



ОРИГИНАЛЬНАЯ СТАТЬЯ

DOI: 10.21045/1811-0185-2023-9-23-36

УДК: 616.24–007.63

ПОПУЛЯЦИОННОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ЭМФИЗЕМАТОЗНЫХ ИЗМЕНЕНИЙ ЛЕГКИХ У НАСЕЛЕНИЯ Г. МОСКВЫ МЕТОДОМ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО АНАЛИЗА РЕЗУЛЬТАТОВ ЛУЧЕВЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

Ю.А. Васильев^а, И.В. Гончарова^б, А.В. Владимирский^с✉, К.М. Арзамасов^д, Л.Д. Пестренин^е

^{а, б, с, д, е} Государственное бюджетное учреждение здравоохранения города Москвы «Научно-практический клинический центр диагностики и телемедицинских технологий Департамента здравоохранения города Москвы», г. Москва, Россия.

^а <http://orcid.org/0000-0002-0208-5218>;

^б <http://orcid.org/0000-0003-3662-8601>;

^с <http://orcid.org/0000-0002-2990-7736>;

^д <http://orcid.org/0000-0001-7786-0349>;

^е <http://orcid.org/0000-0002-1786-4329>.

✉ Автор для корреспонденции: Владимирский А.В.

АННОТАЦИЯ

Актуальность. Эмфизема, часто развивающаяся у пациентов с хронической обструктивной болезнью легких (ХОБЛ), ухудшает течение хронических заболеваний сердечно-сосудистой и эндокринной систем, а также ассоциируется с повышенным риском развития злокачественных новообразований легких. Изучение заболеваемости ХОБЛ осуществляется системно, однако анализ распространенности в популяции именно эмфиземы не осуществляется. Одним из способов оценки ее распространенности может стать автоматизированный анализ КТ органов грудной клетки с помощью технологий искусственного интеллекта.

Цель: изучить распространенность эмфиземы у населения г. Москвы на основе автоматизированного анализа результатов лучевых исследований.

Методы. Проанализированы результаты КТ органов грудной клетки 116216 пациентов. Все исследования были выполнены за период октябрь 2022 г. – июнь 2023 г. в медицинских организациях города Москвы. В автоматизированном режиме ИИ-сервис «Emphysema-IRA» (ООО «Интеллидженд радиолоджи ассистанс лабораторис (АИРА Лабс)») определял факт наличия эмфизематозных изменений легких (бинарная оценка – да/нет), а также – процент эмфизематозного поражения в обоих легких и отдельно по каждому легкому.

Результаты. Распространенность эмфиземы легких среди населения г. Москвы составила 0,614 на 1000 человек, распространенность клинически значимой эмфиземы – 0,173 на 1000 человек. Большинство лиц, у которых при КТ-исследованиях выявлена эмфизема, в том числе клинически значимая, относятся к группе пожилого возраста (47,0% и 55,0% соответственно), также значителен удельный вес лиц молодого возраста (9,0% и 5,0%). У мужчин во всех возрастных группах частота выявления эмфиземы статистически значимо выше, чем у женщин (Хи-квадрат=1000,0; $p < 0,001$). Вне зависимости от пола, увеличение возраста на 5 лет в 1,1 раза увеличивает вероятность наличия эмфиземы, в том числе клинически значимой.

Выводы. Автоматизированное выявление признаков эмфиземы легких на КТ позволяет проводить быструю, массовую и объективную оценку распространенности хронической обструктивной болезни легких в популяции. Благодаря развитию медицинского программного обеспечения на основе искусственного интеллекта появилась возможность разработки и внедрения принципиально новых цифровых технологий управления здравоохранением и изучения общественного здоровья.

Ключевые слова: эмфизема, искусственный интеллект, компьютерная томография, оппортунистический скрининг.

Для цитирования: Васильев Ю.А., Гончарова И.В., Владимирский А.В., Арзамасов К.М., Пестренин Л.Д. Популяционное исследование эмфизематозных изменений легких у населения г. Москвы методом автоматизированного анализа результатов лучевых исследований. Менеджер здравоохранения. 2023; 9:23–36. DOI: 10.21045/1811-0185-2023-9-23-36

© Васильев Ю.А., Гончарова И.В., Владимирский А.В., Арзамасов К.М., Пестренин Л.Д., 2023 г.





Введение

Блезни органов дыхания – это наиболее распространенный класс болезней в Российской Федерации, занимающий в структуре общей заболеваемости, по данным разных авторов, от 17,0 до 25,0% [1, 2]. Хроническая обструктивная болезнь легких (ХОБЛ) – в силу своей полиэтилогичности, системности поражения соединительной ткани, относительно высокой стоимости и частой неэффективности многих лечебных мероприятий, пессимистического прогноза, резко негативного влияния на качество жизни пациентов – имеет особую значимость в составе хронических неинфекционных заболеваний [3–5]. ХОБЛ достаточно часто является сопутствующим состоянием при наличии иных хронических заболеваний сердечно-сосудистой и эндокринной систем, онкологических заболеваний; нередко, она сопутствует и туберкулезу органов дыхания. В таких ситуациях, наличие хронического поражения легких значительно ухудшает прогноз [6–10]. В частности установлено, что обострения ХОБЛ, сопровождающиеся тяжелыми клиническими симптомами и выраженным ограничением воздушного потока, часто ассоциируются с развитием острого инфаркта миокарда у больных, госпитализированных по поводу острого коронарного синдрома [11]. Считается, что именно эмфизематозные изменения служат важнейшим фактором обструктивных нарушений легочного дыхания, определяющим прогрессирование и необратимость патологического процесса [12]. По данным систематического обзора 11 исследований эмфизема достоверно повышает риск развития злокачественных новообразований легких [13].

С точки зрения своевременного выявления ХОБЛ, а также определения тактики лечения (в том числе, показаний к хирургическому вмешательству) именно оценка наличия и распространенности эмфизематозного поражения представляется значимой задачей. Диагностика ХОБЛ – это комплексный, достаточно сложный процесс, требующий тщательного системного учёта анамнестических, физикальных, клинических, инструментальных данных. Обязательным компонентом является и рентгенологическая диагностика [14].

Изучение заболеваемости ХОБЛ осуществляется системно, однако на этом фоне анализ распространенности именно эмфиземы носит несколько ограниченный характер [15–17]. Преимущественно, изучаются отдельные контингенты либо исследования проводятся по патологоанатомическим данным

[18–22]. Новым потенциальным источником данных для оценки распространенности эмфиземы в популяции могут стать лучевые методы диагностики. Безусловно, массовый скрининг эмфиземы совершенно нерационален, тем более, что и рентгенография ОГК недостаточно чувствительна для выявления эмфиземы умеренной и средней степени выраженности [14]. Согласно действующим клиническим рекомендациям, компьютерная томография органов грудной клетки (КТ ОГК) – наиболее чувствительный и специфичный метод для выявления, оценки выраженности и морфологической характеристики эмфиземы легких. Однако, в настоящее время из протоколов лучевых исследований крайне затруднительно получить объективные исходные данные для оценки распространенности эмфиземы. Это обусловлено, преимущественно, человеческим фактором. Интерпретация результатов лучевых исследований, в подавляющем большинстве ситуаций, происходит в рамках конкретной клинической задачи. Известно, что различные патологические изменения (сопутствующего, хронического характера) не всегда в полном объеме анализируются врачами-рентгенологами и включаются в протокол с описанием исследования. Причина известна – врач фокусируется на текущей приоритетной клинической задаче. Во множестве случаев такой подход не влияет на безопасность пациента. Однако, в ситуации с ХОБЛ недостаточное внимание к выявлению и характеристике эмфизематозного поражения легких – даже объективно обусловленное текущей клинической задачей – может оказаться крайне неблагоприятным для пациента в отдаленной перспективе.

Одно из решений проблемы – автоматизация; анализ и оценка распространенности эмфиземы могут осуществляться автоматически, путем применения так называемых технологий искусственного интеллекта (ТИИ). Автоматизация поиска и оценки различных патологических проявлений положительно влияет на качество и скорость работы врача-рентгенолога, обеспечивает повышение информативности описаний за счет включения в протокол дополнительной и/или более объективной информации (например, результатов точных измерений объема поражений легких вместо субъективной приблизительной оценки) [23]. В настоящее время ТИИ в сфере здравоохранения проходят период научного становления. По решению Правительства Москвы с 2020 г. выполняется научный «Эксперимент по использованию инновационных технологий в области компьютерного зрения для анализа



медицинских изображений и дальнейшего применения в системе здравоохранения города Москвы» (mosmed.ai) (далее – Московский Эксперимент). Сейчас это крупнейшее в мире проспективное клиническое исследование применимости и качества ТИИ в лучевой диагностике. Результаты лучевых исследований различных модальностей анализируются программным обеспечением на основе ТИИ (так называемыми ИИ-сервисами). На момент подготовки статьи, в Московском Эксперименте участвуют свыше 70 ИИ-сервисов, проанализировавших результаты около 10 миллионов лучевых исследований из более чем 150 медицинских организаций г. Москвы. В 2022 г. к Эксперименту подключились медицинские организации Ямало-Ненецкого автономного округа. Разработаны и осуществляются процедуры этапной оценки диагностической и клинической точности, надежности, комплексно изучается влияние ТИИ безопасности, качество и экономические показатели медицинской помощи.

