary SPIN: 7812-9031;
e-mail: max@ira-labs.com

Дугова Мария Николаевна;

ORCID: 0009-0004-5586-8015;
e-mail: dugovamaria@yandex.ru

Петраш Екатерина Александровна;

ORCID: 0000-0001-6572-5369;
eLibrary SPIN: 6910-8890;
e-mail: e.a.petrash@gmail.com

Гареева Регина Рустемовна;

ORCID: 0009-0007-5519-7268;
e-mail: regina.gareeva@phystech.edu

Шевцов Алексей Евгеньевич;

ORCID: 0000-0003-3085-4325;
e-mail: a.shevtsov@ira-labs.com

Dmitriy V. Bogdanov;

ORCID: 0000-0002-4105-326X;
eLibrary SPIN: 2507-1354;
e-mail: bogdanovdv@onko29.ru

Andrey A. Dyachenko, MD, Cand. Sci. (Medicine);

ORCID: 0000-0001-8421-5305;
eLibrary SPIN: 5887-5750;
e-mail: andreydyachenko3@gmail.com

Valeria Yu. Chernina;

ORCID: 0000-0002-0302-293X;
eLibrary SPIN: 8896-8051;
e-mail: chernina909@gmail.com

Mikhail G. Belyaev, Cand. Sci. (Physics and Mathematics), Professor;

ORCID: 0000-0001-9906-6453;
eLibrary SPIN: 2406-1772;
e-mail: belyaevmichel@gmail.com

Farukh R. Yaushev;

ORCID: 0009-0006-1210-5311;
e-mail: yaushev@phystech.edu

Elena V. Panina;

ORCID: 0009-0008-2981-2957;
eLibrary SPIN: 7633-4770;
e-mail: panina@npcmr.ru

Maria A. Donskova;

ORCID: 0009-0001-5095-1723;
eLibrary SPIN: 1892-3711;
e-mail: m.donskova@ira-labs.com

Evgenia A. Soboleva;

ORCID: 0009-0009-4037-6911;
e-mail: info@ira-labs.com

Maria V. Basova;

ORCID: 0009-0000-2235-8452;
e-mail: m.basova@ira-labs.com

Maxim E. Pisov;

ORCID: 0000-0001-8727-5792;
eLibrary SPIN: 7812-9031;
e-mail: max@ira-labs.com

Maria N. Dugova;

ORCID: 0009-0004-5586-8015;
e-mail: dugovamaria@yandex.ru

Ekaterina A. Petrash;

ORCID: 0000-0001-6572-5369;
eLibrary SPIN: 6910-8890;
e-mail: e.a.petrash@gmail.com

Regina R. Gareeva;

ORCID: 0009-0007-5519-7268;
e-mail: regina.gareeva@phystech.edu

Alexey E. Shevtsov;

ORCID: 0000-0003-3085-4325;
e-mail: a.shevtsov@ira-labs.com

Вольман Вильгельм Вальерьевич;

ORCID: 0009-0000-6631-1256;
e-mail: v.volman@ira-labs.com

Берикханов Зелимхан Гези-Махмаевич, канд. мед. наук;

ORCID: 0000-0002-4335-3987;
eLibrary SPIN: 5506-9748;
e-mail: berikkhanov_z_g@staff.sechenov.ru

Авдеев Сергей Николаевич; д-р мед. наук, профессор;

ORCID: 0000-0002-5999-2150;
eLibrary SPIN: 1645-5524;
e-mail: serg_avdeev@list.ru

Серова Наталья Сергеевна, д-р мед. наук, профессор;

ORCID: 0000-0001-6697-7824;
eLibrary SPIN: 4632-3235;
e-mail: serova_n_s@staff.sechenov.ru

Секачева Марина Игоревна, PhD, доцент;

ORCID: 0000-0003-0015-7094;
eLibrary SPIN: 4801-3742;
e-mail: sekacheva_m_i@staff.sechenov.ru

Ашихмин Ярослав Игоревич; канд. мед. наук;

ORCID: 0000-0002-1243-5701;
eLibrary SPIN: 3871-1099;
e-mail: ashikhmin@rosmedex.ru

Белая Жанна Евгеньевна, д-р мед. наук;

ORCID: 0000-0002-6674-6441;
eLibrary SPIN: 4746-7173;
e-mail: jannabelaya@gmail.com

Омельяновский Виталий Владимирович, д-р мед. наук, профессор;

ORCID: 0000-0003-1581-0703;
eLibrary SPIN: 1776-4270;
e-mail: vvo@rosmedex.ru

Гончаров Михаил Юрьевич;

ORCID: 0009-0009-8417-0878;
eLibrary SPIN: 7877-3375;
e-mail: m.goncharov@ira-labs.com

Герштанский Александр Сергеевич;

ORCID: 0009-0000-9646-1511;
e-mail: zdrav@dvinaland.ru

Гомболевский Виктор Александрович, канд. мед. наук;

ORCID: 0000-0003-1816-1315;
eLibrary SPIN: 6810-3279;
e-mail: g_victor@mail.ru

Vilgelm V. Volman;

ORCID: 0009-0000-6631-1256;
e-mail: v.volman@ira-labs.com

Zelimhan G.-M. Berikhanov, MD, Cand. Sci. (Medicine)

ORCID: 0000-0002-4335-3987;
eLibrary SPIN: 5506-9748;
e-mail: berikkhanov_z_g@staff.sechenov.ru

Sergey N. Avdeev, MD, Dr. Sci. (Medicine), Professor;

ORCID: 0000-0002-5999-2150;
eLibrary SPIN: 1645-5524;
e-mail: serg_avdeev@list.ru

Natalya S. Serova, MD, Dr. Sci. (Medicine), Professor;

ORCID: 0000-0001-6697-7824;
eLibrary SPIN: 4632-3235;
e-mail: serova_n_s@staff.sechenov.ru

Marina I. Sekacheva, PhD, Associate Professor;

ORCID: 0000-0003-0015-7094;
eLibrary SPIN: 4801-3742;
e-mail: sekacheva_m_i@staff.sechenov.ru

Yaroslav I. Ashikhmin, MD, Cand. Sci. (Medicine);

ORCID: 0000-0002-1243-5701;
eLibrary SPIN: 3871-1099;
e-mail: ashikhmin@rosmedex.ru

Zhanna E. Belaya, MD, Dr. Sci. (Medicine);

ORCID: 0000-0002-6674-6441;
eLibrary SPIN: 4746-7173;
e-mail: jannabelaya@gmail.com

Vitaly V. Omelyanovskiy, MD, Dr. Sci. (Medicine), Professor;

ORCID: 0000-0003-1581-0703;
eLibrary SPIN: 1776-4270;
e-mail: vvo@rosmedex.ru

Mikhail Yu. Goncharov;

ORCID: 0009-0009-8417-0878;
eLibrary SPIN: 7877-3375;
e-mail: m.goncharov@ira-labs.com

Aleksandr S. Gershtanskiy;

ORCID: 0009-0000-9646-1511;
e-mail: zdrav@dvinaland.ru

Victor A. Gombolevskiy, MD, Cand. Sci. (Medicine);

ORCID: 0000-0003-1816-1315;
eLibrary SPIN: 6810-3279;
e-mail: g_victor@mail.ru

*Автор, ответственный за переписку / Corresponding author