



Частота встречаемости патологических изменений на рентгенограммах органов грудной клетки: анализ текстовых протоколов в масштабах мегаполиса

Ю.А. Васильев^{1,2}, Л.Д. Пестренин¹, Д.А. Румянцев^{1,3}, В.П. Новик¹, К.М. Арзамасов¹

¹ ГБУЗ города Москвы «Научно-практический клинический центр диагностики и телемедицинских технологий Департамента здравоохранения города Москвы»,
ул. Петровка, д. 24, стр. 1, г. Москва, 127051, Российская Федерация

² ФГАОУ ВО «Российский национальный исследовательский медицинский университет им. Н.И. Пирогова»
Минздрава России, ул. Островитянова, д. 1, г. Москва, 117513, Российская Федерация

³ ФГБУ ДПО «Центральная государственная медицинская академия»,
ул. Маршала Тимошенко, д. 19, стр. 1А, г. Москва, 121359, Российская Федерация

Резюме

Введение. Для достижения наибольших показателей диагностической точности ИИ-сервисов для лучевой диагностики необходимо их тестирование и валидация на наборах данных, в которых учтен баланс классов различных патологических признаков. Обеспечить создание таких наборов данных возможно лишь при наличии информации о частоте встречаемости патологических признаков в практическом здравоохранении.

Цель исследования: определить частоту встречаемости отдельных патологических признаков на рентгенограммах органов грудной клетки на больших данных системы здравоохранения российского мегаполиса.

Материалы и методы. Обсервационное многоцентровое ретроспективное выборочное исследование. В Едином радиологическом информационном сервисе Единой медицинской информационно-аналитической системы города Москвы было найдено 562 077 текстовых протоколов описаний рентгенограмм органов грудной клетки, которые далее были проанализированы и автоматически размечены с помощью инструмента Medlabel. Временной период, в который были выполнены исследования: с 18.02.2021 по 11.06.2021. Обработка результатов выполнялась в Microsoft Excel и с помощью языка программирования Python 3.9. Различия между группами оценивались с помощью критерия хи-квадрат.

Результаты. Среди всех проанализированных протоколов самым часто встречающимся патологическим признаком была кардиомегалия (12,23 %), тогда как остальные патологические признаки встречались не более чем в 3,0 % случаев. Среди всех исследований с патологическими признаками большинство исследований (79,60 %) содержали только один признак. Среди них самым распространенным признаком была кардиомегалия (80,78 %). Среди протоколов с двумя и более патологическими признаками кардиомегалия встречалась только в 43,36 % случаев, тогда как преобладающими по частоте признаками были очаги затемнения (64,98 %) и инфильтрация/консолидация (64,50 %).

Заключение. Доля протоколов с патологическими признаками составила 16,7 %. По частоте встречаемости на первом месте находится кардиомегалия, на втором – очаги затемнения, на третьем – инфильтрация/консолидация. При этом частота встречаемости отдельных патологических признаков значительно различалась в исследованиях с одним и несколькими (двумя и более) патологическими признаками, что необходимо учитывать при обучении и тестировании ИИ-сервисов.

Ключевые слова: массовая рентгенография грудной клетки, диагностическая визуализация, кардиомегалия, искусственный интеллект, эпидемиология.

Для цитирования: Васильев Ю.А., Пестренин Л.Д., Румянцев Д.А., Новик В.П., Арзамасов К.М. Частота встречаемости патологических изменений на рентгенограммах органов грудной клетки: анализ текстовых протоколов в масштабах мегаполиса // Здоровье населения и среда обитания. 2024. Т. 32. № 6. С. 17–25. doi: 10.35627/2219-5238/2024-32-6-17-25

Frequency of Abnormal Findings on Chest Radiographs: Analysis of Chest X-Ray Reports in the Metropolis

Yuriy A. Vasilev,^{1,2} Lev D. Pestrenin,¹ Denis A. Rumyantsev,^{1,3} Vladimir P. Novik,¹ Kirill M. Arzamasov¹

¹ Research and Practical Clinical Center for Diagnostics and Telemedicine Technologies of the Moscow Health Care Department, Bldg 1, 24 Petrovka Street, Moscow, 127051, Russian Federation

² N.I. Pirogov Russian National Research Medical University, 1 Ostrovityanov Street, Moscow, 117513, Russian Federation

³ Central State Medical Academy of the Department of Presidential Affairs, Bldg 1A, 19 Marshal Timoshenko Street, Moscow, 121359, Russian Federation

Summary

Introduction: To achieve the highest diagnostic accuracy of AI services in radiology, it is necessary to test and validate them on data sets that consider the balance of classes of various abnormalities. Information about the frequency of abnormal findings in practical healthcare is essential for creation of such datasets.

Objective: To establish the frequency of chest X-ray abnormalities using big data from the healthcare system of a Russian metropolis.

Materials and methods: We conducted an observational multicenter retrospective sample study by retrieving 562,077 chest X-ray reports dated February 18, 2021 to June 11, 2021 from the Unified Radiological Information Service of the Unified Medical Information Analysis System of the city of Moscow, which were then analyzed and automatically labeled using the Medlabel tool. The results were processed in Microsoft Excel and using the Python 3.9 programming language. Group differences were determined using the chi-square test.

Results: Among all analyzed reports, cardiomegaly was the most frequent abnormal finding (12.23 %), while the proportion of other abnormalities did not exceed 3.0 %. Among all abnormal chest X-rays, 79.60 % showed only one abnormality with cardiomegaly found in 80.78 % of cases. Among the reports with two or more abnormal findings, cardiomegaly was detected in only 43.36 % of cases, whereas opacities (64.98 %) and infiltration/consolidation (64.50 %) prevailed.

Conclusions: The proportion of abnormal chest X-rays was 16.7 %. In terms of the frequency of occurrence, cardiomegaly ranked first followed by focal pulmonary opacity and infiltration/consolidation. It is worth noting that the frequency of certain types of abnormalities varied significantly between the tests with one and several (two or more) abnormal findings, which should be taken into account when training and testing AI services.

Keywords: mass chest X-ray screening, diagnostic imaging, cardiomegaly, artificial intelligence, epidemiology.

