

DOI: <https://doi.org/10.17816/DD624990>

Влияние качества рентгенологических исследований на коллективную эффективную дозу пациентов в условиях телемедицины

З.А. Лантух¹, Д.Д. Кожихина¹, К.В. Толкачев¹, М.П. Шатёнок¹, И.В. Солдатов¹,
Ю.В. Дружинина^{1,2}, Ю.А. Васильев¹, С.А. Рыжов^{1,3}, А.В. Водоватов⁴

¹ Научно-практический клинический центр диагностики и телемедицинских технологий, Москва, Россия;

² Российская медицинская академия непрерывного профессионального образования, Москва, Россия;

³ Национальный медицинский исследовательский центр детской гематологии, онкологии и иммунологии имени Дмитрия Рогачева, Москва, Россия;

⁴ Санкт-Петербургский научно-исследовательский институт радиационной гигиены имени профессора П.В. Рамзаева, Санкт-Петербург, Россия

АННОТАЦИЯ

Обоснование. Обеспечение качества лучевой диагностики, наряду с повышением эффективности, — ключевая задача организации здравоохранения как в муниципальном сегменте медицинских организаций, так и в частной медицине. При получении дефектного рентгенорадиологического изображения возникает необходимость повторного проведения исследования, что в свою очередь влечёт за собой репутационные, временные и экономические потери медицинской организации. Кроме того, повторное исследование вносит дополнительный вклад в суммарную дозу облучения пациента.

Цель — оценить вклад некачественных рентгенологических исследований в облучение пациентов в амбулаторных медицинских организациях, работающих в условиях телемедицины.

Материалы и методы. Объектом исследования послужили дефектные рентгенологические исследования, зафиксированные врачами-рентгенологами в течение работы Московского референс-центра в 2022 г. с помощью специально разработанной системы контроля качества диагностических исследований с применением информационных технологий. Кроме того, были применены методы определения эффективных доз пациентов при проведении рентгенологических исследований, соответствующие действующим нормативным требованиям, а также были использованы методы статистической обработки информации.

Результаты. В ходе исследования было зафиксировано 2059 дефектных исследований — 0,084% общего числа исследований, описанных в условиях телемедицины. Коллективная эффективная доза от проведения дефектных исследований составила 3,613 чел.-Зв, что представляет собой менее 0,11% общей коллективной дозы пациентов в выбранных амбулаторных медицинских организациях.

Заключение. В работе показано, что для организаций, работающих в условиях телемедицины, эффективным является внедрение системы контроля качества диагностических исследований с применением информационных технологий.

Ключевые слова: качество рентгенорадиологических исследований; медицинское облучение; принцип обоснования; дефектные исследования; коллективная доза; телемедицина; референс-центр.

Как цитировать:

Лантух З.А., Кожихина Д.Д., Толкачев К.В., Шатёнок М.П., Солдатов И.В., Дружинина Ю.В., Васильев Ю.А., Рыжов С.А., Водоватов А.В. Влияние качества рентгенологических исследований на коллективную эффективную дозу пациентов в условиях телемедицины // Digital Diagnostics. 2024. Т. 5, № 3. С. 491–504. DOI: <https://doi.org/10.17816/DD624990>

DOI: <https://doi.org/10.17816/DD624990>

Effect of X-ray scan quality on the collective effective dose in patients in telemedicine

Zoya A. Lantukh¹, Daria D. Kozhikhina¹, Kirill V. Tolkachev¹, Mariya P. Shatenok¹, Ilya V. Soldatov¹, Yulia.V. Druzhinina^{1,2}, Yuriy A. Vasilev¹, Sergey A. Ryzhov^{1,3}, Aleksandr V. Vodovатов⁴

¹ Research and Practical Clinical Center for Diagnostics and Telemedicine Technologies, Moscow, Russia;

² Russian Medical Academy of Continuous Professional Education, Moscow, Russia;

³ Dmitry Rogachev National Medical Research Center of Pediatric Hematology, Oncology and Immunology, Moscow, Russia;

⁴ Saint Petersburg Research Institute of Radiation Hygiene after Professor P.V. Ramzaev, Saint Petersburg, Russia

ABSTRACT

BACKGROUND: The key objective of a healthcare provider is to ensure the quality and increase the efficiency of X-ray diagnostics in both municipal and private medical facilities. A poor-quality radiologic image requires repeated procedures, which results in further reputation, time, and economic losses for the medical organization. Moreover, repeated examinations further contribute to the patient's total radiation exposure.

AIM: To assess the contribution of poor-quality X-ray examinations to patient exposure in outpatient medical organizations with telemedicine services.

MATERIALS AND METHODS: This study aimed to evaluate poor-quality X-ray examinations recorded by radiologists at the Moscow Reference Center in 2022 by applying a specially developed quality control system for diagnostic examinations based on information technology. In addition, during X-ray examinations, the methods for finding effective doses received by patients were applied in compliance with current regulatory requirements. Statistical methods were also used.

RESULTS: In this study, 2,059 poor-quality examinations were recorded, accounting for 0.084% of the total number of examinations interpreted with telemedicine. The collective effective dose from poor-quality examinations was 3.613 man-Sv, which was <0.11% of the total collective dose of patients in outpatient medical organizations.

CONCLUSION: The implementation of a quality control system for diagnostic examinations based on information technology proved to be efficient for medical organizations rendering telemedicine services.

Keywords: quality of X-ray examinations; medical exposure; justification principle; poor-quality scans; collective effective dose; telemedicine; reference center.

To cite this article:

Lantukh ZA, Kozhikhina DD, Tolkachev KV, Shatenok MP, Soldatov IV, Druzhinina YuV, Vasilev YuA, Ryzhov SA, Vodovатов AV. Effect of X-ray scan quality on the collective effective dose in patients in telemedicine. *Digital Diagnostics*. 2024;5(3):491–504. DOI: <https://doi.org/10.17816/DD624990>

DOI: <https://doi.org/10.17816/DD624990>

X光研究质量在远程医疗条件下对患者集体有效剂量的影响

Zoya A. Lantukh¹, Daria D. Kozhikhina¹, Kirill V. Tolkachev¹, Mariya P. Shatenok¹, Ilya V. Soldatov¹, Yulia.V. Druzhinina^{1,2}, Yuriy A. Vasilev¹, Sergey A. Ryzhov^{1,3}, Aleksandr V. Vodovатов⁴

¹ Research and Practical Clinical Center for Diagnostics and Telemedicine Technologies, Moscow, Russia;

² Russian Medical Academy of Continuous Professional Education, Moscow, Russia;

³ Dmitry Rogachev National Medical Research Center of Pediatric Hematology, Oncology and Immunology, Moscow, Russia;

⁴ Saint Petersburg Research Institute of Radiation Hygiene after Professor P.V. Ramzaev, Saint Petersburg, Russia

摘要

论证。保证辐射诊断的质量，并提高诊断的效果，无论是市政医疗机构，还是私人医疗机构都是一项关键的任务。如获得有缺陷的X光放射学图像，就必须重复检查，同样也会给医疗机构造成声誉、时间和经济损失。此外，重复检查还会额外增加病人的总照射剂量。

目的 — 评估门诊医疗机构中在远程医疗条件下劣质X光检查对患者照射的影响。

材料和方法。研究对象是2022年，放射科医生在莫斯科参考中心工作期间，利用专门开发的信息技术诊断检查质量控制记录系统的有缺陷的X光检查。此外，根据相应的现行法规要求，采用X光检查病人有效剂量的确定方法，并使用了信息统计处理方法。

结果。在研究过程中，发现了2059项有缺陷的检查，占远程医疗环境中描述的检查总数的0.084%。有缺陷的检查的集体有效剂量为3.613人·Sv，不到所选门诊医疗机构中患者总集体剂量的0.11%。