Наличие значительного количества лучевых исследований, подвергнутых объективному автоматическому анализу, включающему измерения (морфометрию), создало новую уникальную возможность для изучения общественного здоровья.

Цель исследования: изучить распространенность эмфиземы у населения г. Москвы на основе автоматизированного анализа результатов лучевых исследований.

Методы

Исследование выполнено в рамках научного «Эксперимента по использованию инновационных технологий в области компьютерного зрения для анализа медицинских изображений и дальнейшего применения в системе здравоохранения города Москвы» (далее – Московский Эксперимент), проводимого с 2020 г. при поддержке Правительства Москвы (mosmed.ai) [23].

Дизайн: ретроспективное описательное эпидемиологическое исследование.

Анализ выполнен за период: октябрь 2022 г. – июнь 2023 г., для населения города Москвы.

В исследование включены результаты исследований 116216 пациентов. В анализ данных включены все субъекты исследования, для которых были получены данные, по крайней мере, по одному анализируемому параметру. Анализ был проведен со стратификацией по полу и возрасту. Использовались следующие возрастные группы,

в соответствии с классификацией Всемирной организации здравоохранения: молодой возраст – 18–44 лет; средний возраст – 45–59 лет; пожилой возраст – 60–74 лет; старческий возраст – 75–89 лет; долгожители – 90 лет и более.

В качестве источника первичных данных использована информационная система в сфере здравоохранения субъекта Российской Федерации – Единый радиологический информационный сервис Единой медицинской информационно-аналитической системы г. Москвы (ЕРИС ЕМИАС).

Компьютерная томография органов грудной клетки назначалась лечащими врачами, непосредственно выполнялась рентгенолаборантами в медицинских организациях государственной системы здравоохранения г. Москвы, оказывающих помощь в амбулаторных условиях или в условиях стационара. Результаты КТ ОГК сохранялись в ЕРИС ЕМИАС, далее, в соответствии с процедурами Московского Эксперимента [23], направлялись на сервис на основе технологий искусственного интеллекта (далее – ИИ-сервис). После чего исходные результаты и результаты автоматизированного анализа становились доступны врачу-рентгенологу для интерпретации, описания и формирования протокола. В период исследования для выявления эмфиземы на КТ ОГК использовался ИИ-сервис «Emphysema-IRA» (ООО «Интеллиджент радиолоджи ассистанс лабораторис (АЙРА Лабс) »).

Применимость результатов автоматизированного анализа для эпидемиологического исследования подтверждается высокими показателями диагностической точности использованного программного обеспечения на основе технологий искусственного интеллекта. Соответствующее значение площади под характеристической кривой, определенное в проспективном режиме в процессе технологического и клинического мониторинга в рамках Московского Эксперимента [23], составило 0,99 (95% ДИ 0,98–1,0).

В автоматизированном режиме на КТ ОГК ИИ-сервисом определялся факт наличия эмфизематозных изменений лёгких (бинарная оценка – да/нет) – наличие в лёгких $\geq 6\%$ (суммарно в обоих лёгких) вокселей с КТ-плотностью ≤ -950 HU (эмфизематозные изменения) на нативных изображениях [24]. Также результатом работы ИИ-сервиса был процент эмфизематозного поражения в обоих легких и отдельно по каждому легкому.

В ЕРИС ЕМИАС сохранены результаты анализа КТ ОГК ИИ-сервисами. Это позволило нам





проанализировать характеристики и структуру распространенности эмфиземы на популяционном уровне.

Для анализа и обработки данных использованы следующие методы:

1. Статистический анализ. Для представления результатов были использованы методы описательной статистики с указанием следующих характеристик: число непропущенных значений (N), минимальное значение (Min), максимальное значение (Max), арифметическое среднее (M), стандартное отклонение (SD), 95% доверительный интервал (ДИ) для среднего, медиана (Me), 1-й и 3-й квартили (Q1, Q3). Сравнение категориальных данных между группами было проведено с помощью χ^2 -критерия. Для численных данных использовался дисперсионный анализ (ANOVA). При выявлении статистически значимых различий априорное (post-hoc) попарное сравнение проводилось с помощью t-теста с поправкой на множественность сравнения по методу Тьюкки. Уровнем статистической значимости было принято значение 0,05 (двустороннее). Дополнительно было проведено построение моделей логистической регрессии. В качестве зависимой переменной использовался факт наличия или отсутствия того или иного фактора риска для каждого субъекта исследования. В качестве факторов модели использовались пол, возраст, а также квадрат возраста в случае нелинейной зависимости от возраста. Для каждого фактора была проведена оценка отношения шансов (ОШ) наличия фактора риска (Odds Ratio, OR) и 95% ДИ для OR. Статистическая обработка была выполнена с помощью программы «Stata14®».

2. Определение показателя распространенности. Рассчитывался как отношение числа случаев к среднегодовой численности населения, умноженное на 1000. Использовано среднее значение

среднегодовой численности населения за 2022 год 13059651 (по открытым данным Управления Федеральной службы государственной статистики по г. Москве и Московской области).

Результаты

В указанный период времени в государственных медицинских организациях г. Москвы, оказывающих помощь взрослому населению в амбулаторных условиях, выполнено 316115 компьютерных томографий органов грудной клетки (КТ ОГК); эти исследования назначались лечащими врачами для решения различных задач. Из этого количества 116216 (36,8%) КТ ОГК были проанализированы ИИ-сервисами для выявления и определения процента эмфизематозного поражения. В числе обследованных мужчин было 52392 (45,1%), женщин – 63807 (54,9%).

Эмфизема выявлена у 6,9% (8018) обследованных лиц (средний возраст 65,0+13,6, мода – 65, медиана – 67), в том числе – у 6820 мужчин (что составило 13,0% от обследованных лиц данного пола) и у 1197 женщин (1,9%).

Распространенность эмфиземы у населения г. Москвы составила 0,614 на 1000 человек.

В *таблице 1* представлено распределение лиц с эмфиземой по возрастным группам.

Большинство лиц, у которых при КТ-исследованиях выявлена эмфизема, относятся к группе пожилого (47,0%) возраста. Меньше всего обследованных относятся к группе долгожителей (2,0%). Обращает на себя внимание довольно высокий удельный вес лиц молодого возраста, у которых выявлены признаки эмфиземы легких – 9,0%.

В целом, у лиц мужского пола частота выявления эмфиземы была статистически значимо выше (χ^2 -квadrat=1000,0; $p < 0,001$). Также в каждой возрастной группе у мужчин эмфизема статистически

Таблица 1

Частота встречаемости эмфиземы легких в различных возрастных группах

Возрастная группа, лет	Мужчины	Женщины	Суммарно	χ^2 ; p (по возрасту)
18–44	596/13006 (4,6%)	127/12068 (1,1%)	724/25081 (2,9%)	278,6; <0,001
45–59	1409/12433 (11,3%)	202/12956 (1,6%)	1611/25394 (6,3%)	1000; <0,001
60–74	3274/18205 (18,0%)	485/22300 (2,2%)	3759/40510 (9,3%)	3000; <0,001
75–89	1450/8138 (17,8%)	324/14601 (2,2%)	1774/22739 (7,8%)	1800; <0,001
90 и более	91/610 (14,9%)	59/1882 (3,1%)	150/2492 (6,0%)	113,1; <0,001
Суммарно	6820/52392 (13,0%)	1197/63807 (1,9%)	8018/116216 (6,9%)	1000,0; <0,001



значимо выявлялась чаще, чем у женщин. В целом, в каждой возрастной группе удельный вес лиц с эмфиземой принципиально больше среди мужского населения, чем среди женского. Например, в группе среднего возраста эмфизема обнаружена у 11,3% мужчин и лишь у 1,6% женщин; в группе пожилого возраста эти значения составили 18,0% и 2,2% соответственно. Минимальны, но все равно статистически достоверны различия в молодом возрасте: 4,6% мужчин и 1,1% женщин (Хи-квадрат=278,6, $p < 0,001$).

Для выявления параметров, влияющих на риск наличия эмфиземы легких использована логистическая регрессия. Установлено, что относительный риск наличия эмфиземы у мужчин по сравнению с женщинами того же возраста составляет 3,851 (95% ДИ 2,963; 5,006; значение z-критерия 10,1, $p < 0,001$). В целом, увеличение возраста на 5 лет в 1,09 раза увеличивает вероятность наличия данного фактора риска (95% ДИ 1,071; 1,109; значение z-критерия 9,7, $p < 0,001$).