Cite as: Vasilev YuA, Pestrenin LD, Rumyantsev DA, Novik VP, Arzamasov KM. Frequency of abnormal findings on chest radiographs: Analysis of chest X-ray reports in the metropolis. *Zdorov'e Naseleniya i Sreda Obitaniya*. 2024;32(6):17–25. (In Russ.) doi: 10.35627/2219-5238/2024-32-6-17-25

Введение. Рентгенография по-прежнему остается наиболее часто используемым методом диагностики различных заболеваний органов грудной клетки [1]. После вспышки коронавирусной инфекции 2019 года (COVID-19) произошло значительное увеличение количества рентгенографических исследований, что привело к перегрузке врачей-рентгенологов. Другой причиной увеличения числа исследований становится постоянно растущее население [2]. Для решения этой и ряда других проблем в здравоохранении было создано большое количество диагностических моделей искусственного интеллекта. Они продемонстрировали хорошие результаты в выявлении COVID-19, злокачественных новообразований (ЗНО), туберкулеза и других заболеваний органов грудной клетки, сопоставимые с результатами врачей-рентгенологов [3–5].

На сегодня оптимальными для применения в практическом здравоохранении представляются мультиклассовые ИИ-сервисы, которые способны определять на РГ ОГК все значимые с клинической точки зрения патологические изменения [6].

Одной из проблем, препятствующих достижению высокой диагностической точности такими ИИ-сервисами, является дефицит правильно собранных наборов данных для использования на этапах тестирования и валидации [7]. Баланс классов в таких наборах данных должен соответствовать балансу в реальной клинической практике [8, 9], что приводит к увеличению объема набора данных для репрезентативной оценки. С другой стороны, это позволит сделать результаты работы ИИ-сервисов на потоке РГ ОГК более предсказуемыми за счет одинакового баланса классов на этапах валидации, тестирования и работы на реальном потоке данных.

Обеспечить создание наборов данных с правильным балансом классов возможно лишь при наличии информации о частоте встречаемости патологических изменений на РГ ОГК в практическом здравоохранении.

Помимо этого, данные о частоте встречаемости патологических изменений в совокупности с информацией об их клинической значимости могут позволить принимать более обоснованные организационные решения относительно необходимости использования ИИ-сервисов с целью обнаружения того или иного вида патологии. Представляется очевидным, что использование ИИ-сервисов нецелесообразно для обнаружения редких и клинически незначимых изменений на РГ ОГК.

Также данные о частоте встречаемости патологических изменений на рентгенограммах органов грудной клетки могут стать новым источником достоверной статистической информации о распространенности отдельных признаков заболеваний, для которых эти патологические изменения характерны [10]. Такой подход к использованию

информации из протоколов лучевых исследований уже был разработан и апробирован для компьютерной томографии [11].

В отечественной и зарубежной литературе нам удалось найти только одно масштабное исследование, посвященное изучению частоты встречаемости различных патологических изменений на РГ ОГК в Японии [12].

Цель исследования – определить частоту встречаемости отдельных патологических признаков на рентгенограммах органов грудной клетки на больших данных системы здравоохранения российского мегаполиса.

Материалы и методы. Обсервационное многоцентровое ретроспективное выборочное исследование. В качестве источника данных использована выгрузка текстовых протоколов описаний рентгенограмм органов грудной клетки в Едином радиологическом информационном сервисе (ЕРИС) Единой медицинской информационно-аналитической системы (ЕМИАС) города Москвы. Для анализа текстов использовался инструмент Medlabel¹, в основе которого лежит принцип «мешка слов» [13]. Medlabel – программа, предназначенная для интеллектуализированного анализа протоколов медицинских исследований, включающая текстовые описания и заключения медицинских исследований и дистанционного контроля качества результатов лучевой диагностики. Точность инструмента Medlabel для разметки протоколов описания рентгенограмм органов грудной клетки составляет 0,912, чувствительность – 1,000, специфичность – 0,844 [14].

Поиск протоколов выполнялся по ключевым словам, характерным для 12 наиболее значимых патологических признаков, которые могут быть обнаружены на рентгенограмме органов грудной клетки: плевральный выпот, пневмоторакс, очаг затемнения, инфильтрация/консолидация, диссеминация, полость, ателектаз, кальцинат, расширение средостения, кардиомегалия, перелом ребра, консолидированный перелом.

Под патологическим признаком подразумевается изменение на рентгенограмме, которое указывает на наличие заболевания или повреждения тканей и которое описывает врач-рентгенолог в протоколе при обнаружении.

Также был выполнен поиск протоколов по ключевым словам, характерным для наиболее значимых инфекционных заболеваний, для диагностики которых используется рентгенография органов грудной клетки: пневмонии и туберкулеза легких.

При обнаружении Medlabel языковых паттернов, соответствующих вышеперечисленным патологическим признакам, выполнялась автоматизированная разметка текстовых протоколов исследований. Исследования, в которых искомые рентгенологические признаки не были найдены, относились к категории

¹ Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2020664321 Российская Федерация. MedLabel – автоматизированный анализ медицинских протоколов : № 2020663035 : заявл. 27.10.2020 : опубл. 11.11.2020 / С. П. Морозов, А. Е. Андрейченко, Ю. С. Кирпичев [и др.] ; заявитель государственное бюджетное учреждение здравоохранения города Москвы «Научно-практический клинический центр диагностики и телемедицинских технологий Департамента здравоохранения города Москвы» (ГБУЗ «НПКЦ ДиТ ДЗМ»).

исследований «без патологических признаков». Аналогичный анализ был выполнен для нозологий.

Критерии включения протоколов описаний в исследование были следующие:

1. Модальность: рентгенография и флюорография²;
2. Возраст пациента: 18 лет и старше;
3. Временной период, в который были выполнены исследования: с 18.02.2021 по 11.06.2021.

Объекты (участники) исследования: было проанализировано 562 077 текстовых протоколов. В их формировании участвовали 837 врачей-рентгенологов из 245 медицинских организаций города Москвы.

Среди обследованных 62,8 % составили женщины, 37,2 % – мужчины. Средний возраст обследованных $52,9 \pm 18,5$ года.

Обработка результатов выполнялась в Microsoft Excel и с помощью языка программирования Python 3.9. Различия между группами оценивались с помощью критерия хи-квадрат.

Поскольку данные были взяты за неполные 4 месяца, мы на основе имеющихся данных построили прогноз количества исследований с пневмонией и туберкулезом на 2021 год, а затем рассчитали показатель заболеваемости на 100 тысяч взрослого населения города Москвы.

Результаты.

Анализ частоты встречаемости патологических признаков на всей выборке

Доля протоколов, в которых присутствовало упоминание хотя бы об одном патологическом признаке составила 16,7 % (93 998 протоколов из 562 077).