结论。本文表明，远程医疗的运营组织，利用信息技术推广诊断性研究质量控制系统是有效的。

关键词：X光放射学研究质量；医疗照射；合理性原则；有缺陷的研究；集体剂量；远程医疗；参考中心。

引用本文：

Lantukh ZA, Kozhikhina DD, Tolkachev KV, Shatenok MP, Soldatov IV, Druzhinina YuV, Vasilev YuA, Ryzhov SA, Vodovатов AV. X光研究质量在远程医疗条件下对患者集体有效剂量的影响. *Digital Diagnostics*. 2024;5(3):491–504. DOI: <https://doi.org/10.17816/DD624990>

收到: 25.12.2023

接受: 05.03.2024

发布日期: 09.09.2024

ОБОСНОВАНИЕ

По данным мировой статистики Всемирной организации здравоохранения, ежегодно проводится более 4200 миллионов радиологических обследований в целях диагностики, 40 миллионов процедур с использованием радионуклидов и 8,5 миллиона процедур лучевой терапии. С учётом текущего числа населения Земли (по данным Организации Объединённых Наций — более 8 миллиардов) на одного жителя планеты в год приходится 0,5 рентгенорадиологической процедуры. При такой частоте рентгенологических процедур важным становятся обоснованность их проведения и качество выполняемых исследований.

На рост потребности в диагностических исследованиях и больший объём оказания медицинской помощи медицина мира отвечает внедрением новых принципов и технологий. Применение принципа «First time best» — проведение качественного лечения и оказание медицинской помощи с первого раза — рекомендуется к соблюдению как в отдельных странах, так и в мире в целом. Например, национальная программа Англии Getting It Right First Time (GIRFT), направленная на улучшение лечения и ухода за пациентами Англии за счёт сокращения необоснованных медицинских услуг, проводится посредством углублённого изучения медицинской информации, проведения сравнительного анализа и предоставления базы фактических данных для принятия решений. Программа пользуется поддержкой Королевских колледжей и профессиональных ассоциаций. Рациональное назначение лучевых исследований также подкреплялось проектами EuROSafe Imaging и DOSE Datamed 2 в 2014 г.

С точки зрения радиационной безопасности пациента основной принцип защиты при проведении медицинских рентгенорадиологических процедур сводится к стремлению избежать избыточного облучения. Обоснование рентгенорадиологических исследований достигается путём сравнения радиационного риска с риском для здоровья вследствие неполучения или неполного получения диагностической информации. Однако качество полученной информации от проведения исследования не всегда отвечает диагностической задаче.

Различные научные труды показывают, что некачественные рентгенологические исследования могут приводить к необходимости повторной процедуры, а значит и к повторной лучевой нагрузке на пациента. В исследовании M.A. Al-Malki и соавт. [1] показано, что человеческий фактор и неисправность оборудования являются основными причинами повторных рентгенологических исследований. В работе N. Karur и соавт. [2] основной причиной повторений при проведении рентгенографии

грудной клетки был инородный предмет, особенно часто обнаруживаемый у пациентов женского пола (украшения, металлические заколки, одежда с фурнитурой). Кроме того, N. Karur и соавт. [2] зафиксировали повторные исследования из-за некорректного позиционирования пациента, ошибки коллимации и неправильного коэффициента экспозиции, что происходило из-за отсутствия необходимых навыков у рентгенолаборанта. Большинство повторов наблюдалось при большой загрузке отделения. Ретроспективный аудит качества более 90 тысяч рентгенографических изображений, которые были включены в выборку исследования S. Atkinson и соавт. [3], показал, что средняя частота отклонений по качеству составила 9%. Наиболее частыми причинами отклонения изображения были ошибка позиционирования (49%) и анатомические искажения (21%).

Анализ данных рентгенографических повторений в работе N. Jabbari и соавт. [4] выявил среднюю частоту повторов 7,20%. Причины повторения рентгенографии зависели от множества параметров, таких как: опыт работы персонала, загруженность рентгенорадиологического центра, использование автоматической системы контроля экспозиции и т.д. Результаты этого исследования показали, что основные причины повторов связаны с ошибками выбора физико-технических параметров (54%) и позиционирования пациента (18%). Было обнаружено, что человеческий фактор играет важную роль в этих случаях.

В работе J. Nol и соавт. [5] показано, что число повторных исследований, возникающих по причине проведения некачественной укладки и некорректных параметров проведения протокола, может быть снижено путём дополнительного обучения рентгенолаборантов.

Повторные исследования являются критическим событием в любом отделении лучевой диагностики. Кроме очевидных репутационных, временных и экономических потерь, повторные исследования уменьшают срок службы оборудования [6]. Это хорошо видно на примере рентгеновских трубок компьютерных томографов, ресурсом которых является около 500 тыс. срезов или скансекунд. Однако возникновение повторных исследований влияет и на радиационную безопасность лиц, участвующих в диагностическом рентгенорадиологическом исследовании.

За обеспечение качественного изображения, необходимого для диагностики, отвечает заведующий отделением лучевой диагностики или сотрудник, назначенный администрацией. В их обязанности входит контроль исправной работы аппаратов и квалификации рентгенолаборантов, а также оптимизация процесса проведения исследования по дозовой нагрузке. Согласно пункту 4.8 документа «Основные санитарные правила обеспечения радиационной безопасности»¹, проведение

¹ Санитарные правила и нормативы СП 2.6.1.2612-10 «Основные санитарные правила обеспечения радиационной безопасности (ОСПОРБ 99/2010)». Режим доступа: <https://docs.cntd.ru/document/902214068?marker=6540IN>

рентгенорадиологического исследования должно быть оптимизировано следующими средствами:

- использованием надлежащего оборудования и методик, при которых пациент получает наименьшую дозу, необходимую для получения изображения или другой диагностической информации надлежащего качества;
- использованием референтных диагностических уровней дозы для отдельных видов исследований;
- измерением или вычислением дозы, получаемой пациентами;
- обеспечением качества исследований.

Особенно остро проблема качественного проведения исследования стоит в условиях оказания медицинской помощи посредством телемедицины. Открывающиеся по всей стране референс-центры (РЦ) показывают превосходные показатели эффективности как модель организации здравоохранения. Например, с 2020 г. функционирует Московский РЦ лучевой диагностики, единственный в своём роде. Ежедневно в нём дистанционно описывается более 90 тысяч медицинских изображений. Лучевые методы исследований, стандартизацией и дистанционным описанием которых занимается РЦ, покрывают все модальности амбулаторного звена: рентгенографию, денситометрию, флюорографию, маммографию, компьютерную томографию (КТ) и магнитно-резонансную томографию. Исследование производится непосредственно в рентгеновских кабинетах медицинских организаций рентгенолаборантом, а описание исследования врачом-рентгенологом проводится дистанционно. Помимо описаний результатов исследований, РЦ лучевой диагностики должен осуществлять системный контроль качества, вести организационно-методическую работу, образовательную и научную

деятельность. Первоочередная цель создания РЦ — поддержка профессионального сообщества путём предоставления стандартов, методологий, рекомендаций, правил и руководств.

ЦЕЛЬ

Оценить влияние некачественных исследований на лучевую нагрузку пациентов в амбулаторных медицинских организациях, работающих в условиях телемедицины.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Выявление и анализ отклонений от технологии проведения рентгенорадиологических процедур, которые могли повлечь за собой необходимость повторных исследований, проводился исходя из данных работы Московского РЦ. На рис. 1 представлена схема проведения отбора исследований.