Посредством автоматизированной морфометрии для каждого исследования установлено количество вокселей с КТ-плотностью ≤ -950 HU, это позволило объективно определить процент эмфизематозного поражения в обоих легких и отдельно по каждому легкому (таблица 2).

Осуществлена проверка нулевой гипотезы о том, что средние значения процента эмфизематозного поражения (суммарно обоих легких) во всех возрастных группах равны между собой. Нулевая гипотеза была отвергнута, причем как для всей выборки (f-критерий 199,8, $p < 0,0001$), так и отдельно для мужчин и женщин. Таким образом, средние как минимум в двух возрастных группах отличаются. Следующим шагом выполнено апостериорное (post-hoc) попарное сравнение процента эмфиземы в обоих легких между возрастными группами (для всей выборки, отдельно для мужчин и женщин) с поправкой по методу Тьюкки [25].

У мужчин средний процент эмфизематозного поражения (0,8+3,5% (95% ДИ 0,8; 0,8)) был

Таблица 2

Результаты автоматизированной морфометрии эмфиземы (оба легких)

Пол	Параметр	Возрастная группа, лет					
		18-44	45-59	69-74	75-89	90+	Суммарно
Суммарно	N	25081	25394	40510	22739	2492	116216
	Mean	0,1	0,3	0,7	0,5	0,2	0,4
	SD	1,0	2,1	3,3	2,7	1,3	2,6
	95% ДИ	(0,1; 0,1)	(0,3; 0,3)	(0,6; 0,7)	(0,5; 0,5)	(0,2; 0,3)	(0,4; 0,4)
	F(ANOVA)	199,8					
	P	<0,0001					
Мужчины	N	13006	12433	18205	8138	610	52392
	Mean	0,2	0,5	1,3	1,2	0,6	0,8
	SD	1,3	2,6	4,5	4,2	2,3	3,5
	95% ДИ	(0,1; 0,2)	(0,5; 0,6)	(1,2; 1,3)	(1,1; 1,3)	(0,4; 0,8)	(0,8; 0,8)
	F(ANOVA)	238,5					
	P	<0,0001					
Женщины	N	12068	12956	22300	14601	1882	63807
	Mean	0,0	0,1	0,2	0,1	0,1	0,1
	SD	0,6	1,5	1,6	1,0	0,7	1,3
	95% ДИ	(0,0; 0,0)	(0,1; 0,1)	(0,1; 0,2)	(0,1; 0,1)	(0,1; 0,1)	(0,1; 0,1)
	F(ANOVA)	15,2					
	P	<0,0001					
t; p (между полами)		46,5; <0,0001					

Примечание: N – общее количество исследований в выборке, Mean – среднее арифметическое, SD – стандартное отклонение, Min – минимальное значение в выборке, Max – максимальное значение в выборке, Med – медиана, Q1, Q3 – значения первого и третьего квартилей.





статистически достоверно больше, чем у женщин (0,1+1,3% (95% ДИ 0,1; 0,1)) – t-критерий 46,5, $p < 0,0001$. Полностью аналогичная ситуация отмечается и при анализе результатов автоматизированной морфометрии для каждого легкого по отдельности – процент эмфизематозного поражения у мужчин статистически достоверно выше.

При попарном сравнении установлено, что процент поражения в обоих легких в возрастных группах 45–59, 69–74 и 75–89 лет был достоверно выше, чем у лиц молодого возраста ($p < 0,001$). Вместе с тем, значимые различия отсутствовали между группами 18–44 и старше 90 лет ($p = 0,194$).

С возрастом средний процент эмфизематозного поражения постепенно нарастает (различия между возрастными группами достоверны) и достигает максимума в группе 69–74 лет: для обоих полов – 0,7+3,4% (95% ДИ 0,6; 0,7); для мужчин – 1,3+4,6% (95% ДИ 1,2; 1,3), для женщин – 0,2+1,7% (95% ДИ 0,1; 0,2).

У женщин возрастная динамика процента поражения в обоих легких имеет свои особенности; точнее можно сказать, что она фактически отсутствует. Достоверны различия лишь между группами 18–44 и 45–59, 18–44 и 69–74 лет (t-критерий 4,2 и 7,7 соответственно, $p < 0,001$).

У мужчин, напротив, достоверные различия есть почти между всеми возрастными группам. При анализе результатов автоматизированной морфометрии для каждого легкого по отдельности наблюдается, фактически, идентичная картина, не имеющая специфических особенностей.

Отдельно изучена распространенность клинически значимой эмфиземы легких (поражение >6%) (таблица 3).

Клинически значимая эмфизема легких выявлена у 2,0% (2263) обследованных лиц (средний возраст

67,2+11,5, мода – 71, медиана – 68), в том числе – у 1965 мужчин (что составило 3,8% от обследованных лиц данного пола) и у 297 женщин (0,5%). Большинство лиц с данным патологическим состоянием относились к группе пожилого возраста 55,0%, меньше всего – к группе долгожителей (1,0%). И вновь обращает на себя внимание относительно высокий удельный вес клинически значимой эмфиземы у лиц молодого возраста – 5,0%.

Распространенность эмфиземы у населения г. Москвы составила 0,173 на 1000 человек.

Различия частоты встречаемости клинически значимой эмфиземы легких у мужчин и женщин носят статистически значимый характер (Хи-квадрат 1000,0; $p < 0,001$). Причем это характерно как для всей выборки, так и для отдельных возрастных групп. Подчеркнем, что, фактически, число мужчин с клинически значимой эмфиземой в каждой возрастной группе в несколько раз больше, чем женщин; например, в группе 45–59 лет – 2,4% против 0,4%, 75–89 лет – 5,7% против 0,5%. Минимальны различия у лиц молодого возраста (0,7% против 0,2%).

В целом, с возрастом удельный вес лиц с клинически значимым поражением постепенно возрастает, достигая пика в возрастной группе 60–74 лет (оба пола – 3,1%, мужчины – 6,0%, женщины – 3,1%). Затем отмечается плавное снижение этого показателя, однако, в любом случае, минимальный удельный вес лиц с клинически значимым поражением отмечается только в группе молодого возраста. Описанные динамические изменения носят статистически достоверный характер, как в целом для всей выборки (Хи-квадрат 646,2, $p < 0,001$), так и отдельно для каждого пола (мужчины – Хи-квадрат 757,6, $p < 0,001$, женщины – Хи-квадрат 43,1, $p < 0,001$).

Таблица 3

Частота встречаемости клинически значимой эмфиземы легких (>6%) в различных возрастных группах

Возрастная группа, лет	Мужчины	Женщины	Суммарно	χ^2 ; p (по полу)
18–44	86/13006 (0,7%)	23/12068 (0,2%)	110/25081 (0,4%)	32,0; <0,001
45–59	297/12433 (2,4%)	52/12956 (0,4%)	349/25394 (1,4%)	184,9; <0,001
60–74	1098/18205 (6,0%)	150/22300 (0,7%)	1248/40510 (3,1%)	963,8; <0,001
75–89	465/8138 (5,7%)	67/14601 (0,5%)	532/22739 (2,3%)	631,6; <0,001
90 и более	19/610 (3,1%)	5/1882 (0,3%)	24/2492 (1,0%)	39,2; <0,001
Суммарно	1965/52392 (3,8%)	297/63807 (0,5%)	2263/116216 (2,0%)	1000,0; <0,001
χ^2 ; p (по возрасту)	757,6; <0,001	43,1; <0,001	646,2; <0,001	



Для выявления факторов, влияющих на риск наличия клинически значимой эмфиземы легких использована логистическая регрессия. Установлено, что относительный риск шансов выявления наличия эмфиземы у мужчин по сравнению с женщинами того же возраста составляет 2,113 (95% ДИ 1,260; 3,542; значение z-критерия 2,8, $p < 0,005$). В целом, увеличение возраста на 5 лет в 1,08 раза увеличивает вероятность наличия данного фактора риска (95% ДИ 1,046; 1,121; значение z-критерия 4,5, $p < 0,001$). Таким образом, риски наличия клинически значимой эмфиземы легких повышаются у мужчин, а также, независимо от пола, при увеличении возраста на каждые 5 лет.