Большинство исследований с патологическими признаками (79,6 %) содержали только один патологический признак. Менее 1,5 % исследований содержали 4, 5, 6 или 7 патологических признаков (рис. 1).

Доля исследований с конкретными патологическими признаками в общей массе исследований, а также среди исследований только с патологическими признаками представлена в табл. 1. Самый частый патологический признак на рентгенограммах органов грудной клетки – кардиомегалия (12,23 % среди всех исследований). Остальные патологические признаки в общей массе исследований встречаются менее чем в 3 % случаев.

Сравнение частоты встречаемости отдельных патологических признаков в протоколах с одним и несколькими (двумя и более) патологическими признаками

В этой части исследования мы сравнили протоколы, содержавшие описание одного патологического признака ($n = 74\,800$), с протоколами, в которых описывалось 2 и более патологических признака ($n = 19\,198$). Доля конкретного патологического признака в каждой группе вычислялась относительно общего числа исследований в соответствующей группе (табл. 2).

Среди протоколов с одним патологическим признаком преобладают протоколы с кардиомегалией (80,78 %). На втором месте по распространенности – протоколы с кальцинатами (4,91 %).

Среди протоколов с двумя и более патологическими признаками почти в $\frac{2}{3}$ протоколов встречались очаги затемнения (64,98 %) и инфильтрация/консолидация (64,50 %). На третьем месте по распространенности – кардиомегалия (43,36 %).

В целом доля каждого патологического признака среди протоколов с одним патологическим признаком статистически значимо отличалась от соответствующей доли среди протоколов с двумя и более патологическими признаками.

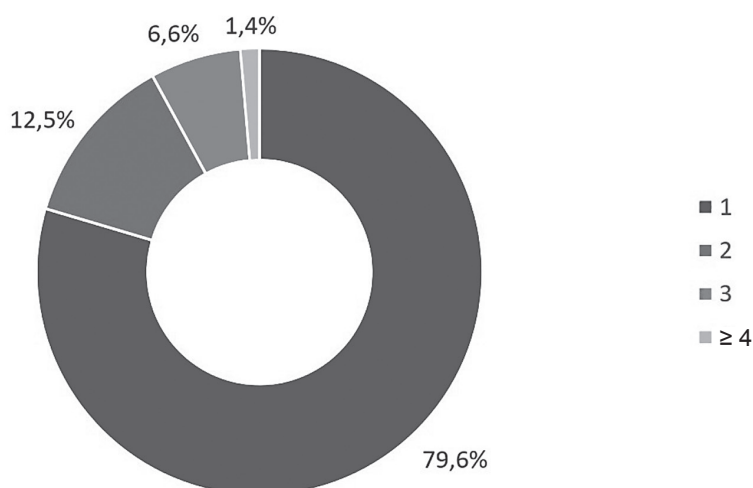


Рис. 1. Структура исследований с признаками патологии в зависимости от количества признаков, приходящихся на одно изображение

Fig. 1. Distribution of chest radiographs showing abnormal findings by the number of abnormalities per image

² В настоящее время в большинстве медицинских организаций используется метод рентгенографии органов грудной клетки. Однако термин «флюорография» по-прежнему сохраняется в нормативно-правовых актах, обозначая скрининговое профилактическое исследование органов грудной клетки. Далее по тексту используется термин «рентгенография» применительно ко всем включенным в анализ исследованиям (профилактическим и диагностическим).

Таблица 1. Доля исследований с конкретными патологическими признаками в общей массе исследований, а также среди исследований только с патологическими признаками**Table 1. The proportion of chest X-rays showing specific abnormalities of the total number of tests and of those with abnormal findings**

Патологический признак / Abnormality	Число протоколов с данным патологическим признаком / Chest X-ray reports with this abnormal finding, n	Доля среди всех протоколов / Proportion of all reports, %	Доля среди протоколов только с патологическими признаками / Proportion of all reports with abnormal findings, %
Кардиомегалия / Cardiomegaly	68750	12,23	73,14
Очаг затемнения / Focal opacity	15642	2,78	16,64
Инфильтрация/консолидация / Infiltration/Consolidation	14623	2,60	15,56
Плевральный выпот / Pleural effusion	9140	1,63	9,72
Кальцинат / Calcification	5833	1,04	6,21
Консолидированный перелом ребра / Consolidated rib fracture	2402	0,43	2,56
Пневмоторакс / pneumothorax	1963	0,35	2,09
Перелом ребра / Rib fracture	1250	0,22	1,33
Расширение средостения / Mediastinal widening	1180	0,21	1,26
Ателектаз / Atelectasis	1118	0,20	1,19
Диссеминация / Dissemination	148	0,03	0,16
Полость / Cavity	54	0,01	0,06

Таблица 2. Доля конкретных патологических признаков среди протоколов с 1 и несколькими (двумя и более) патологическими признаками**Table 2. The share of specific abnormalities among chest X-ray reports with one and several (two or more) abnormalities**

Патологический признак / Abnormality	Протоколы с 1 патологическим признаком / Chest X-ray reports with one abnormality, n = 74800		Протоколы с 2 и более патологическими признаками / Chest X-ray reports with ≥ 2 abnormalities, n = 19198		p
	n	%	n	%	
Очаг затемнения / Focal opacity	3167	4,23	12475	64,98	< 0,0001
Инфильтрация/консолидация / Infiltration/consolidation	2240	2,99	12383	64,50	< 0,0001
Кардиомегалия / Cardiomegaly	60426	80,78	8324	43,36	< 0,0001
Плевральный выпот / Pleural effusion	1904	2,55	7236	37,69	< 0,0001
Кальцинат / Calcification	3673	4,91	2160	11,25	< 0,0001
Пневмоторакс / Pneumothorax	541	0,72	1422	7,41	< 0,0001
Расширение средостения / Mediastinal widening	277	0,37	903	4,70	< 0,0001
Ателектаз / Atelectasis	244	0,33	874	4,55	< 0,0001
Консолидированный перелом ребра / Consolidated rib fracture	1664	2,22	738	3,84	< 0,0001
Перелом ребра / Rib fracture	630	0,84	620	3,23	< 0,0001
Диссеминация / Dissemination	23	0,03	125	0,65	< 0,0001
полость / Cavity	11	0,01	43	0,22	< 0,0001

Частота встречаемости различных пар патологических признаков в протоколах с несколькими (двумя и более) патологическими признаками

Далее были проанализированы 19 198 исследований, которые содержали два и более патологических признака, с целью установить частоту встречаемости различных пар патологических признаков (рис. 2).