Согласно приказу Департамента здравоохранения г. Москвы², качественно выполненные рентгенолаборантом лучевые исследования должны отвечать следующим основополагающим принципам: повышенная надёжность, безопасность для пациентов и медицинских работников, высокое качество изображения. Методическое сопровождение работы рентгенолаборанта осуществляет эксперт Государственного бюджетного учреждения здравоохранения «Научно-практический клинический центр диагностики и телемедицинских технологий» Департамента здравоохранения города Москвы. Сопровождение осуществляется дистанционно (по телефонной связи) и очно (выезжая в поликлиники с обучающими мероприятиями по модальностям и настройке единых протоколов

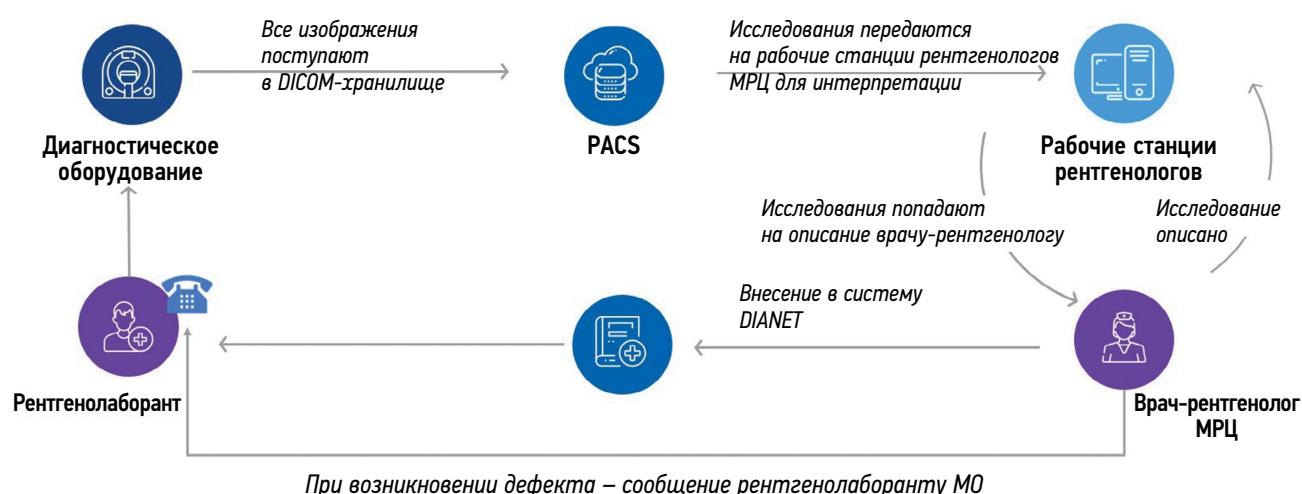


Рис. 1. Схема проведения отбора дефектных исследований. МРЦ — Московский референс-центр лучевой диагностики; МО — медицинская организация.

² Приказ Департамента здравоохранения г. Москвы от 5 августа 2020 г. N 764 «Об организации описания данных, полученных при проведении лучевых методов исследований, в ЕРИС ЕМИАС» (с изменениями и дополнениями). Режим доступа: <https://base.garant.ru/400470455/>

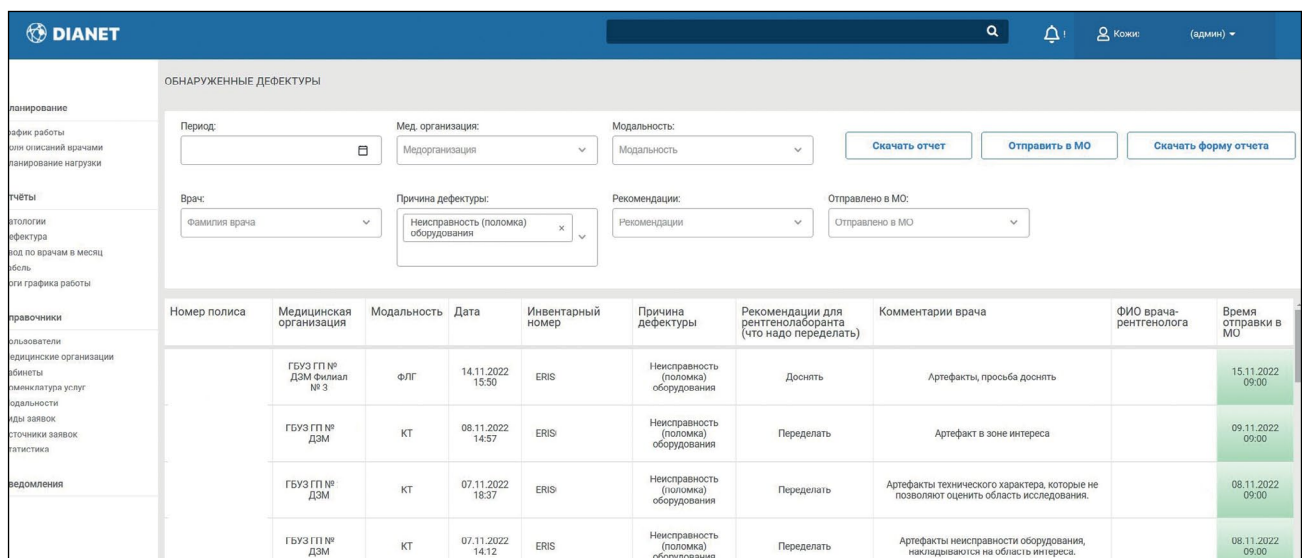


Рис. 2. Интерфейс системы «Дианет».

проведения исследований на аппаратах). Контроль качества выполнения и описания исследований проводится регулярно врачами-рентгенологами РЦ и врачами-рентгенологами экспертного уровня (отдел экспертизы и качества Научно-практического клинического центра диагностики и телемедицинских технологий). Для фиксации дефектных исследований, проведённых в амбулаторных организациях г. Москвы, сотрудниками Научно-практического клинического центра диагностики и телемедицинских технологий была разработана система «Дианет» (DIANET): выявленные дефектные исследования фиксируются в автоматизированном журнале врачом-рентгенологом отдела экспертизы и качества и возвращаются на почту медицинских организаций для корректировки или повторного исследования (рис. 2).

Для проведения данной работы в режиме рутинных диагностических описаний в РЦ были отобраны рентгенологические исследования пяти модальностей, несущих лучевую нагрузку на пациента: рентгенография, денситометрия, флюорография, маммография и КТ. В исследуемую группу рентгенографических исследований вошли пациенты обоих полов возрастной группы старше 18 лет. Для анализа был выбран 2022 год, в течение которого в РЦ были прикреплены 45 амбулаторных медицинских организаций Департамента здравоохранения г. Москвы, то есть все муниципальные поликлиники, обслуживающие взрослое население г. Москвы. В течение года в РЦ поступали исследования, проводимые на 32 компьютерных томографах, 107 маммографах, 19 денситометрах, 157 рентгенографических аппаратах, 67 флюорографах.

Рентгенологические исследования были проведены 597 рентгенолаборантами и просматривались 216 врачами-рентгенологами с различной квалификацией.

По каждому исследованию, в изображении которого обнаруживали дефект — категории «неверная область исследования», «неверные физико-технические параметры», «неисправность (поломка) аппарата», — эффективная доза облучения была или определена (согласно методикам^{3, 4}), или присвоена (согласно справочной информации по наименованию модальности [7–16]).

РЕЗУЛЬТАТЫ

Всего за 2022 г. в системе DIANET было зафиксировано 3377 дефектных рентгенологических исследований, из которых 2059 (61%) несли дополнительную лучевую нагрузку (табл. 1).

В результате проведённой работы были зафиксированы пять категорий причин возникновения дефектного исследования (рис. 3).