Обсуждение

Посредством автоматизированного анализа результатов компьютерной томографии нами получены данные о распространенности эмфиземы на популяционном уровне. Эпидемиологические данные о распространенности эмфиземы носят дискретный характер. Обычно соответствующие исследования проводились в ограниченных выборках, в том числе – крайне малых (менее 100 человек). По данным зарубежных авторов, в выборке из 2674 человек, включенных в скрининговое исследование рисков ишемической болезни сердца, эмфизема по данным КТ выявлена в 6,5% случаев; причем у представителей негроидной расы частота встречаемости этого патологического состояния была выше, чем у представителей европеоидной [26]. В качестве сопутствующего состояния эмфизема встречается у 27,0% пациентов с интерстициальными поражениями легких и ревматоидным артритом [27]. В крайне малой выборке из 59 человек (курильщики, средний возраст 53 года, нормальные функции внешнего дыхания) эмфизема по данным КТ выявлена в 43,0% случаев [28]. В Японии посредством компьютерной томографии исследованы 4288 мужчин и 3559 женщин; общая распространенность эмфиземы составила 2,9% [22]. По данным итальянской программы скрининга злокачественных новообразований легкого методом низкодозовой КТ эмфизема выявлена у 26,6% обследованных; отметим, что в данном случае речь идет о селективном скрининге [29]. По данным исследования «National Lung Screening Trial» (США) среднее значение процента эмфизематозных нарушений у 7262 обследованных лиц составляло 0,8% (интерквартильный размах 0,2%–2,7%) [30].

В России относительно крупное исследование распространенности именно эмфиземы легких проведено более 20 лет назад и тоже в ограниченных контингентах. Нечаев, 1999, установил, что распространенность данного патологического состояния среди работников промышленных предприятий составляет 4,4 на 100 обследованных (95% ДИ 3,4–5,7), в том числе среди мужчин 7,1 (95% ДИ 5,2–9,3), женщин – 1,5 (95% ДИ 0,7–2,8). Распространенность среди больных туберкулезом органов дыхания составляет в целом была 27,1 на 100 обследованных (95% ДИ 22,0–33,1). В этих двух группах наличие эмфиземы устанавливали рентгенологическим и клиническим путем. Отдельно изучили распространенность эмфиземы по данным аутопсии среди умерших от неспецифических заболеваний органов дыхания; она составила 19,2 на 100 всех вскрытий (95% ДИ 14,0–25,7) [20].

С одной стороны, наше исследование также проведено на относительно ограниченной выборке (лица обоего пола, старше 18 лет, которым назначена компьютерная томография в амбулаторных условиях). С другой стороны, конкретная причина назначения КТ не являлась критерием включения или исключения из исследования, что несомненно положительно сказалось на репрезентативности выборки.

Современные эпидемиологические исследования российских авторов дают представление об обобщенной заболеваемости хроническим бронхитом и эмфиземой легких (коды МКБ-10 J40-J43) [31, 32]. В 2022 г. опубликованы сравнительные данные заболеваемости по обращаемости взрослого населения по классу болезней органов дыхания взрослого населения Российской Федерации и г. Москвы. В РФ общая заболеваемость хроническим бронхитом и эмфиземой (J40-J43) составила в 2015 г. 1483,3 на 100 тыс. населения, в 2020 г. – 1349,4 на 100 тыс. населения. В г. Москве соответствующие показатели составили 1446,4 и 1205,7 на 100 тыс. населения соответственно; то есть общая заболеваемость была ниже общероссийской на 11,0%. В обеих ситуациях отмечена положительная тенденция снижения заболеваемости хроническим бронхитом и эмфиземой; при этом в г. Москве этот процесс носил более выраженный характер – в период 2015–2019 гг. темп прироста составил –15,8%, в то время, как в РФ – –3,3% [1]. Прямое сравнение представленных данных с нашими результатами невозможно, в силу принципиально разных методик их проведения исследований.





В нашем исследовании установлено, что эмфизематозное поражение легких чаще выявляется у мужчин, более того, риск развития этого состояния для лиц мужского пола достоверно выше.

В целом, наши данные схожи с результатами исследования японских авторов, показавших на материале 7847 пациентов, что эмфизема при КТ ОГК встречается чаще у мужчин (5,0%), чем у женщин (0,5%), также частота развития этого патологического состояния повышается с возрастом [22]. В ином описательном исследовании заболеваемости по госпитализации отмечается: «чем старше пациент, тем риск возникновения ХОБЛ выше». Авторы не приводят объективные данные, однако наши результаты позволяют в целом подтвердить это эмпирическое утверждение [33]. Результаты нашего исследования в некоторой мере корреспондируют с сообщением Быстрицкой с соавт., 2021 о том, что показатель смертности от болезней органов дыхания мужского населения (26,7 на 100 тыс.) в 4,2 раза выше по сравнению с женским (6,3 на 100 тыс. лиц соответствующего возраста) [34]. Для общероссийской популяции лиц экономически активного возраста также показано, что показатель смертности и количество потерянных лет потенциальной жизни от болезней, ассоциированных с органами дыхания, среди мужчин значительно выше, чем среди женщин [35]. Более высокая встречаемость ХОБЛ в целом и эмфиземы в частности у мужчин объясняется наличием большего числа предрасполагающих факторов (табакокурение, неблагоприятные экологические и профессионально-производственные воздействия и условия труда) [33].

Количественная оценка эмфиземы представляет собой трудоёмкий процесс, что приводит со стороны врача-рентгенолога, действующего в условиях ограниченного времени, к субъективной визуальной оценке наличия и степени выраженности патологии. Поэтому необходимость автоматического анализа объема эмфиземы по данным компьютерной томографии уже была заявлена иными авторами и, в целом, не вызывает сомнений [36]. Более того, автоматизированный анализ КТ ОГК в динамике позволяет точно оценивать прогрессирование эмфиземы, а значит более точно осуществлять прогнозирование и коррекцию тактики ведения пациента [37].

Примечательно, что исследования применимости ТИИ для анализа и интерпретации результатов лучевых исследований в аспекте хронических

заболеваний легких ведутся уже и врачами-рентгенологами.

Грива с соавт., 2021, выполнили обзор разработок в сфере автоматизированной диагностики эмфиземы с глубиной поиска более 20 лет. Авторы сфокусировались на совместном машинном анализе результатов КТ и функциональных исследований (спирометрии) [36]. Такой подход интересен, но направлен на получение дополнительных данных о патологических изменениях в легких; с оптимизацией труда врача-рентгенолога он не связан.

Сперанская, 2022, продемонстрировала применимость для оценки прогрессирования хронических фиброзирующих интерстициальных заболеваний легких ТИИ, разработанной для определения степени распространенности острой интерстициальной пневмонии при COVID-19 и эмфиземы при хронической обструктивной болезни легких [39].

Некоторые отечественные и зарубежные авторы изучают возможность автоматизированного выявления эмфиземы на результатах низкодозовой компьютерной томографии, в том числе в рамках программ скрининга злокачественных новообразований легкого [40, 41]. Обсуждается целесообразность обязательного скрининга эмфиземы [42].

Важность автоматизированного анализа наличия и распространенности эмфиземы представляется чрезвычайно актуальной и с точки зрения развития профилактического направления в здравоохранении. По данным крупного исследования результативности скрининга злокачественных новообразований легкого «National Lung Screening Trial» (США) установлено, что увеличение объема эмфизематозного поражения на 1,0% ассоциировано с повышением риска развития рака легкого (отношение рисков 1,02; 95% ДИ 1,01–1,03; $p=0,004$), а также смерти от данного онкологического заболевания. Также увеличение поражения на 1,0% повышает шансы развития обструкции в 1,07 раза (95% ДИ 1,06–1,09; $p<0,001$) [30]. Исходя из сказанного считаем целесообразным внедрять ТИИ не только для оптимизации работы врача-рентгенолога, изучения популяционного здоровья, но и для развития системы профилактических мероприятий.

Angelini et al, 2023, заявили о высокой точности ТИИ для распознавания 6 подтипов эмфиземы на КТ ОГК. Для решения данной задачи в ходе многолетнего исследования «MESA COPD Study» применялось неконтролируемое машинное обучение («обучение без учителя») и принципы радиомики.



Для решения задачи дифференциальной диагностики использовалась совокупность клинических, рентгенологических и лабораторных данных. Данная работа находится несколько в иной плоскости, так как фокусируется на дифференциальной диагностике с целью определения тактики лечения. Тем не менее она явно демонстрирует заинтересованность исследователей в проблематике автоматизированного выявления эмфиземы в контексте борьбы с ХОБЛ [43].

В контексте организации и управления здравоохранением интересна работа Moslemi et al, 2023. Авторы использовали технологии машинного обучения для создания прогностической системы: путем комбинированного анализа демографических данных результатов КТ и инструментальных исследований функций внешнего дыхания автоматически определялась вероятность обращения пациента с ХОБЛ за медицинской помощью в виде госпитализации или эпизода оказания экстренной помощи по причине хронического заболевания легких. Точность прогнозирования составила $80,0 \pm 3,0\%$ [44]. Данная работа иллюстрирует возможность применения ТИИ для анализа клинических данных, но для решения организационно-управленческих задач.

Таким образом, клиническая значимость автоматизированного выявления эмфиземы на КТ ОГК не вызывает сомнений. Однако, в этой ситуации мы рассматриваем применение ТИИ под другим углом: уже достигнутый (далеко не максимальный) уровень технологического и методологического развития автоматизированного анализа медицинских изображений позволяет создавать новые цифровые технологии для управления здравоохранением, как минимум в аспекте медико-социальной профилактики, а также – для изучения общественного здоровья на принципиально новом уровне.