Среди исследований, которые содержали два и более патологических признака, чаще всего встречалось сочетание очагов затемнения и инфильтрации/консолидации (55,18 %). Чуть реже – в одной пятой

случаев – наблюдалось сочетание плеврального выпота и инфильтрации/консолидации (21,83 %), а также плеврального выпота и очагов затемнения (21,79 %).

Что касается другой патологии, то инфильтрация/консолидация, очаги затемнения и плевральный выпот чаще всего сочетались с кардиомегалией (17,91, 17,56 и 14,08 % протоколов соответственно).

Протоколы с описанием пневмонии и туберкулеза

Среди всех изученных протоколов доля протоколов с описанием пневмонии составила 1,67 %, тогда

как туберкулеза – 0,47 % (9397 и 2620 протоколов из 562 077 соответственно).

Показатель заболеваемости пневмонией с учетом имеющихся данных о количестве соответствующих протоколов и данных прогноза в 2021 году составил 457,1 на 100 тысяч взрослого населения. Заболеваемость туберкулезом, рассчитанная аналогичным способом, составила 67,6 на 100 тысяч взрослого населения.

Обсуждение. Согласно полученным данным, доля протоколов, в которых присутствовало упоминание хотя бы об одном патологическом признаке, составила 16,7 %.

В исследовании Twabi НН и соавт., выполненном на 13,5 тысячах РГ ОГК взрослых, было показано, что в Блантайре (Малави, Восточная Африка) частота встречаемости патологии составляет 5 %. По нашему мнению, это обусловлено тем, что в своем исследовании авторы учитывали наличие только следующих патологических признаков и нозологий: кардиомегалия, туберкулез, плевральный выпот, пневмония и хроническая обструктивная болезнь легких [15].

В исследовании Watanabe Y и соавт., выполненном на более чем 8,5 млн РГ ОГК, было установлено, что частота встречаемости патологии при

скрининговой рентгенографии органов грудной клетки в Японии составляет 8,2 % [16]. Полагаем, что более низкий процент патологии в данном исследовании по сравнению с нашим также обусловлен меньшим количеством патологических признаков и нозологий, включенных авторами в исследование. В исследование были включены только туберкулез, образования, эмфизема, нетуберкулезный микобактериоз, опухоли средостения, саркоидоз, легочный фиброз, аневризма аорты, интерстициальная пневмония и некоторые другие редко встречающиеся нозологии.

Таким образом, можно предположить, что доля РГ ОГК с патологическими признаками среди всех исследований напрямую зависит от количества включенных в анализ патологических признаков и их распространенности среди населения.

Интересно также сравнение частоты встречаемости отдельных патологических признаков. Так, например, в нашем исследовании кардиомегалия наблюдалась у 12,23 % обследованных, тогда как в исследовании Twabi НН и соавт. – у 20,7 % [15]. Причиной данного расхождения может быть как разный объем выборок, так и разная частота сердечно-сосудистой патологии среди населения анализируемых стран. Однако, по нашему мнению,

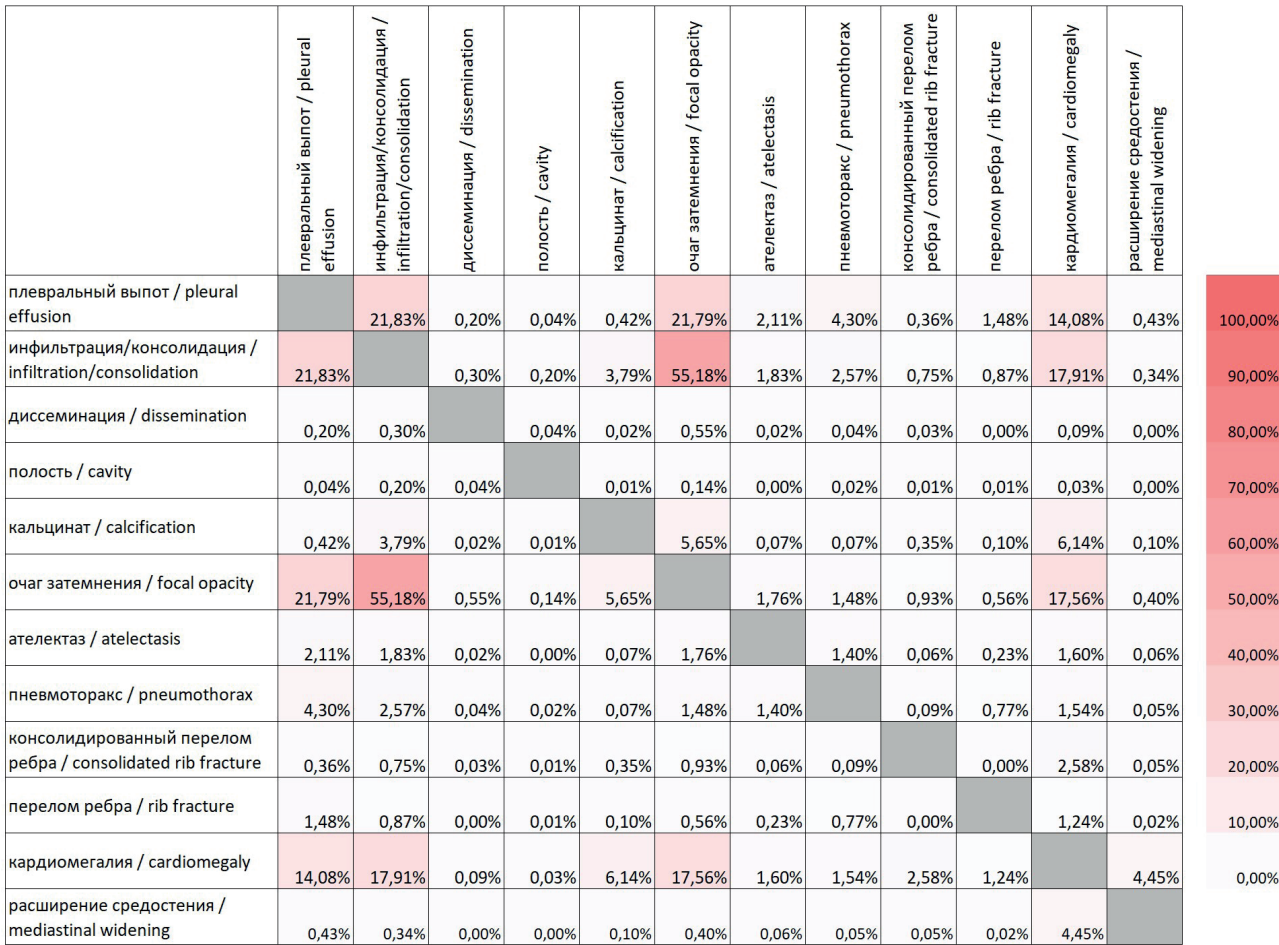


Рис. 2. Тепловая карта протоколов, содержавших два и более патологических признака. На пересечении строк и столбцов указана доля исследований, которые содержали соответствующие пары патологических признаков