- **«Неверная область исследования».** Категория включала такие дефекты, как отсутствие органа или части органа на снимке, замена области исследования на другую и прочие ошибки в укладке пациента.
- **«Неверные физико-технические параметры».** В эту категорию входили исследования, проведённые с низким качеством изображения, нарушением экспозиции и неправильным подбором уставок аппарата и параметров протокола (некорректный их выбор рентгенолаборантом).

³ Методические указания МУ 2.6.1.2944-11 «Контроль эффективных доз облучения пациентов при проведении медицинских рентгенологических исследований».

⁴ Методические указания МУ 2.6.1.3584-19. Изменения в МУ 2.6.1.2944-11 («Контроль эффективных доз облучения пациентов при проведении медицинских рентгенологических исследований»).

Таблица 1. Число дефектных исследований, несущих дополнительную лучевую нагрузку на пациента, за 2022 г.

Параметр	1-й квартал 2022	2-й квартал 2022	3-й квартал 2022	4-й квартал 2022	Всего:
Число дефектных исследований, несущих дополнительную лучевую нагрузку на пациента	468	651	572	368	2059
Всего исследований, проводимых в Московском референс-центре	413 333	532 263	653 442	863 768	2 462 806
Доля, %	0,113%	0,122%	0,088%	0,043%	0,084%

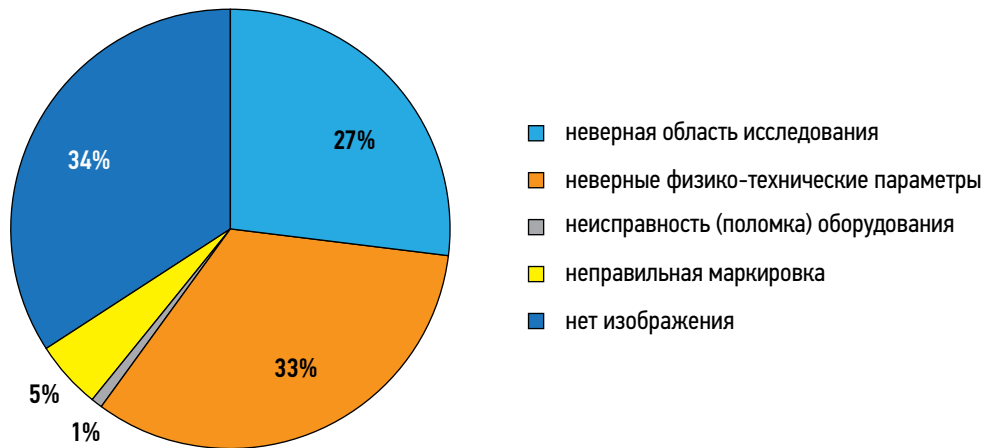


Рис. 3. Диаграмма категорий дефектов рентгенорадиологических исследований за 2022 г.

- **«Неисправность (поломка) аппарата».** К этой категории относились исследования с артефактами изображения, вызванными неисправностью оборудования.
- Категории **«Неправильная маркировка»** и **«Нет изображения»** включали исследования с некорректно отмеченной или отсутствующей маркировкой либо недостаточностью пакета изображений (по техническим причинам). Переоформление данных исследований не сопровождалось дополнительной лучевой нагрузкой.

Три категории из пяти — «неверная область исследования», «неверные физико-технические параметры», «неисправность оборудования» — были взяты для дополнительного анализа, так как исследования данных категорий несли повторный характер, и дефектные исследования из данных категорий переделывали, подвергая пациента дополнительной лучевой нагрузке.

Дефектные исследования, относящиеся к трём представленным категориям, были проанализированы по распределению по модальностям (табл. 2). Анализ показал, что 54% дефектных исследований были

Таблица 2. Число дефектных исследований по модальностям

Модальности	Некачественные исследования				Общий итог, 2022 г.	Доля некачественных исследований по модальности
	1-й квартал 2022	2-й квартал 2022	3-й квартал 2022	4-й квартал 2022		
Денситометрия	4	—	5	6	15	1%
Компьютерная томография	44	81	41	80	246	12%
Маммография	318	406	272	107	1103	54%
Рентгенография	84	117	206	149	556	27%
Флюорография	18	47	48	26	139	7%
Общий итог	468	651	572	368	2059	100%

Таблица 3. Оценка коллективной эффективной дозы от дефектных исследований, проводимых в Московском референс-центре

Модальность	Число дефектных исследований, шт	Коллективная эффективная доза от дефектных исследований, чел.-мЗв	Доля коллективной эффективной дозы от исследований по модальности, %
Денситометрия	15	0,102	0,003%
Компьютерная томография	246	2842,790	78,675%
Маммография	1103	499,862	13,834%
Рентгенография	556	264,989	7,334%
Флюорография	139	5,575	0,154%
Всего	2059	3613,318	100%

зафиксированы при проведении маммографии. Это объясняется сложной методикой проведения и большим потоком пациентов, в том числе в результате рекомендаций по профилактической маммографии в рамках проводимых медицинских осмотров. Кроме того, при анализе выяснилось, что некоторые отделения не уделяют должного внимания дополнительной подготовке рентгенолаборантов, переводимых на работу из кабинета рентгенографии в маммографический кабинет.

Оценка эффективной дозы

Оценка вклада некачественных исследований в коллективную эффективную дозу представлена в табл. 3.

Коллективная эффективная доза от некачественных рентгенологических исследований составила 3613 чел.-мЗв, или 3,6 чел.-Зв. Основной вклад в коллективную эффективную дозу от некачественных рентгенологических исследований внесли КТ (78,7%), что объясняется высокими значениями средней эффективной дозы за одно исследование, и маммография (13,8%), вклад которой велик благодаря большому числу дефектных исследований данной модальности.

Годовая коллективная эффективная доза за счёт проведения дефектных исследований, которые включали ошибки рентгенолаборанта и неисправность оборудования, составила 3,613 чел.-Зв. В отношении годовой коллективной эффективной дозы от рентгенорадиологических исследований в амбулаторных медицинских организациях Департамента здравоохранения г. Москвы она занимает менее 1%.

ОБСУЖДЕНИЕ

Начиная с февраля 2018 года, директива Европейского сообщества по атомной энергии (статья 63⁵) требует, чтобы все государства, входящие в Евросоюз, внедрили

систему регистрации и анализа всех случайных или непреднамеренных медицинских облучений [17].

Аналогичное обсервационное исследование по оценке частоты возникновения некачественных рентгенологических снимков, проводимое в течении 18 месяцев в узкоспециализированном Центре третичной медицинской помощи Бельгии [18], показало, что суммарная эффективная доза от 514 дефектных КТ составила 1267,4 мЗв, и от 8904 рентгенографий — 377,3 мЗв. Отличия в пропорциональном соотношении числа дефектных исследований и коллективной эффективной дозы от полученных в ходе нашего исследования может объясняться различиями между национальными методиками расчёта эффективных доз пациента и номенклатурой проводимых КТ и рентгенографий.