Ограничения исследования. Исследование имеет территориальные ограничения, так как выполнено только на популяции г. Москвы.

Выводы

Впервые на популяционном уровне (для населения г. Москвы) установлена распространенность эмфиземы легких: 0,614 на 1000 человек; распространенность эмфиземы на клинически значимом уровне меньше и составляет 0,173 на 1000 человек.

Большинство лиц, у которых при КТ-исследованиях выявлена эмфизема, в том числе клинически значимая, относятся к группе пожилого возраста (47,0% и 55,0% соответственно), меньшинство – к группе долгожителей (2,0% и 1,0%), также значителен удельный вес лиц молодого возраста (9,0% и 5,0%).

У мужчин во всех возрастных группах частота выявления эмфиземы статистически значимо выше, чем у женщин (Хи-квадрат=1000,0; $p < 0,001$). Относительный риск наличия эмфиземы у мужчин по сравнению с женщинами того же возраста составляет 3,851 (95% ДИ 2,963; 5,006), клинически значимой эмфиземы – 2,113 (95% ДИ 1,260; 3,542). Вне зависимости от пола, увеличение возраста на 5 лет в 1,1 раза увеличивает вероятность наличия эмфиземы, в том числе клинически значимой.

С возрастом среднее значение эмфизематозного поражения обоих легких у мужчин увеличивается – скачкообразно в период 45–59 лет и достигая «пика» в период 60–74 лет, затем снижается. У женщин этот показатель фактически не изменяется, оставаясь «на плато», исключение составляет «пик» в период 60–74 лет с последующим быстрым возвращением к исходному уровню.

Автоматизированное выявление признаков эмфизематозных изменений представляет собой способ быстрой, массовой и объективной оценки распространенности хронической обструктивной болезни легких в популяции. Благодаря развитию медицинского программного обеспечения на основе искусственного интеллекта появилась возможность разработать и внедрить принципиально новые цифровые технологии управления здравоохранением и изучения общественного здоровья.



СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Кураева В.М., Фейгинова С.И., Подчернина А.М. Анализ показателей заболеваемости по классу болезней органов дыхания взрослого населения города Москвы и Российской Федерации // Здоровье мегаполиса. – 2022. – Т. 3. – № 1. – С. 6–15. DOI: 10.47619/2713-2617.zm.2022.v.3i1;6-15.
2. Погорелов А.Р., Рябинина Л.И., Захарова О.М. География бронхолегочной заболеваемости населения в регионах России: мониторинг 2010–2019 годов. ИнтерКарто. ИнтерГИС. – 2022. – Т. 28. – № 2. – С. 298–310. DOI: 10.35595/2414-9179-2022-2-28-298-310.
3. Райкова С.В., Комлева Н.Е., Микеров А.Н., Потапова М.В., Завьялов А.И., Потапова А.С. Хроническая обструктивная болезнь лёгких: актуальная проблема здоровьесбере-





- жения современной медицины // Казанский медицинский журнал. – 2021. – Т. 102. – № 6. – С. 908–915. DOI: 10.17816/KMJ2021–908.
4. *Barnes P.J.* COPD2020: new directions needed. *Am J Physiol Lung Cell Mol Physiol.* 2020 Nov 1;319(5): L884-L886. DOI: 10.1152/ajplung.00473.2020.
 5. *Hage R, Gautschi F, Steinack C, Schuurmans M.M.* Combined Pulmonary Fibrosis and Emphysema (CPFE) Clinical Features and Management // *Int J Chron Obstruct Pulmon Dis.* 2021;16:167–177. DOI: 10.2147/COPD.S286360.
 6. *Багишева Н.В., Мордык А.В., Викторова И.А., Нестерова К.И., Гольяпин В.В., Арьян А.Р. и др.* Факторный анализ медицинских факторов риска развития неблагоприятного исхода лечения туберкулеза у коморбидных пациентов // *Фарматека.* – 2021. – Т. 28. – № 5. – С. 96–102. DOI: 10.18565/pharmateca.2021.5.96–102.
 7. *Кароли Н.А., Бородкин А.В., Ребров А.П.* Факторы риска развития неблагоприятных исходов у пациентов с хронической обструктивной болезнью легких // *Терапия.* – 2022. – Т. 8. – № 5 (57). – С. 18–25. DOI: 10.18565/therapy.2022.5.18–25.
 8. *Мальхихин Ф.Т.* Особенности этиологии, патогенеза и патологической морфологии хронической обструктивной болезни легких у женщин и мужчин // *Пульмонология.* – 2021. – Т. 31. – № 4. – С. 530–536. DOI: 10.18093/0869-0189-2021-31-4-530-536.
 9. *Чаулин А.М., Милютин И.Н., Дупляков Д.В.* Коморбидность хронической обструктивной болезни легких и сердечно-сосудистых заболеваний: распространенность, факторы риска и диагностика // *Врач.* – 2020. – Т. 31. – № 9. – С. 28–34. DOI: 10.29296/25877305-2020-09-05.
 10. *Шаленкова М.А., Иванов А.В., Клишкин П.Ф.* Особенности коморбидной патологии и ее влияние на прогноз у больных онкологическим заболеванием, госпитализированных с острым коронарным синдромом // *Кардиологический вестник.* – 2021. – Т. 16. – № 3. – С. 53–59. DOI: 10.17116/Cardiobulletin20211603153.
 11. *Искендеров Б.Г., Беренштейн Н.В., Лохина Т.В., Можжухина И.Н.* Оценка влияния сопутствующей хронической обструктивной болезни легких на исходы острого коронарного синдрома // *Фарматека.* – 2020. – Т. 27. – № 14. – С. 74–80. DOI: 10.18565/pharmateca.2020.14.74–80.
 12. *Со А.К., Авдеев С.Н., Нуралиева Г.С., Гайнитдинова В.В., Чучалин А.Г.* Предикторы неблагоприятного исхода при обострении хронической обструктивной болезни легких // *Пульмонология.* – 2018. – Т. 28. – № 4. – С. 446–452. DOI: 10.18093/0869-0189-2018-28-4-446-452.
 13. *Mouronte-Roibás C., Leiro-Fernández V., Fernández-Villar A., Botana-Rial M., Ramos-Hernández C., Ruano-Ravina A.* COPD, emphysema and the onset of lung cancer. A systematic review // *Cancer Lett.* 2016;382(2):240–244. DOI: 10.1016/j.canlet.2016.09.002.
 14. *Чучалин А.Г., Авдеев С.Н., Айсанов З.Р., Белевский А.С., Лещенко И.В., Овчаренко С.И. и др.* Хроническая обструктивная болезнь легких: федеральные клинические рекомендации по диагностике и лечению // *Пульмонология.* – 2022. – Т. 32. – № 3. – С. 356–392. DOI: 10.18093/0869-0189-2022-32-3-356-392.
 15. *Глинская Т.Н., Щавелева М.В., Давидовская Е.И., Богущ Л.С.* Заболеваемость болезнями органов дыхания населения Республики Беларусь в возрасте старше трудоспособного // *Вопросы организации и информатизации здравоохранения.* – 2022. – № 3 (112). – С. 18–31.
 16. *Заикина И.В., Комлева Н.Е., Мазилко С.И., Долич В.Н., Меденцов В.А.* Сопряжённый анализ динамики основных показателей здоровья взрослого населения с хроническими неинфекционными заболеваниями и профилактической деятельности медицинских учреждений // *Здравоохранение Российской Федерации.* – 2022. – Т. 66. – № 6. – С. 491–498. DOI: 10.47470/0044–197X-2022-66-6-491-498.
 17. *Муханова И.Ф., Биалов Ф.С., Шарфутдинова Н.Х.* Динамика показателей общей заболеваемости и общей инвалидности вследствие болезней органов дыхания среди взрослого населения в Республике Башкортостан за 2015–2019 гг. // *Медико-социальные проблемы инвалидности.* – 2021. – № 2. – С. 93–99.
 18. *Голева О.П., Рождественский М.Е., Юргель Н.В.* Распространенность хронической бронхолегочной патологии по данным о причинах смерти // *Вестник новых медицинских технологий.* – 2001. – Т. 8. – № 2. – С. 84–86.
 19. *Муханова И.Ф.* Сравнительный анализ основных показателей первичной заболеваемости, смертности и инвалидности вследствие болезней органов дыхания в республике Башкортостан и Российской Федерации за 2014–2018 гг. // *Современные проблемы здравоохранения и медицинской статистики.* – 2020. – № 2. – С. 179–190.
 20. *Нечаев В.И.* Эмфизема легких: Распространенность, факторы риска и системные проявления болезни в организованной популяции: автореферат дис. ... доктора медицинских наук: 14.00.43. – Москва, 1999. – 36 с.
 21. *Сагиндикова Г.Е., Коган Е.А., Шаханов Т.Е.* Характеристика заболеваемости и смертности от хронических заболеваний легких у населения Семипалатинского региона и их морфологические проявления. *Пульмонология.* – 2007. – № 3. – С. 87–92. DOI: 10.18093/0869-0189-2007-0-3-87-92.
 22. *Wang Q., Takashima S., Wang J.C., Zheng L.M., Sone S.* Prevalence of emphysema in individuals who underwent screening CT for lung cancer in Nagano prefecture of Japan // *Respiration.* 2001;68(4):352–6. DOI: 10.1159/000050526.
 23. *Компьютерное зрение в лучевой диагностике: первый этап Московского эксперимента: Монография Монография / Под ред. Ю.А. Васильева, А.В. Владзимирского.* Москва: Издательские решения, 2022. – 388 р.