Fig. 2. The heat map of chest X-ray reports with two or more abnormalities. The intersection of rows and columns shows the share of reports with the corresponding pairs of abnormalities

к оценке частоты встречаемости кардиомегалии на РГ ОГК следует подходить очень осторожно, поскольку было показано, что чувствительность рентгенографии для выявления кардиомегалии составляет лишь 34,0–40,0 %, а специфичность – 84,5–91,0 % [17, 18].

Отдельного внимания заслуживают полученные оценки распространенности пневмонии и туберкулеза.

В исследовании Twabi НН и соавт. частота встречаемости пневмонии составила 2,6 %, что несколько выше полученных нами 1,67 % [15]. В исследовании Watanabe Y. и соавт. частота встречаемости пневмонии оказалась несоизмеримо мала (24 случая из 8,5 млн), что обусловлено включением в исследование только скрининговых РГ ОГК [16].

Согласно официальной статистической отчетности [19], в Москве в 2021 году заболеваемость пневмонией составила 307,1 на 100 тысяч взрослого населения³. Полученное на основе количества протоколов с описанием пневмонии значение распространенности данного заболевания составило 457,1 на 100 тысяч взрослого населения. Такое расхождение может быть обусловлено тем, что в ряде случаев пациентам выполняется «контрольное» рентгенографическое исследование, на котором могут сохраняться признаки пневмонии. Если данное предположение верно, то в среднем на каждого пациента с пневмонией приходилось 1,5 рентгенографического исследования. В целом это соответствует стандартам оказания медицинской помощи, согласно которым усредненный показатель частоты предоставления рентгенографии для диагностики пневмонии составляет 0,9, тогда как для лечения заболевания, состояния и контроля за лечением – до 0,8 в зависимости от вида рентгенографии при усредненном показателе кратности применения, равном 1,0⁴.

Согласно официальной статистической отчетности, в России в 2021 году заболеваемость туберкулезом составила 36,9 на 100 тысяч взрослого населения⁵. Показатель заболеваемости взрослого населения Москвы туберкулезом в открытых статистических отчетах отсутствует, однако известно, что число пациентов всех возрастов с впервые в жизни установленным диагнозом туберкулеза в 2021 году в Москве составило 20,0 на 100 тысяч населения⁶. Полученный в нашем исследовании показатель распространенности туберкулеза 67,6 на 100 тысяч взрослого населения превышает эти значения в 1,8–3,4 раза.

По нашему мнению, сопоставление распространенности туберкулеза по данным рентгенологических исследований с данными статистической отчетности представляется трудноосуществимой задачей по ряду причин. Во-первых, отчетность содержит информацию только об активных формах туберкулеза, тогда как обследование проходят

все пациенты независимо от формы заболевания. Во-вторых, пациенты с туберкулезом могут проходить более одного рентгенологического исследования ОГК в течение года. В-третьих, на основании одних только рентгенологических признаков невозможно поставить данный диагноз, поэтому в протоколах врачи сообщают о подозрении на туберкулез, которое в дальнейшем может быть подтверждено или опровергнуто с помощью других методов лабораторно-инструментального обследования.

В целом для уточнения прогнозных данных необходимы дальнейшие исследования по оценке реального количества рентгенограмм с пневмонией и туберкулезом, выполненных в течение календарного года.

В нашем исследовании большинство протоколов с информацией о наличии патологических признаков (79,6 %) содержали только один патологический признак. Из них в большинстве случаев обнаруживалась кардиомегалия (80,78 %), иными словами – патологический признак, который имеет небольшую клиническую ценность.

Протоколы с двумя патологическими признаками и более составили около 1/5 (20,4 %) среди всех исследований с патологическими признаками. В отличие от исследований с одним патологическим признаком, в этой группе самыми частыми патологическими признаками были очаг затемнения (64,98 %) и инфильтрация/консолидация (64,50 %), тогда как кардиомегалия встречалась лишь в 43,36 % случаев.

По нашему мнению, практическое значение может иметь самое частое сочетание патологических признаков: очагов затемнения и инфильтрации/консолидации (55,18 % среди исследований с двумя патологическими признаками и более). С учетом частоты встречаемости этих патологических признаков вместе и по отдельности приходим к выводу, что 67,72 % изображений с очагами затемнения содержали также признаки инфильтрации. Эти изменения необходимо дифференцировать между собой, а их одновременное присутствие на изображении может затруднять работу ИИ-сервисов.

Менее частыми, но не менее значимыми сочетаниями оказались «плевральный выпот + инфильтрация/консолидация» (21,83 %) и «плевральный выпот + очаги затемнения» (21,79 %).

Известно, что чувствительность и специфичность ИИ-сервисов при проспективной оценке оказывается ниже, чем при ретроспективной [20]. На наш взгляд, одной из причин этого расхождения может являться использование изображений только с одним патологическим признаком (например, только с очагами или только с инфильтрацией) для обучения и тестирования ИИ-сервисов.

³ Общая заболеваемость взрослого населения России в 2021 году: статистические материалы / Е.Г. Котова, О.С. Кобякова, Г.А. Александрова и др. М.: ЦНИИОИЗ Минздрава России, 2022. 164 с.

⁴ Приказ Минздрава России от 20.12.2012 № 1213н «Об утверждении стандарта первичной медико-санитарной помощи при пневмонии».

⁵ Заболеваемость туберкулезом, на 100 000 человек. Федеральная служба государственной статистики. [Электронный ресурс.] Режим доступа: <https://rosstat.gov.ru/folder/13721>. (дата обращения 02.04.2024).

⁶ Социально значимые заболевания населения России в 2021 году: статистические материалы / Е.Г. Котова, О.С. Кобякова, В.И. Стародубов и др. М.: ЦНИИОИЗ Минздрава России, 2022. 77 с.