По данным формы федерального государственного статистического наблюдения 3-Д03, коллективная эффективная доза от проведения рентгенологических исследований в амбулаторных организациях Департамента здравоохранения г. Москвы, включённых в состав Московского РЦ, за 2022 г. составила 3313,232 чел.-Зв. Если рассмотреть полученный вклад в коллективную эффективную дозу от проведения рентгенодиагностических исследований в амбулаторных медицинских организациях, работающих в условиях телемедицины (0,11%, 3,613 чел.-Зв), он кажется пренебрежительно малым в масштабах города. Коллективная эффективная доза в 3,613 чел.-Зв сопоставима с коллективной эффективной дозой от проведения самого низкодозового исследования в г. Москве в 2022 г. — денситометрии: 5,802 чел.-Зв [19]. Однако согласно СанПиН 2.6.1.2523-09⁶, для обоснования расходов на радиационную защиту при реализации принципа оптимизации принимается, что облучение в коллективной эффективной дозе в 1 чел.-Зв приводит к потенциальному ущербу, равному потере примерно 1 человеко-году жизни населения. Величина денежного эквивалента потери 1 человеко-года устанавливается отдельными

⁵ Council Directive 2013/59/EURATOM. Режим доступа: <https://eur-lex.europa.eu/eli/dir/2013/59/oj>

⁶ Санитарные правила и нормативы СанПиН 2.6.1.2523-09. Нормы радиационной безопасности НРБ-99/2009. Режим доступа: <https://docs.cntd.ru/document/902170553?marker=656010>

документами федерального уровня в размере не менее 1 годового душевого национального дохода.

Если рассмотреть полученный опыт по контролю дефектных исследований со стороны пациента, особенно недопустимым кажется получение некачественных высокодозных исследований, таких как КТ с контрастированием. В ходе исследования была выявлена дефектная КТ-ангиография брюшной аорты и артерий нижних конечностей с контрастированием с полученной пациентом эффективной дозой 31,41 мЗв. Ввиду несвоевременности фаз контрастирования визуализация сосудов в артериальной фазе была крайне снижена, и исследование пришлось переделать. Суммарная эффективная доза за исследование, отвечающее диагностической задаче, может составить двойную дозу около 82 мЗв.

Согласно пункту 4.2 документа «Основные санитарные правила обеспечения радиационной безопасности»¹, дозы, получаемые пациентами при проведении рентгенодиагностических процедур, не нормируются. Однако в отношении суммарной эффективной дозы пациента за год действует пункт 7.10 документа «Гигиенические требования к устройству и эксплуатации рентгеновских кабинетов, аппаратов и проведению рентгенологических исследований»⁷, который объясняет, что при получении лицами эффективной дозы облучения за год более 200 мЗв, или накопленной дозы более 500 мЗв от одного из основных источников облучения, или 1000 мЗв от всех источников облучения необходимо специальное медицинское обследование, организуемое органами управления здравоохранением. А в некоторых модальностях лучевой диагностики, таких как радионуклидная диагностика, ошибочное введение в организм пациента радиофармпрепарата с активностью, при которой эффективная доза облучения пациента может превысить 200 мЗв, является проектной радиационной аварией.

Некачественные исследования должны рассматриваться как инцидент, не отвечающий принципу оптимизации радиационной безопасности пациента. Непреднамеренное и случайное чрезмерное облучение, приводящее к относительно небольшим дополнительным дозам, может иметь место при любой диагностической рентгенологической процедуре, и важно извлекать уроки из возникающих ошибок, поскольку они могут привести к повышенному риску возникновения стохастических эффектов. Такие события могут быть связаны с неправильными обследованиями, процедурными ошибками или неисправностями оборудования [20, 21].

Дополнительный контроль изменения качества изображения рентгенодиагностических аппаратов позволяет оперативно реагировать и устранять проблемы путём:

- изменения параметров протоколов исследования;
- настройки блоков рентгеновского аппарата, отправки изображения в радиологическую информационную систему;
- устранения артефактов изображения путём калибровки аппарата;
- организационного ускорения ремонта неисправных блоков.

Для предотвращения появления некачественных исследований должен использоваться системный подход, внедрённый в рутинную работу отделения лучевой диагностики. В условиях телемедицины необходимо пропагандировать и нормативно закреплять ответственность рентгенолаборанта в применении инструментов проверки качества получаемых изображений и самоконтроля. Кроме того, для качественной работы рентгенолаборанта необходимо своевременно проводить обучение и как можно больше совершенствовать практику проведения рентгенодиагностических исследований на местах. Для рентгенолаборантов существуют групповые и индивидуальные курсы, доступные в очном и дистанционном формате. В открытом доступе размещены методические рекомендации [22, 23], а также разрабатываются информационные справочные системы (например, «Московский стандарт лучевой диагностики» [24]) для использования на местах работы.

В рутинной работе врача-рентгенолога преимуществом является применение технической оценки исследования [25]. Врач должен оценить качество полученных изображений и их пригодность для интерпретации. При наличии технических дефектов (неправильно введённый контраст, артефакты движения и т.д.) необходимо принять решение о степени их влияния на диагностическую ценность исследования с учётом поставленной клинической задачи. Если недостаток и/или потеря информации существенные и не позволяют ответить на поставленные направляющим врачом вопросы, то пациент должен быть направлен на повторное исследование при наличии такой возможности. Во всех прочих случаях в протокол обязательно вносятся сведения о технических дефектах с конкретным указанием их характера.

Лучшей практикой в условиях работы РЦ является проведение выборочных аудитов доз пациентов от рентгенодиагностических исследований медицинским физиком. В Московском РЦ применяется система мониторинга дозовой нагрузки пациента, основанная на данных Единого радиологического информационного сервиса [26–29]. Система позволяет отслеживать не только дозу за рентгенодиагностическую процедуру, но и проводить анализ накопленной дозы пациента.

⁷ Санитарные правила и нормативы СанПиН 2.6.1.1192-03. Ионизирующее излучение, радиационная безопасность. Гигиенические требования к устройству и эксплуатации рентгеновских кабинетов, аппаратов и проведению рентгенологических исследований. Режим доступа: <https://docs.cntd.ru/document/901854044>

С развитием информационных технологий особенно эффективным кажется перспектива внедрения инструментов контроля качества исследований, основанная на технологии искусственного интеллекта. Системы контроля качества могут быть внедрены как на этапе самостерирования рентгенолаборанта до отправки исследования в Единый радиологический информационный сервис, так и на этапе технической оценки исследования врачом-рентгенологом перед описанием [30–32].

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Проведённое исследование показало эффективность организованной системы контроля качества проводимых исследований в рамках высокопоточного режима работы РЦ — более 45 тыс. исследований еженедельно в 2022 г. Число выявленных дефектных исследований, влияющих на лучевую нагрузку пациента, составило 2059, что равняется 0,084% общего числа исследований, описанных в условиях телемедицины в 2022 г.

Коллективная эффективная доза от проведения дефектных исследований составила 3,613 чел.-Зв. Данный экстенсивный показатель коллективной эффективной дозы от проведения рентгенорадиологических исследований в амбулаторных медицинских организациях, подчинённых Департаменту здравоохранения г. Москвы, составляет менее 0,11%.

Ошибки в технологии проведения рентгеновского исследования случаются и зачастую являются инцидентом. Важно быть готовыми к их появлению и проводить корректирующие действия по предотвращению возникновения ошибок в работе персонала и оборудования отделений лучевой диагностики, работающих как в условиях телемедицины, так и при классической модели оказания амбулаторной медицинской помощи.

ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ИНФОРМАЦИЯ

Источник финансирования. Данная статья подготовлена авторским коллективом в рамках научно-исследовательской работы «Научное развитие медико-технологических и организационных аспектов обеспечения радиационной безопасности при оказании медицинской помощи» (№ в Единой государственной информационной системе учёта: № 123031500006-9) в соответствии с Приказом от 21.12.2022 № 1196 «Об утверждении государственных заданий, финансовое обеспечение которых осуществляется за счёт средств бюджета города Москвы государственным бюджетным (автономным) учреждениям подведомственным Департаменту здравоохранения города Москвы, на 2023 год и плановый период 2024 и 2025 годов» Департамента здравоохранения города Москвы.

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

Вклад авторов. Все авторы подтверждают соответствие своего авторства международным критериям ICMJE (все авторы внесли

существенный вклад в разработку концепции, проведение исследования и подготовку статьи, прочли и одобрили финальную версию перед публикацией).