24. Lynch D.A., Austin J.H., Hogg J.C., Grenier P.A., Kauczor H.U., Bankier A.A. 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.
25. Tukey J.W. Some selected quick and easy methods of statistical analysis // *Trans N Y Acad Sci*. 1953;16(2):88–97. DOI: 10.1111/j.2164–0947.1953.tb01326.x.
26. Liu G.Y., Khan S.S., Colangelo L.A., Meza D., Washko G.R., Sporn P.H.S. et al. Comparing Racial Differences in Emphysema Prevalence Among Adults With Normal Spirometry: A Secondary Data Analysis of the CARDIA Lung Study // *Ann Intern Med*. 2022;175(8):1118–1125. DOI: 10.7326/M22–0205.
27. Jacob J., Song J.W., Yoon H.Y., Cross G., Barnett J., Woo W.L. et al. Prevalence and Effects of Emphysema in Never-Smokers with Rheumatoid Arthritis Interstitial Lung Disease // *EBioMedicine*. 2018;28:303–310. DOI: 10.1016/j.ebiom.2018.01.038.
28. Stratelis G., Fransson S.G., Schmekel B., Jakobsson P., Mölsted S. High prevalence of emphysema and its association with BMI: a study of smokers with normal spirometry // *Scand J Prim Health Care*. 2008;26(4):241–7. DOI: 10.1080/02813430802452732.
29. Camiciottoli G., Cavigli E., Grassi L., Diciotti S., Orlandi I., Zappa M. et al. Prevalence and correlates of pulmonary emphysema in smokers and former smokers. A densitometric study of participants in the ITALUNG trial // *Eur Radiol*. 2009;19(1):58–66. DOI: 10.1007/s00330-008-1131-6.
30. Labaki W.W., Xia M., Murray S., Hatt C.R., Al-Abcha A., Ferrera M.C. et al. Quantitative Emphysema on Low-Dose CT Imaging of the Chest and Risk of Lung Cancer and Airflow Obstruction: An Analysis of the National Lung Screening Trial // *Chest*. 2021;159(5):1812–1820. DOI: 10.1016/j.chest.2020.12.004.
31. Казаковцев В.П., Ляпин В.А. Ретроспективный анализ показателей хронической заболеваемости болезнями органов дыхания трудоспособного населения Омской области // *Вестник современной клинической медицины*. – 2013. – Т. 6. – № 2. – С. 16–22.
32. Тимофеева Е.В. Основные тенденции в динамике показателей заболеваемости острым ларингитом и трахеитом, хроническим бронхитом, эмфиземой легких в России за период 2016–2018 гг. В сборнике: Молодежная наука и современность. Материалы 85-ой Международной научной конференции студентов и молодых ученых, посвященной 85-летию КГМУ. – 2020. – С. 212–214.
33. Шелухина А.Н., Дорофеева С.Г., Конопля Е.Н., Мансимова О.В., Прокофьева Ю.В. Структурный анализ заболеваемости ХОБЛ по данным пульмонологического отделения за 5 лет. Интегративные тенденции в медицине и образовании. – 2021. – Т. 2. – С. 133–135.
34. Быстрицкая Е.В., Биличенко Т.Н. Заболеваемость, инвалидность и смертность от болезней органов дыхания в Российской Федерации (2015–2019) // *Пульмонология*. – 2021. – Т. 31. – № 5. – С. 551–561. DOI: 10.18093/0869-0189-2021-31-5-551-561.
35. Болотова Е.В., Самородская И.В., Дудникова А.В. Структура смертности и потерянных лет потенциальной жизни от болезней, ассоциированных с органами дыхания, населения экономически активного возраста (15–72 лет) Российской Федерации в 2019 г. // *Врач*. – 2021. – Т. 32. – № 11. – С. 5–10. DOI: 10.29296/25877305-2021-11-01.
36. Грива Н.А., Гаврилов П.В., Соколович Е.Г. Количественная оценка эмфиземы легких и корреляция результатов автоматического анализа с вентиляционной и газообменной функциями легких (обзор литературы) // *Радиология – практика*. – 2021. – № 6 (90). – С. 43–54. DOI: 10.52560/2713-0118-2021-6-43-54.
37. Grenier P.A. Deep Learning Assessment of Emphysema Progression at CT Predicts Outcomes // *Radiology*. 2022;304(3):680–682. DOI: 10.1148/radiol.220627.
38. Oh A.S., Baraghoshi D., Lynch D.A., Ash S.Y., Crapo J.D., Humphries S.M. et al. Emphysema Progression at CT by Deep Learning Predicts Functional Impairment and Mortality: Results from the COPDGen Study // *Radiology*. 2022;304(3):672–679. DOI: 10.1148/radiol.213054.
39. Сперанская А.А. Роль искусственного интеллекта в оценке прогрессирующих фиброзирующих болезней легких // *Терапевтический архив*. – 2022. – Т. 94. – № 3. – С. 409–412. DOI: 10.26442/00403660.2022.03.201407.
40. Николаев А.Е., Чернина В.Ю., Блохин И.А., Шапиев А.Н., Гончар А.П., Гомболевский В.А. и др. Перспективы использования комплексной компьютер-ассистированной диагностики в оценке структур грудной клетки. Хирургия // *Журнал им. Н.И. Пирогова*. – 2019. – № 12. – С. 91–99. DOI: 10.17116/hirurgia201912191.
41. Fuhrman J., Yip R., Zhu Y., Jirapatnakul A.C., Li F., Henschke C.I. et al. Evaluation of emphysema on thoracic low-dose CTs through attention-based multiple instance deep learning // *Sci Rep*. 2023;13(1):1187. DOI: 10.1038/s41598-023-27549-9.
42. Mulshine J.L., Aldigé C.R., Ambrose L.F., Armato S.G. 3rd, Avila R.S., Cham M. et al. Emphysema Detection in the Course of Lung Cancer Screening: Optimizing a Rare Opportunity to Impact Population Health // *Ann Am Thorac Soc*. 2023;20(4):499–503. DOI: 10.1513/AnnalsATS.202207–631PS.
43. Angelini E.D., Yang J., Balte P.P., Hoffman E.A., Manichaikul A.W., Sun Y., Shen W. et al. Pulmonary emphysema subtypes defined by unsupervised machine learning on CT scans // *Thorax*. 2023; thoraxjnl-2022–219158. DOI: 10.1136/thorax-2022–219158.
44. Moslemi A., Makimoto K., Tan W.C., Bourbeau J., Hogg J.C., Coxson H.O. et al. Quantitative CT Lung Imaging and Machine Learning Improves Prediction of Emergency Room Visits and Hospitalizations in COPD // *Acad Radiol*. 2023;30(4):707–716. DOI: 10.1016/j.acra.2022.05.009.





ORIGINAL PAPER

STUDY OF EMPHYSEMATOUS CHANGES IN THE POPULATION OF MOSCOW USING AUTOMATED EVALUATION OF RADIOLOGICAL EXAMINATIONS

Y.A. Vasilev^a, I.V. Goncharova^b, A.V. Vladzmyrskyy^c ✉, K.M. Arzamasov^d, L.D. Pestrenin^e

^{a, b, c, d, e} Research and Practical Clinical Center for Diagnostics and Telemedicine Technologies of the Moscow Health Care Department, Moscow, Russia.

✉ Corresponding author: Vladzmyrskyy A.V.

ABSTRACT

Background. Emphysema, commonly seen in patients with chronic obstructive pulmonary disease (COPD), worsens the course of chronic cardiovascular and endocrine diseases and is also associated with an increased risk of lung cancer. Although the evaluation of COPD incidence is applied systematically, the prevalence of emphysema is often not known. One of the ways to offset that is automated analysis of chest CT scans using artificial intelligence technologies.

Goal. To study the prevalence of emphysema in the population of Moscow using automated analysis of radiological examinations.

Methods. The results of the chest CT scan of 116,216 patients were analyzed. All studies were performed between October 2022 and June 2023 in Moscow medical facilities. The Emphysema-IRA AI service (Intelligent Radiology Assistance Laboratories (AIRA Labs) LLC) used an automated mode to determine the presence of emphysematous changes in the lungs (binary classification – yes/no) and the percentage of emphysematous lesions in both lungs and each lung separately.