В связи с вышеизложенным можно предположить, что создание наборов данных с учетом представленной частоты встречаемости патологических признаков на РГ ОГК позволит обеспечить большее соответствие параметров диагностической точности ИИ-сервисов при ретроспективных и проспективных исследованиях [20].

Ограничения исследования. Выполнен поиск только 12 патологических признаков и двух нозологий.

Перспективы исследования

1. Определение частоты встречаемости патологических изменений по данным исследований других модальностей и анатомических областей.

2. Определение влияния данных о частоте встречаемости патологических изменений на показатели диагностической точности ИИ-сервисов.

Заключение. В настоящем исследовании мы проанализировали частоту встречаемости патологических признаков на рентгенограммах органов грудной клетки на больших данных системы здравоохранения г. Москвы. Доля протоколов с патологическими признаками составила 16,7 %. По частоте встречаемости на первом месте находится кардиомегалия, которая сама по себе в большинстве случаев может быть трактована как клинически незначимый патологический признак. При этом частота встречаемости отдельных патологических признаков значимо различалась в исследованиях с одним и несколькими (двумя и более) патологическими признаками, что необходимо учитывать при обучении и тестировании ИИ-сервисов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Akhter Y, Singh R, Vatsa M. AI-based radiodiagnosis using chest X-rays: A review. *Front Big Data*. 2023;6:1120989. doi: 10.3389/fdata.2023.1120989
2. Fanni SC, Marcucci A, Volpi F, Valentino S, Neri E, Romei C. Artificial intelligence-based software with CE mark for chest X-ray interpretation: Opportunities and challenges. *Diagnostics (Basel)*. 2023;13(12):2020. doi: 10.3390/diagnostics13122020
3. Ahn JS, Ebrahimian S, McDermott S, et al. Association of artificial intelligence-aided chest radiograph interpretation with reader performance and efficiency. *JAMA Netw Open*. 2022;5(8):e2229289. doi: 10.1001/jamanetworkopen.2022.29289
4. Wu JT, Wong KCL, Gur Y, et al. Comparison of chest radiograph interpretations by artificial intelligence algorithm vs radiology residents. *JAMA Netw Open*. 2020;3(10):e2022779. doi: 10.1001/jamanetworkopen.2020.22779
5. Rangarajan K, Muku S, Garg AK, et al. Artificial intelligence-assisted chest X-ray assessment scheme for COVID-19. *Eur Radiol*. 2021;31(8):6039-6048. doi: 10.1007/s00330-020-07628-5
6. Васильев Ю.А., Тыров И.А., Владимирский А.В., Арзамасов К.М., Пестренин Л.Д., Шулькин И.М. Новая модель организации массовых профилактических исследований, основанная на автономном искусственном интеллекте для сортировки результатов флюорографии // Здоровье населения и среда обитания – ЗНСО. 2023. Т. 31. № 11. С. 23-32. doi: 10.35627/2219-5238/2023-31-11-23-32
7. Tripathi S, Gabriel K, Dheer S, et al. Understanding biases and disparities in radiology AI datasets: A review. *J Am Coll Radiol*. 2023;20(9):836-841. doi: 10.1016/j.jacr.2023.06.015
8. Chen Y, Wan Y, Pan F. Enhancing multi-disease diagnosis of chest X-rays with advanced deep-learning networks in real-world data. *J Digit Imaging*. 2023;36(4):1332-1347. doi: 10.1007/s10278-023-00801-4
9. Johnson JM, Khoshgoftaar TM. Survey on deep learning with class imbalance. *J Big Data*. 2019;6(1):27. doi: 10.1186/s40537-019-0192-5
10. Heye T, Segeroth M, Franzeck F, Vossenhennrich J. Turning radiology reports into epidemiological data to track seasonal pulmonary infections and the COVID-19 pandemic. *Eur Radiol*. 2024;34(6):3624-3634. doi: 10.1007/s00330-023-10424-6
11. Васильев Ю.А., Гончарова И.В., Владимирский А.В. и др. Популяционное исследование эмфизематозных изменений легких у населения г. Москвы методом автоматизированного анализа результатов лучевых исследований // Менеджер здравоохранения. 2023. № 9. С. 23-36. doi: 10.21045/1811-0185-2023-9-23-36.
12. Watanabe Y, Nakagawa T, Fukai K, et al. Descriptive study of chest x-ray examination in mandatory annual health examinations at the workplace in Japan. *PLoS One*. 2022;17(1):e0262404. doi: 10.1371/journal.pone.0262404
13. Ронжин Л.В., Астанин П.А., Кокина Д.Ю. и др. Система автоматической разметки неструктурированных протоколов рентгенологических исследований грудной клетки с использованием методов семантического анализа // Социальные аспекты здоровья населения. 2023. Т. 69. № 1. doi: 10.21045/2071-5021-2023-69-1-12
14. Кокина Д.Ю., Гомболовский В.А., Арзамасов К.М. и др. Возможности и ограничения использования инструментов машинной обработки текстов в лучевой диагностике // Digital Diagnostics. 2022. Т. 3. № 4. С. 374-383. doi:10.17816/DD101099.
15. Twabi HH, Semphere R, Mukoka M, et al. Pattern of abnormalities amongst chest X-rays of adults undergoing computer-assisted digital chest X-ray screening for tuberculosis in Peri-Urban Blantyre, Malawi: A cross-sectional study. *Trop Med Int Health*. 2021;26(11):1427-1437. doi: 10.1111/tmi.13658
16. Watanabe Y, Nakagawa T, Fukai K, et al. Descriptive study of chest x-ray examination in mandatory annual health examinations at the workplace in Japan. *PLoS One*. 2022;17(1):e0262404. doi: 10.1371/journal.pone.0262404
17. McKee JL, Ferrier K. Is cardiomegaly on chest radiograph representative of true cardiomegaly: A cross-sectional observational study comparing cardiac size on chest radiograph to that on echocardiography. *N Z Med J*. 2017;130(1464):57-63.
18. Biharas Monfared A, Agha Farajollah S, Sabour F, Farzanegan R, Taghdisi S. Comparison of radiological findings of chest x-ray with echocardiography in determination of the heart size. *Iran Red Crescent Med J*. 2015;17(1):e18242. doi: 10.5812/ircmj.18242
19. Vasilev Y, Vladymyrsky A, Omelyanskaya O, Blokhin I, Kirpichev Y, Arzamasov K. AI-based CXR first reading: Current limitations to ensure practical value. *Diagnostics (Basel)*. 2023;13(8):1430. doi: 10.3390/diagnostics13081430
20. Khalifa M, Albadawy M. AI in diagnostic imaging: revolutionising accuracy and efficiency. *Computer Methods and Programs in Biomedicine Update*. 2024;5:1-12. doi: 10.1016/j.cmpbup.2024.100146.