Наибольший вклад распределён следующим образом: З.А. Лантух — дизайн исследования, поиск публикаций по теме, анализ литературы, обработка полученных результатов, написание текста; Д.Д. Кожихина — дизайн исследования, обработка полученных результатов, написание текста; М.П. Шатёнок — дизайн исследования, обработка полученных результатов, систематизация и редактирование статьи; Ю.В. Дружинина — обработка полученных результатов, систематизация и редактирование статьи; К.В. Толкачёв — обработка полученных результатов, экспертная оценка списка литературы, редактирование статьи; И.В. Солдатов — обработка полученных результатов, экспертная оценка списка литературы; Ю.А. Васильев, С.А. Рыжов, А.В. Водоватов — финальное редактирование статьи.

Благодарности. Авторы выражают благодарность коллективу врачей-рентгенологов Московского референс-центра за ежедневный труд по описанию рентгенорадиологических исследований г. Москвы и плодотворную совместную работу по повышению качества диагностики.

ADDITIONAL INFORMATION

Funding source. This paper was prepared by a group of authors as a part of the research and development effort titled “Scientific advances in medical, technological and organizational aspects of radiation safety in health care” (USIS No.: №123031500006-9) 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.

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

Authors' contribution. All authors made a substantial contribution to the conception of the work, acquisition, analysis, interpretation of data for the work, drafting and revising the work, final approval of the version to be published and agree to be accountable for all aspects of the work. Z.A. Lantukh — research design, search for publications on the topic, literature analysis, processing of obtained results, writing of the text; D.D. Kozhikhina — research design, processing of obtained results, writing of the text; M.P. Shatenok — research design, processing of obtained results, systematisation and editing of the article; Yu.V. Druzhinina — processing of the obtained results, systematisation and editing of the article; K.V. Tolkahev — processing of the obtained results, expert evaluation of the reference list, editing of the article; I.V. Soldatov — processing of the obtained results, expert evaluation of the reference list; Yu.A. Vasilev, S.A. Ryzhov, A.V. Vodovатов — final editing of the article.

Acknowledgments. The authors express their gratitude to the team of radiologists of the Moscow Reference Center for their daily work on the description of radiological examinations in Moscow and fruitful joint work to improve the quality of diagnostics.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Al-Malki M.A., Abulfaraj W.H., Bhuiyan S.I., Kinsara A.A. A study on radiographic repeat rate data of several hospitals in Jeddah // *Radiat Prot Dosimetry*. 2003. Vol. 103, N 4. P. 323–330. doi: 10.1093/oxfordjournals.rpd.a006149
2. Kapur N., Nargotra N., Singh T., et al. Study of proper technique to avoid repeat radiography with proper instructions and positioning // *International Journal of Radiology Research*. 2019. Vol. 1, N 1. P. 33–37.
3. Atkinson S., Neep M., Starkey D. Reject rate analysis in digital radiography: an Australian emergency imaging department case study // *J Med Radiat Sci*. 2020. Vol. 67, N 1. P. 72–79. doi: 10.1002/jmrs.343
4. Jabbari N., Zeinali A., Rahmatnezhad L. Patient dose from radiographic rejects/repeats in radiology centers of Urmia University of Medical Sciences, Iran // *Health*. 2012. Vol. 4, N 2. P. 94–100. doi: 10.4236/health.2012.42015
5. Nol J., Isouard G., Mirecki J. Digital Repeat Analysis; Setup and Operation // *J Digit Imaging*. 2006. Vol. 19, N 2. P. 159–166. doi: 10.1007/s10278-005-8733-1
6. Almalki A.A., Abdul Manaf R., Hanafiah Juni M., et al. Educational Module Intervention for Radiographers to Reduce Repetition Rate of Routine Digital Chest Radiography in Makkah Region of Saudi Arabia Tertiary Hospitals: Protocol of a Quasi-Experimental Study // *JMIR Res Protoc*. 2017. Vol. 6, N 9. P. e185. doi: 10.2196/resprot.8007
7. Морозов С.П., Соколова И.А., Бурмистров Д.С., и др. Диагностика патологических состояний и заболеваний органов грудной клетки. В: Информативность методов лучевой диагностики при различных патологических состояниях организма. Раздел 1. Москва : ГБУЗ «НПКЦ ДиТ ДЗМ», 2017. EDN: XQTHQT
8. Морозов С.П., Нуднов Н.В., Ветшева Н.Н., и др. Диагностика патологических состояний и заболеваний желудочно-кишечного тракта. В: Информативность методов лучевой диагностики при различных патологических состояниях организма. Раздел 2. Москва : ГБУЗ «НПКЦ ДиТ ДЗМ», 2020. EDN: HAOXDE
9. Морозов С.П., Бурмистров Д.С., Елифанова С.В., и др. Диагностика патологических состояний и заболеваний опорно-двигательного аппарата. В: Информативность методов лучевой диагностики при различных патологических состояниях организма. Раздел 3. Москва : ГБУЗ «НПКЦ ДиТ ДЗМ», 2020. EDN: VISSIX
10. Морозов С.П., Бурмистров Д.С., Кремнева Е.И., и др. Диагностика патологических состояний и заболеваний центральной нервной системы. В: Информативность методов лучевой диагностики при различных патологических состояниях организма. Раздел 4. Москва : ГБУЗ «НПКЦ ДиТ ДЗМ», 2020. EDN: VZXCAD
11. Морозов С.П., Бурмистров Д.С., Злобина Ю.С., и др. Лучевая диагностика в травматологии. В: Информативность методов лучевой диагностики при различных патологических состояниях организма. Раздел 5. Москва : ГБУЗ «НПКЦ ДиТ ДЗМ», 2020. EDN: MVZYXF
12. Морозов С.П., Бурмистров Д.С., Шапиева А.Н., и др. Лучевая диагностика заболеваний сердечно-сосудистой системы. В: Информативность методов лучевой диагностики при различных патологических состояниях организма. Раздел 6. Москва : ГБУЗ «НПКЦ ДиТ ДЗМ», 2020. EDN: DYEYBT
13. Морозов С.П., Бурмистров Д.С., Басарболиев А.В., и др. Диагностика патологических состояний и заболеваний в акушерстве и гинекологии. В: Информативность методов лучевой диагностики при различных патологических состояниях организма. Раздел 7. Москва : ГБУЗ «НПКЦ ДиТ ДЗМ», 2021. EDN: TJFXKB
14. Морозов С.П., Трофименко И.А., Шапиев А.Н., и др. Диагностика патологических состояний мочеполовой системы. В: Информативность методов лучевой диагностики при различных патологических состояниях организма. Раздел 9. Москва : ГБУЗ «НПКЦ ДиТ ДЗМ», 2020. EDN: RKXBRW
15. Балонов М.И., Голиков В.Ю., Водоватов А.В., и др. Научные основы радиационной защиты в современной медицине. Том 1. Лучевая диагностика. Санкт-Петербург : НИИРГ им. проф. П.В. Рамзаева, 2019. EDN: CSPNAD
16. Чёрная А.В., Дышлюк Т.Л., Ульянова Р.Х., и др. Возможности томосинтеза в клинической практике. Санкт-Петербург : ФГБУ «НМИЦ онкологии им. Н.Н. Петрова» Минздрава России, 2020.
17. European Society of Radiology (ESR). How to manage accidental and unintended exposure in radiology: an ESR white paper // *Insights Imaging*. 2019. Vol. 10, N 1. P. 23. doi: 10.1186/s13244-019-0691-0
18. Haddad L., Saleme H., Howarth N., Tack D. Reject Analysis in Digital Radiography and Computed Tomography: A Belgian Imaging Department Case Study // *J Belg Soc Radiol*. 2023. Vol. 107, N 1. P. 100. doi: 10.5334/jbsr.3259
19. Результаты радиационно-гигиенической паспортизации в субъектах Российской Федерации за 2020 год (радиационно-гигиенический паспорт г. Москвы). Москва: Федеральный центр гигиены и эпидемиологии Роспотребнадзора, 2020.
20. Vodovатов A.V., Ryzhov S.A., Chipiga L.A., et al. Perspective approaches to classification of radiation accidents in radiology on the example of computed tomography // *AIP Conference Proceedings*. 2021. Vol. 2356, N 1. P. 020028. doi: 10.1063/5.0053135
21. Martin C.J., Vassileva J., Vano E., et al. Unintended and accidental medical radiation exposures in radiology: guidelines on investigation and prevention // *J Radiol Prot*. 2017. Vol. 37, N 4. P. 883–906. doi: 10.1088/1361-6498/aa881e
22. Гомболевский В.А., Морозов С.П., Чернина В.Ю., и др. Руководство для рентгенолаборантов по выполнению протоколов исследований на компьютерном томографе. Москва : ГБУЗ «НПКЦ ДиТ ДЗМ», 2020. EDN: RUPYLX
23. Гомболевский В.А., Масри А.Г., Ким С.Ю., Морозов С.П. Руководство для лаборантов по выполнению протоколов исследований на компьютерном томографе. Москва : ГБУЗ «НПКЦ ДиТ ДЗМ», 2017. EDN: ZMCZIH
24. Московский стандарт лучевой диагностики (v 1.1 от 28.09.2021) [Internet]. ГБУЗ «НПКЦ ДиТ ДЗМ; c2013–2023. Доступ по ссылке: <https://standard.tele-med.ai/>
25. Морозов С.П., Буренчев Д.В., Владимировский А.В., и др. Принципы и правила описаний результатов лучевых исследо-