Results. The prevalence of pulmonary emphysema among the Moscow population was 0.614 per 1,000 people; the prevalence of clinically significant emphysema was 0.173 per 1,000 people. The majority of individuals presented with either pulmonary or clinically significant emphysema in the elderly group (47.0% and 55.0%, respectively); the proportion of young people is also significant (9.0% and 5.0%). Men of all age groups have a significantly higher chance to get diagnosed with emphysema which suggests a higher incidence compared to the female population (Chi-square = 1000.0; $p < 0.001$). Regardless of gender, a 5-year increase in age elevates the likelihood of both emphysema and clinically significant emphysema by 1.1 times.

Conclusions. Automated detection of signs of pulmonary emphysema on CT allows for a quick, population-wide, and objective assessment of the COPD prevalence. Thanks to the development of AI-based medical software, it has become possible to develop and implement ground-breaking digital technologies for healthcare management and public health studies.

Keywords: emphysema, artificial intelligence, computed tomography, opportunistic screening.

For citation: Vasilev Y.A., Goncharova I.V., Vladzmyrskyy A.V., Arzamasov K.M., Pestrenin L.D. Study of emphysematous changes in the population of Moscow using automated evaluation of radiological examinations. *Manager Zdravoohranenia*. 2023; 9:23–36. DOI: 10.21045/1811-0185-2023-9-23-36

REFERENCES

1. Kuraeva V.M., Feiginova S.I., Podchernina A.M. Analysis of incidence and prevalence of the respiratory system diseases of the adult population of Moscow and the Russian Federation // *City Healthcare*. – 2022. – Vol. 3. – № 1. – P. 6–15. DOI: 10.47619/2713–2617.zm.2022.v.3i1;6–15.
2. Pogorelov A.R., Ryabinina L.I., Zakharova O.M. Geography of bronchopulmonary diseases in the regions of Russia: monitoring from 2010 to 2019 // *InterCarto. InterGIS*. – 2022. – Vol. 28. – № 2. – P. 298–310. DOI: 10.35595/2414-9179-2022-2-28-298-310
3. Raikova S.V., Komleva N.E., Mikerov A.N., Potapova M.V., Zavyalov A.I., Potapova A.S. Chronic obstructive pulmonary disease: an urgent problem of health saving of modern medicine // *Kazan Medical Journal*. – 2021. – Vol. 102. – N. 6. – P. 908–915. DOI: 10.17816/KMJ2021–908
4. Barnes P.J. COPD2020: new directions needed // *Am J Physiol Lung Cell Mol Physiol*. 2020; 319(5): L884-L886. DOI: 10.1152/ajplung.00473.2020.
5. Hage R, Gautschi F, Steinack C, Schuurmans M.M. Combined Pulmonary Fibrosis and Emphysema (CPFE) Clinical Features and Management // *Int J Chron Obstruct Pulmon Dis*. 2021;16:167–177. DOI: 10.2147/COPD.S286360.
6. Bagisheva N.V., Mordyk A.V., Viktorova I.A., Nesterova K.I., Golyapin V.V., Aroyan A.R., et al. Factor analysis of medical risk factors for the development of an unfavorable outcome of tuberculosis treatment in comorbid patients. *Farmateka*. – 2021. – Vol. 28. – № 5. – P. 96–102. DOI: 10.18565/pharmateka.2021.5.96–102.
7. Karoli N.A., Borodkin A.V., Rebrov A.P. Risk factors for the development of adverse outcomes in patients with chronic obstructive pulmonary disease // *Therapy*. – 2022. – Vol. 8. – № 5(57). – P. 18–25. DOI: 10.18565/therapy.2022.5.18–25.
8. Malykhin F.T. Typical features of the etiology, pathogenesis and pathological morphology of chronic obstructive pulmonary disease in women and men // *Pulmonologiya*. – 2021. – Vol. 31. – № 4. – P. 530–536. DOI: 10.18093/0869-0189-2021-31-4-530-536.
9. Chaulin A.M., Milyutin I.N., Duplyakov D.V. Prevalence, risk factors, and diagnosis of comorbidity of chronic obstructive pulmonary disease and cardiovascular disease // *Vrach (The Doctor)*. – 2020. – Vol. 31. – № 9. – P. 28–34. DOI: 10.29296/25877305-2020-09-05.
10. Shalenskova M.A., Ivanov A.V., Klimkin P.F. Features of comorbidities and their effect on prognosis in cancer patients hospitalized with acute coronary syndrome // *Russian Cardiology Bulletin*. – 2021. – Vol. 16. – № 3. – P. 53–59. DOI: 10.17116/Cardiobulletin20211603153.



11. *Iskenderov B.G., Berenshtein N.V., Lokhina T.V., Mozhzhukhina I.N.* Assessment of the impact of concomitant chronic obstructive pulmonary disease on the outcomes of acute coronary syndrome // *Farmateka*. – 2020. – Vol. 27. – № 14. – P. 74–80. DOI: 10.18565/pharmateka.2020.14.74–80.
12. *Soe A.K., Avdeev S.N., Nuralieva G.S., Gaynitdinova V.V., Chuchalin A.G.* Predictors of poor outcomes in acute exacerbations of chronic obstructive pulmonary disease // *Pulmonologiya*. – 2018. – Vol. 28. – № 4. – P. 446–452. DOI: 10.18093/0869-0189-2018-28-4-446-452
13. *Mouronte-Roibás C., Leiro-Fernández V., Fernández-Villar A., Botana-Rial M., Ramos-Hernández C., Ruano-Ravina A.* COPD, emphysema and the onset of lung cancer. A systematic review // *Cancer Lett*. 2016;382(2):240–244. DOI: 10.1016/j.canlet.2016.09.002.
14. *Chuchalin A.G., Avdeev S.N., Aisanov Z.R., Belevskiy A.S., Leshchenko I.V., Ovcharenko S.I. et al.* Federal guidelines on diagnosis and treatment of chronic obstructive pulmonary disease // *Pulmonologiya*. – 2022. – Vol. 32. – № 3. – P. 356–392. DOI: 10.18093/0869-0189-2022-32-3-356-392.
15. *Glinkaya T.N., Shchavaleva M.V., Davidovskaya E.I., Bogush L.S.* The incidence of diseases of the respiratory system of the population of the Republic of Belarus over the age of working age // *Issues of organization and informatization of healthcare*. – 2022. – № 3(112). – P. 18–31.
16. *Zaikina I.V., Komleva N.E., Mazilov S.I., Dolich V.N., Medentsov V.A.* Comprehensive analysis of the trend in main indicators of the health of the adult population suffered from chronic non-communicable diseases with the preventive activity of medical institutions // *Health care of the Russian Federation*. – 2022. – 66(6). – P. 491–498. DOI: 10.47470/0044-197X-2022-66-6-491-498.
17. *Mukhanova I.F., Bilalov F.S., Sharafutdinova N.H.* Dynamics of indicators of general morbidity and general disability due to respiratory diseases among the adult population in the republic of Bashkortostan over the period of 2015–2019 // *Medical-Social Problems of Disability*. – 2021. – № 2. – P. 93–99.
18. *Goleva O.P., Rozhdestvenskiy M.E., Yurgel N.V.* The prevalence of chronic bronchopulmonary pathology according to the causes of death // *Journal of New Medical Technologies*. – 2001. – Vol. 8. – № 2. – P. 84–86.
19. *Mukhanova I.F.* Comparative analysis of the main indicators of primary morbidity, mortality and disability due to respiratory diseases in the republic of Bashkortostan and the Russian Federation for 2014–2018 // *Scientific journal «Current problems of health care and medical statistics»*. – 2020. – № 2. – P. 179–190.
20. *Nechaev V.I.* Pulmonary emphysema: Prevalence, risk factors and systemic manifestations of the disease in an organized population: dissertation abstract ... doctor of medical sciences: 14.00.43. – Moscow, 1999. – 36 p.
21. *Sagindikova G.E., Kogan E.A., Shakhanov T.E.* Mortality and morbidity of chronic lung disease and its morphological features in population of Semipalatinsk region // *Pulmonologiya*. – 2007. – № 3. – P. 87–92. DOI: 10.18093/0869-0189-2007-0-3-87-92
22. *Wang Q., Takashima S., Wang J.C., Zheng L.M., Sone S.* Prevalence of emphysema in individuals who underwent screening CT for lung cancer in Nagano prefecture of Japan. *Respiration*. 2001;68(4):352–6. DOI: 10.1159/000050526.
23. *Vasilev Ju.A., Vladzimirskyy A.V.* Computer vision in radiology: the first stage of the Moscow experiment: Monograph. Moscow: Izdatel'skie resheniya; 2022.
24. *Lynch D.A., Austin J.H., Hogg J.C., Grenier P.A., Kauczor H.U., Bankier A.A. 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.
25. *Tukey J.W.* Some selected quick and easy methods of statistical analysis // *Trans N Y Acad Sci*. 1953;16(2):88–97. DOI: 10.1111/j.2164-0947.1953.tb01326.x.
26. *Liu G.Y., Khan S.S., Colangelo L.A., Meza D., Washko G.R., Sporn P.H.S. et al.* Comparing Racial Differences in Emphysema Prevalence Among Adults With Normal Spirometry: A Secondary Data Analysis of the CARDIA Lung Study // *Ann Intern Med*. 2022;175(8):1118–1125. DOI: 10.7326/M22-0205.
27. *Jacob J., Song J.W., Yoon H.Y., Cross G., Barnett J., Woo W.L. et al.* Prevalence and Effects of Emphysema in Never-Smokers with Rheumatoid Arthritis Interstitial Lung Disease // *EBioMedicine*. 2018;28:303–310. DOI: 10.1016/j.ebiom.2018.01.038.
28. *Stratelis G., Fransson S.G., Schmekel B., Jakobsson P., Mölstad S.* High prevalence of emphysema and its association with BMI: a study of smokers with normal spirometry // *Scand J Prim Health Care*. 2008;26(4):241–7. DOI: 10.1080/02813430802452732.
29. *Camicciotti G., Cavigli E., Grassi L., Diciotti S., Orlandi I., Zappa M. et al.* Prevalence and correlates of pulmonary emphysema in smokers and former smokers. A densitometric study of participants in the ITALUNG trial // *Eur Radiol*. 2009;19(1):58–66. DOI: 10.1007/s00330-008-1131-6.
30. *Labaki W.W., Xia M., Murray S., Hatt C.R., Al-Abcha A., Ferrera M.C. et al.* Quantitative Emphysema on Low-Dose CT Imaging of the Chest and Risk of Lung Cancer and Airflow Obstruction: An Analysis of the National Lung Screening Trial // *Chest*. 2021;159(5):1812–1820. DOI: 10.1016/j.chest.2020.12.004.
31. *Kazakovtsev V.P., Lyapin V.A.* The retrospective analysis of the parameters chronic, respiratory diseases in working-age population of Omsk region // *The Bulletin of Contemporary Clinical Medicine*. – 2013. – Vol. 6. – № 2. – P. 16–22.
32. *Timofeeva E.V.* The main trends in the dynamics of incidence rates of acute laryngitis and tracheitis, chronic bronchitis, pulmonary emphysema in Russia for the period 2016–2018. Youth science and modernity. Materials of the 85th International scientific conference of students and young scientists dedicated to the 85th anniversary of KSMU. – 2020. – P. 212–214.
33. *Sheluhina A.N., Dorofeeva S.G., Konoplya E.N., Mansimova O.V., Prokofieva J.V.* Structural analysis of the incidence of COPD according to the pulmonology department for 5 years // *Integrative trends in medicine and education*. – 2021. – Vol. 2. – P. 133–135.