REFERENCES

1. Akhter Y, Singh R, Vatsa M. AI-based radiodiagnosis using chest X-rays: A review. *Front Big Data*. 2023;6:1120989. doi: 10.3389/fdata.2023.1120989
2. Fanni SC, Marcucci A, Volpi F, Valentino S, Neri E, Romei C. Artificial intelligence-based software with CE mark for chest X-ray interpretation: Opportunities and challenges. *Diagnostics (Basel)*. 2023;13(12):2020. doi: 10.3390/diagnostics13122020
3. Ahn JS, Ebrahimi S, McDermott S, et al. Association of artificial intelligence-aided chest radiograph interpretation with reader performance and efficiency. *JAMA Netw Open*. 2022;5(8):e2229289. doi: 10.1001/jamanetworkopen.2022.29289
4. Wu JT, Wong KCL, Gur Y, et al. Comparison of chest radiograph interpretations by artificial intelligence algorithm vs radiology residents. *JAMA Netw Open*. 2020;3(10):e2022779. doi: 10.1001/jamanetworkopen.2020.22779
5. Rangarajan K, Muku S, Garg AK, et al. Artificial intelligence-assisted chest X-ray assessment scheme for COVID-19. *Eur Radiol*. 2021;31(8):6039-6048. doi: 10.1007/s00330-020-07628-5
6. Vasilev YA, Tyrov IA, Vladzmyrskyy AV, Arzamasov KM, Pestrenin LD, Shulkin IM. A New Model of Organizing Mass Screening Based on Stand-Alone Artificial Intelligence Used for Fluorography Image Triage. *Public Health and Life Environment – PH&LE*. 2023;31(11):23-32. (In Russ.) doi: 10.35627/2219-5238/2023-31-11-23-32
7. Tripathi S, Gabriel K, Dheer S, et al. Understanding biases and disparities in radiology AI datasets: A review. *J Am Coll Radiol*. 2023;20(9):836-841. doi: 10.1016/j.jacr.2023.06.015
8. Chen Y, Wan Y, Pan F. Enhancing multi-disease diagnosis of chest X-rays with advanced deep-learning networks in real-world data. *J Digit Imaging*. 2023;36(4):1332-1347. doi: 10.1007/s10278-023-00801-4
9. Johnson JM, Khoshgoftaar TM. Survey on deep learning with class imbalance. *J Big Data*. 2019;6(1):27. doi: 10.1186/s40537-019-0192-5
10. Heye T, Segeroth M, Franzek F, Vossenherrich J. Turning radiology reports into epidemiological data to track seasonal pulmonary infections and the COVID-19 pandemic. *Eur Radiol*. 2024;34(6):3624-3634. doi: 10.1007/s00330-023-10424-6
11. Vasilev YA, Goncharova IV, Vladzmyrskyy AV, Arzamasov KM, Pestrenin LD. Study of emphysematous changes in the population of Moscow using automated evaluation of radiological examinations. *Menedzher Zdravookhraneniya*. 2023;(9):23-36. (In Russ.) doi: 10.21045/1811-0185-2023-9-23-36
12. Watanabe Y, Nakagawa T, Fukai K, et al. Descriptive study of chest x-ray examination in mandatory annual health examinations at the workplace in Japan. *PLoS One*. 2022;17(1):e0262404. doi: 10.1371/journal.pone.0262404
13. Ronzhin LV, Astanin PA, Kokina DYU, Semenov SS, Arzamasov KM, Raizina SE. Semantic analysis methods in the system for automated marking of the unstructured radiological chest examination protocols. *Sotsial'nye Aspekty Zdorov'ya Naseleniya*. 2023;69(1):12. (In Russ.) doi: 10.21045/2071-5021-2023-69-1-12
14. Kokina DYU, Gombolevskiy VA, Arzamasov KM, Andreychenko AE, Morozov SP. Possibilities and limitations of using machine text-processing tools in Russian radiology reports. *Digital Diagnostics*. 2022;3(4):374-383. (In Russ.) doi: 10.17816/DD101099
15. Twabi HH, Semphere R, Mukoka M, et al. Pattern of abnormalities amongst chest X-rays of adults undergoing computer-assisted digital chest X-ray screening for tuberculosis in Peri-Urban Blantyre, Malawi: A cross-sectional study. *Trop Med Int Health*. 2021;26(11):1427-1437. doi: 10.1111/tmi.13658
16. Watanabe Y, Nakagawa T, Fukai K, et al. Descriptive study of chest x-ray examination in mandatory annual health examinations at the workplace in Japan. *PLoS One*. 2022;17(1):e0262404. doi: 10.1371/journal.pone.0262404
17. McKee JL, Ferrier K. Is cardiomegaly on chest radiograph representative of true cardiomegaly: A cross-sectional observational study comparing cardiac size on chest radiograph to that on echocardiography. *N Z Med J*. 2017;130(1464):57-63.
18. Biharas Monfared A, Agha Farajollah S, Sabour F, Farzanegan R, Taghdisi S. Comparison of radiological findings of chest x-ray with echocardiography in determination of the heart size. *Iran Red Crescent Med J*. 2015;17(1):e18242. doi: 10.5812/ircmj.18242
19. Vasilev Y, Vladzmyrskyy A, Omelyanskaya O, Blokhin I, Kirpichev Y, Arzamasov K. AI-based CXR first reading: Current limitations to ensure practical value. *Diagnostics (Basel)*. 2023;13(8):1430. doi: 10.3390/diagnostics13081430
20. Khalifa M, Albadawy M. AI in diagnostic imaging: revolutionising accuracy and efficiency. *Computer Methods and Programs in Biomedicine Update*. 2024;5:1-12. doi: 10.1016/j.cmpbup.2024.100146

Сведения об авторах:

Васильев Юрий Александрович – к.м.н., директор ГБУЗ города Москвы «Научно-практический клинический центр диагностики и телемедицинских технологий Департамента здравоохранения города Москвы»; заведующий кафедрой лучевой диагностики с курсом клинической радиологии ФГАОУ ВО «Российский национальный исследовательский медицинский университет им. Н.И. Пирогова» Минздрава России; e-mail: prcmr@zdrav.mos.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5283-5961>