ваний: методические рекомендации. Москва : ГБУЗ «НПКЦ ДиТ ДЗМ», 2021. EDN: АНДУАГ

26. Дружинина Ю.В., Рыжов С.А., Солдатов И.В., и др. Возможности применения специализированного программного обеспечения для замены отчётных форм // Медицинская Физика. 2022. Т. 1, № 93. С. 26–27. EDN: ZRBKTO

27. Шатенок М.П., Рыжов С.А., Лантух З.А., и др. Возможности программного обеспечения для мониторинга дозовой нагрузки пациентов в лучевой диагностике // Digital Diagnostics. 2022. Т. 3, № 3. С. 212–230. doi: 10.17816/DD106083

28. Морозов С.П., Линденбратен Л.Д., Солдатов И.В., и др. Основы менеджмента медицинской визуализации. Москва : ГЭОТАР-Медиа, 2020. EDN: ZRGBGE doi: 10.33029/9704-5247-9-MEN-2020-1-424

29. Соколов Е.Н., Лантух З.А., Дружинина Ю.В., и др. Применение аналитических информационных систем. Методические указа-

ния. Том 122. Раздел 1. Москва : ГБУЗ «НПКЦ ДиТ ДЗМ», 2020. EDN: KMJJRW

30. Борисов А.А., Васильев Ю.А., Владимирский А.В., и др. Применение технологий искусственного интеллекта как способ обеспечения качества выполнения рентгенографии органов грудной клетки // Менеджер здравоохранения. 2023. Т. 7. С. 91–101. doi: 10.21045/1811-0185-2023-7-91-101

31. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2023619686/ 15.05.2023. Васильев Ю.А., Владимирский А.В., Омельянская О.В., и др. Веб-инструмент для контроля качества датасетов. EDN: YYYTVO

32. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2023617333/ 07.04.2023. Васильев Ю.А., Владимирский А.В., Омельянская О.В., и др. Модуль контроля качества результатов диагностических исследований по РФ ОГК. EDN: BSARZH

REFERENCES

1. Al-Malki MA, Abulfaraj WH, Bhuiyan SI, Kinsara AA. A study on radiographic repeat rate data of several hospitals in Jeddah. *Radiat Prot Dosimetry*. 2003;103(4):323–330. doi: 10.1093/oxfordjournals.rpd.a006149

2. Kapur N, Nargotra N, Singh T, et al. Study of proper technique to avoid repeat radiography with proper instructions and positioning. *International Journal of Radiology Research*. 2019;1(1):33–37.

3. Atkinson S, Neep M, Starkey D. Reject rate analysis in digital radiography: an Australian emergency imaging department case study. *J Med Radiat Sci*. 2020;67(1):72–79. doi: 10.1002/jmrs.343

4. Jabbari N, Zeinali A, Rahmatnezhad L. Patient dose from radiographic rejects/repeats in radiology centers of Urmia University of Medical Sciences, Iran. *Health*. 2012;4(2):94–100. doi: 10.4236/health.2012.42015

5. Nol J, Isouard G, Mirecki J. Digital Repeat Analysis; Setup and Operation. *J Digit Imaging*. 2006;19(2):159–166. doi: 10.1007/s10278-005-8733-1

6. Almalki AA, Abdul Manaf R, Hanafiah Juni M, et al. Educational Module Intervention for Radiographers to Reduce Repetition Rate of Routine Digital Chest Radiography in Makkah Region of Saudi Arabia Tertiary Hospitals: Protocol of a Quasi-Experimental Study. *JMIR Res Protoc*. 2017;6(9):e185. doi: 10.2196/resprot.8007

7. Morozov SP, Sokolina IA, Burmistrov DS, et al. Diagnosis of pathologic conditions and diseases of thoracic organs. In: *Informativity of methods of radial diagnostics in various pathological conditions of the organism. Section 1*. Moscow: GBUZ «NPKTs DiT DZM»; 2017. (In Russ.) EDN: XQTHQT

8. Morozov SP, Nudnov NV, Vetsheva NN, et al. Diagnosis of pathologic conditions and diseases of the gastrointestinal tract. In: *Informativity of methods of radial diagnostics in various pathological conditions of the organism. Section 2*. Moscow: GBUZ «NPKTs DiT DZM»; 2020. (In Russ.) EDN: HAOXDE

9. Morozov SP, Burmistrov DS, Epifanova SV, et al. Diagnosis of pathological conditions and diseases of the musculoskeletal system. In: *Informativity of methods of radial diagnostics in various*

pathological conditions of the organism. Section 3. Moscow: GBUZ «NPKTs DiT DZM»; 2020. (In Russ.) EDN: VISSIX

10. Morozov SP, Burmistrov DS, Kremneva EI, et al. Diagnosis of pathological conditions and diseases of the central nervous system. In: *Informativity of methods of radial diagnostics in various pathological conditions of the organism. Section 4*. Moscow: GBUZ «NPKTs DiT DZM»; 2020. (In Russ.) EDN: VZXCAD

11. Morozov SP, Burmistrov DS, Zlobina YuS, et al. Radiologic diagnostics in traumatology. In: *Informativity of methods of radial diagnostics in various pathological conditions of the organism. Section 5*. Moscow: GBUZ «NPKTs DiT DZM»; 2020. (In Russ.) EDN: MVZYXF

12. Morozov SP, Burmistrov DS, Shapieva AN, et al. Radiologic diagnostics of diseases of the cardiovascular system. In: *Informativity of methods of radial diagnostics in various pathological conditions of the organism. Section 6*. Moscow: GBUZ «NPKTs DiT DZM»; 2020. (In Russ.) EDN: DYEYBT

13. Morozov SP, Burmistrov DS, Basarboliev AV, et al. Diagnosis of pathological conditions and diseases in obstetrics and gynecology. In: *Informativity of methods of radial diagnostics in various pathological conditions of the organism. Section 7*. Moscow: GBUZ «NPKTs DiT DZM»; 2021. (In Russ.) EDN: TJFXKB

14. Morozov SP, Trofimenko IA, Shapiev AN, et al. Diagnosis of pathologic conditions of the urogenital system. In: *Informativity of methods of radial diagnostics in various pathological conditions of the organism. Section 9*. Moscow: GBUZ «NPKTs DiT DZM»; 2020. (In Russ.) EDN: RKXBRW

15. Balonov MI, Golikov VYu, Vodovatov AV, et al. *Scientific bases of radiation protection in modern medicine. Volume 1. Radiation diagnostics*. Saint Petersburg: NIIRG im. prof. P.V. Ramzaeva; 2019. (In Russ.) EDN: CSPNAD

16. Chernaya AV, Dyshlyuk TL, Ul'yanova RKh, et al. *Possibilities of tomosynthesis in clinical practice*. Saint Petersburg: FGBU «NMITs onkologii im. N.N. Petrova» Minzdrava Rossii; 2020. (In Russ.)