- 34.** *Bystritskaya E.V., Bilichenko T.N.* The morbidity, disability, and mortality associated with respiratory diseases in the Russian Federation (2015–2019) // *Pulmonologiya*. – 2021. – Vol. 31. – № 5. – P. 551–561. DOI: 10.18093/0869-0189-2021-31-5-551-561.
- 35.** *Bolotova E.V., Samorodskaya I.V., Dudnikova A.V.* The structure of mortality and potential years life lost from respiratory diseases of the population of economically active age (15–72 years) of the Russian Federation in 2019 // *Vrach (The Doctor)*. – 2021. – Vol. 32. – № 11. – P. 5–10. DOI: 10.29296/25877305-2021-11-01.
- 36.** *Griva N.A., Gavrilov P.V., Sokolovich E.G.* AI-based Quantification of Lung Emphysema and its Correlation with Lung Function Test Results (Literature Review) // *Radiology – Practice*. – 2021. – № 6 (90). – P. 43–54. DOI: 10.52560/2713-0118-2021-6-43-54.
- 37.** *Grenier P.A.* Deep Learning Assessment of Emphysema Progression at CT Predicts Outcomes // *Radiology*. 2022;304(3):680–682. DOI: 10.1148/radiol.220627.
- 38.** *Oh A.S., Baraghoshi D., Lynch D.A., Ash S.Y., Crapo J.D., Humphries S.M. et al.* Emphysema Progression at CT by Deep Learning Predicts Functional Impairment and Mortality: Results from the COPDGene Study // *Radiology*. 2022;304(3):672–679. DOI: 10.1148/radiol.213054.
- 39.** *Speranskaia A.A.* The role of artificial intelligence in assessing the progression of fibrosing lung diseases // *Terapevticheskii Arkhiv (Ter. Arkh.)*. – 2022. – Vol. 94. – № 3. – P. 409–412. DOI: 10.26442/00403660.2022.03.201407.
- 40.** *Nikolaev A.E., Chernina V.Yu., Blokhin I.A., Shapiev A.N., Gonchar A.P., Gombolevskiy V.A. et al.* The future of computer-aided diagnostics in chest computed tomography // *Pirogov Russian Journal of Surgery = Khirurgiya. Zhurnal im. N.I. Pirogova*. – 2019. – № 12. – P. 91–99. DOI: 10.17116/hirurgia201912191.
- 41.** *Fuhrman J., Yip R., Zhu Y., Jirapatnakul AC, Li F., Henschke C.I. et al.* Evaluation of emphysema on thoracic low-dose CTs through attention-based multiple instance deep learning // *Sci Rep*. 2023;13(1):1187. DOI: 10.1038/s41598-023-27549-9.
- 42.** *Mulshine J.L., Aldigé C.R., Ambrose L.F., Armato S.G. 3rd, Avila R.S., Cham M. et al.* Emphysema Detection in the Course of Lung Cancer Screening: Optimizing a Rare Opportunity to Impact Population Health // *Ann Am Thorac Soc*. 2023;20(4):499–503. DOI: 10.1513/AnnalsATS.202207-631PS.
- 43.** *Angelini E.D., Yang J., Balte P.P., Hoffman E.A., Manichaikul A.W., Sun Y. et al.* Pulmonary emphysema subtypes defined by unsupervised machine learning on CT scans // *Thorax*. 2023: thoraxjnl-2022–219158. DOI: 10.1136/thorax-2022–219158.
- 44.** *Moslemi A., Makimoto K., Tan W.C., Bourbeau J., Hogg J.C., Coxson H.O. et al.* Quantitative CT Lung Imaging and Machine Learning Improves Prediction of Emergency Room Visits and Hospitalizations in COPD // *Acad Radiol*. 2023;30(4):707–716. DOI: 10.1016/j.acra.2022.05.009.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ / ABOUT THE AUTHORS

Васильев Юрий Александрович – к.м.н., директор ГБУЗ города Москвы «Научно-практический клинический центр диагностики и телемедицинских технологий Департамента здравоохранения города Москвы», г. Москва, Россия.

Yuriy A. Vasilev – Cand. of Sc. (Med.), Director of Research and Practical Clinical Center for Diagnostics and Telemedicine Technologies of the Moscow Health Care Department, Moscow, Russia.
E-mail: npcmr@zdrav.mos.ru

Гончарова Инна Владимировна – заведующий отделом – врач-рентгенолог ГБУЗ города Москвы «Научно-практический клинический центр диагностики и телемедицинских технологий Департамента здравоохранения города Москвы», г. Москва, Россия.

Inna V. Goncharova – Head of Department, Radiologist of Research and Practical Clinical Center for Diagnostics and Telemedicine Technologies of the Moscow Health Care Department, Moscow, Russia.
E-mail: npcmr@zdrav.mos.ru

Владимирский Антон Вячеславович – д.м.н., профессор, заместитель директора по научной работе ГБУЗ города Москвы «Научно-практический клинический центр диагностики и телемедицинских технологий Департамента здравоохранения города Москвы», г. Москва, Россия.

Anton V. Vladzimirskiy – Dr. of Sc. (Med.), Professor, Deputy Director for Scientific Work of Research and Practical Clinical Center for Diagnostics and Telemedicine Technologies of the Moscow Health Care Department, Moscow, Russia.
E-mail: VladzimirskijAV@zdrav.mos.ru

Арзамасов Кирилл Михайлович – к.м.н., руководитель отдела медицинской информатики, радиомики и радиогеномики ГБУЗ города Москвы «Научно-практический клинический центр диагностики и телемедицинских технологий Департамента здравоохранения города Москвы», г. Москва, Россия.

Kirill M. Arzamasov – Cand. of Sc. (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, Moscow, Russia.
E-mail: ArzamasovKM@zdrav.mos.ru

Пестренин Лев Дмитриевич – младший научный сотрудник отдела медицинской информатики, радиомики и радиогеномики ГБУЗ города Москвы «Научно-практический клинический центр диагностики и телемедицинских технологий Департамента здравоохранения города Москвы», г. Москва, Россия.

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, Moscow, Russia.
E-mail: PestreninLD@zdrav.mos.ru