Пестренин Лев Дмитриевич – младший научный сотрудник отдела медицинской информатики, радиомикрии и радиогеномики ГБУЗ города Москвы «Научно-практический клинический центр диагностики и телемедицинских технологий Департамента здравоохранения города Москвы»; e-mail: PestreninLD@zdrav.mos.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1786-4329>

Румянцев Денис Андреевич – младший научный сотрудник отдела медицинской информатики, радиомикрии и радиогеномики ГБУЗ города Москвы «Научно-практический клинический центр диагностики и телемедицинских технологий Департамента здравоохранения города Москвы»; клинический ординатор-рентгенолог ФГБУ ДПО «Центральная государственная медицинская академия»; e-mail: RumyantsevDA3@zdrav.mos.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7670-7385>

Новик Владимир Петрович – научный сотрудник отдела медицинской информатики, радиомикрии и радиогеномики ГБУЗ города Москвы «Научно-практический клинический центр диагностики и телемедицинских технологий Департамента здравоохранения города Москвы»; e-mail: NovikVP1@zdrav.mos.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9481-1637>

✉ **Арзамасов** Кирилл Михайлович – к.м.н., руководитель отдела медицинской информатики, радиомикрии и радиогеномики ГБУЗ города Москвы «Научно-практический клинический центр диагностики и телемедицинских технологий Департамента здравоохранения города Москвы»; e-mail: ArzamasovKM@zdrav.mos.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7786-0349>

Информация о вкладе авторов: концепция и дизайн исследования: Васильев Ю.А., Арзамасов К.М.; сбор данных: Новик В.П.; анализ и интерпретация результатов: Пестренин Л.Д., Румянцев Д.А., Новик В.П.; литературный обзор: Пестренин Л.Д.,

<https://doi.org/10.35627/2219-5238/2024-32-6-17-25>
Original Research Article

Румянцев Д.А., Новик В.П.; подготовка рукописи: Арзамасов К.М., Пестренин Л.Д., Румянцев Д.А., Новик В.П. Все авторы ознакомились с результатами работы и одобрили окончательный вариант рукописи.

Соблюдение этических стандартов: данное исследование основано на результатах Эксперимента по использованию инновационных технологий в области компьютерного зрения для анализа медицинских изображений и дальнейшего применения в системе здравоохранения города Москвы, утвержденного этическим комитетом (выписка из протокола № 2 НЭК МРО РОПП от 20 февраля 2020 года), также зарегистрированного на ClinicalTrials (NCT04489992).

Финансирование: данная статья подготовлена авторским коллективом в рамках научно-исследовательской работы «Научные методологии устойчивого развития технологий искусственного интеллекта в медицинской диагностике» (№ ЕГИСУ: 123031500004-5) в соответствии с Приказом от 21.12.2022 г. № 1196 «Об утверждении государственных заданий, финансовое обеспечение которых осуществляется за счет средств бюджета города Москвы государственным бюджетным (автономным) учреждениям подведомственным Департаменту здравоохранения города Москвы, на 2023 год и плановый период 2024 и 2025 годов» Департамента здравоохранения города Москвы.

Конфликт интересов: авторы декларируют отсутствие явных и потенциальных конфликтов интересов в связи с публикацией данной статьи.

Статья получена: 10.04.24 / Принята к публикации: 10.06.24 / Опубликовано: 28.06.24

Author information:

Yuriy A. **Vasilev**, Cand. Sci. (Med.), Director, Research and Practical Clinical Center for Diagnostics and Telemedicine Technologies of the Moscow Health Care Department; Head of the Department of Diagnostic Radiology with a Course in Clinical Radiology, N.I. Pirogov Russian National Research Medical University; e-mail: npcmr@zdrav.mos.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5283-5961>.

Lev D. **Pestrenin**, Junior Researcher, Department of Medical Informatics, Radiomics and Radiogenomics, Research and Practical Clinical Center for Diagnostics and Telemedicine Technologies of the Moscow Health Care Department; e-mail: PestreninLD@zdrav.mos.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1786-4329>.

Denis A. **Rumyantsev**, Junior Researcher, Department of Medical Informatics, Radiomics and Radiogenomics, Research and Practical Clinical Center for Diagnostics and Telemedicine Technologies of the Moscow Health Care Department; Radiology Resident, Central State Medical Academy; e-mail: RumyantsevDA3@zdrav.mos.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7670-7385>.

Vladimir P. **Novik**, Researcher, Department of Medical Informatics, Radiomics and Radiogenomics, Research and Practical Clinical Center for Diagnostics and Telemedicine Technologies of the Moscow Health Care Department; e-mail: NovikVP1@zdrav.mos.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9481-1637>.

✉ Kirill M. **Arzamasov**, Cand. Sci. (Med.), Head of the Department of Medical Informatics, Radiomics and Radiogenomics, Research and Practical Clinical Center for Diagnostics and Telemedicine Technologies of the Moscow Health Care Department; e-mail: ArzamasovKM@zdrav.mos.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7786-0349>.

Author contributions: study conception and design: Vasilev Yu.A., Arzamasov K.M.; data collection: Novik V.P.; analysis and interpretation of results: Pestrenin L.D., Rumyantsev D.A., Novik V.P.; bibliography compilation and referencing: Pestrenin L.D., Rumyantsev D.A., Novik V.P.; draft manuscript preparation: Arzamasov K.M., Pestrenin L.D., Rumyantsev D.A., Novik V.P. All authors reviewed the results and approved the final version of the manuscript.

Compliance with ethical standards: This study is based on the results of the experiment on the use of innovative computer vision technologies for the analysis of medical images and their further application in the healthcare system of Moscow approved by the Ethics Committee of the Moscow Regional Branch of the Russian Society of Radiologists (protocol no. 2 of February 20, 2020) and registered on ClinicalTrials.gov (NCT04489992).

Funding: This paper was prepared as part of the research “Evidence-based methodologies for sustainable development of artificial intelligence in medical imaging” (USIS No. 123031500004-5) in accordance with the Order No. 1196 dated December 21, 2022 “On approval of state assignments funded by means of allocations from the budget of the city of Moscow to the state budgetary (autonomous) institutions subordinate to the Moscow Health Care Department, for 2023 and the planned period of 2024 and 2025” issued by the Moscow Health Care Department.

Conflict of interest: The authors have no conflicts of interest to declare.

Received: April 10, 2023 / Accepted: June 10, 2024 / Published: June 28, 2024