17. European Society of Radiology (ESR). How to manage accidental and unintended exposure in radiology: an ESR white paper. *Insights Imaging*. 2019;10(1):23. doi: 10.1186/s13244-019-0691-0

18. Haddad L, Saleme H, Howarth N, Tack D. Reject Analysis in Digital Radiography and Computed Tomography: A Belgian Imaging Department Case Study. *J Belg Soc Radiol.* 2023;107(1):100. doi: 10.5334/jbsr.3259
19. Results of radiation-hygienic certification in the regions of the Russian Federation in 202 (radiation-hygienic passport of the Moscow). Moscow: Federal Center of Hygiene and Epidemiology of the Federal Service for Surveillance on Human Well-being and Consumer Rights Protection; 2022. (In Russian).
20. Vodovatov AV, Ryzhov SA, Chipiga LA, et al. Perspective approaches to classification of radiation accidents in radiology on the example of computed tomography. *AIP Conference Proceedings.* 2021;2356(1):020028. doi: 10.1063/5.0053135
21. Martin CJ, Vassileva J, Vano E, et al. Unintended and accidental medical radiation exposures in radiology: guidelines on investigation and prevention. *J Radiol Prot.* 2017;37(4):883–906. doi: 10.1088/1361-6498/aa881e
22. Gombolevsii VA, Morozov SP, Chernina VYu, et al. *Guidelines for radiographers on computed tomography examination protocols.* Moscow: GBUZ «NPKTs DiT DZM»; 2020. (In Russ.) EDN: RUPYLX
23. Gombolevsii VA, Masri AG, Kim SYu, Morozov SP. *A guide for laboratory technicians in performing CT scan study protocols.* Moscow: GBUZ «NPKTs DiT DZM»; 2017. (In Russ.) EDN: ZMCZIH
24. Moscow standard of radial diagnostics (v 1.1) [Internet]. GBUZ «NPKTs DiT DZM»; c2013–2023. (In Russ.) Available from: <https://standard.tele-med.ai/>
25. Morozov SP, Burenchev DV, Vladzimirskii AV, et al. *Principles and rules for describing the results of radiation studies: methodological recommendations.* Moscow: GBUZ «NPKTs DiT DZM»; 2021. (In Russ.) EDN: AHDYAG
26. Druginina YuV, Ryghov SA, Soldatov IV, et al. Opportunity of special dose monitoring programme systems for changing the recording form. *Meditsinskaya Fizika.* 2022;1(93):26–27. EDN: ZRBKTO
27. Shatenok MP, Ryzhov SA, Lantukh ZA, et al. Patient dose monitoring software in radiology. *Digital Diagnostics.* 2022;3(3):212–230. doi: 10.17816/DD106083
28. Morozov SP, Lindenbraten LD, Soldatov IV, et al. *Fundamentals of medical imaging management.* Moscow: GEOTAR-Media; 2020. (In Russ.) EDN: ZRGBGE doi: 10.33029/9704-5247-9-MEN-2020-1-424
29. Sokolov EN, Lantukh ZA, Druzhinina YuV, et al. *Application of analytical information systems. Methodological guidelines. Volume 122. Section 1.* Moscow: GBUZ «NPKTs DiT DZM»; 2020. (In Russ.) EDN: KMJJRW
30. Borisov AA, Vasil'ev YuA, Vladzimirskii AV, et al. Application of artificial intelligence technologies as a way to ensure the quality of chest radiography. *Menedzher zdavookhraneniya.* 2023;7:91–101. (In Russ.) doi: 10.21045/1811-0185-2023-7-91-101
31. Certificate of state registration of the computer program № 2023619686/ 15.05.2023. Vasil'ev YuA, Vladzimirskii AV, Omelyanskaya OV, et al. *A web-based tool for quality control of datasets.* (In Russ.) EDN: YYTVO
32. Certificate of state registration of the computer program № 2023617333/ 07.04.2023. Vasil'ev YuA, Vladzimirskii AV, Omelyanskaya OV, et al. *Module of quality control of the results of diagnostic tests on chest X-rays.* (In Russ.) EDN: BSARZH

ОБ АВТОРАХ

* Лантух Зоя Александровна;

адрес: Россия, 127051, Москва, ул. Петровка, д. 24, стр. 1;
ORCID: 0000-0001-6623-9610;
eLibrary SPIN: 5486-6496;
e-mail: lantukhza@zdrav.mos.ru

Кожихина Дарья Дмитриевна;

ORCID: 0000-0001-7690-8427;
eLibrary SPIN: 5869-3854;
e-mail: d.kozhikhina@mpcmr.ru

Шатёнок Мария Петровна;

ORCID: 0000-0001-9217-7011;
eLibrary SPIN: 5165-7113;
e-mail: maria.prusova@gmail.com

Дружинина Юлия Владимировна;

ORCID: 0000-0002-3230-3722;
eLibrary SPIN: 1973-2848;
e-mail: druzhininaYV2@zdrav.mos.ru

Толкачев Кирилл Владимирович;

ORCID: 0000-0001-8871-8700;
eLibrary SPIN: 3196-7497;
e-mail: k.tolkachev@npcmr.ru

AUTHORS' INFO

* Zoya A. Lantukh;

address: 24 build. 1 Petrovka street, 127051 Moscow, Russia;
ORCID: 0000-0001-6623-9610;
eLibrary SPIN: 5486-6496;
e-mail: lantukhza@zdrav.mos.ru

Daria D. Kozhikhina;

ORCID: 0000-0001-7690-8427;
eLibrary SPIN: 5869-3854;
e-mail: d.kozhikhina@mpcmr.ru

Mariya P. Shatenok;

ORCID: 0000-0001-9217-7011;
eLibrary SPIN: 5165-7113;
e-mail: maria.prusova@gmail.com

Yulia V. Druzhinina;

ORCID: 0000-0002-3230-3722;
eLibrary SPIN: 1973-2848;
e-mail: druzhininaYV2@zdrav.mos.ru

Kirill V. Tolkachev;

ORCID: 0000-0001-8871-8700;
eLibrary SPIN: 3196-7497;
e-mail: k.tolkachev@npcmr.ru

* Автор, ответственный за переписку / Corresponding author

Солдатов Илья Владимирович;

ORCID: 0000-0002-4867-0746;

eLibrary SPIN: 4065-6048;

e-mail: SoldatovIV2@zdrav.mos.ru

Васильев Юрий Александрович, канд. мед. наук;

ORCID: 0000-0002-0208-5218;

eLibrary SPIN: 4458-5608;

e-mail: VasilevYA1@zdrav.mos.ru

Рыжов Сергей Анатольевич;

ORCID: 0000-0002-0640-7368;

eLibrary SPIN: 6595-4011;

e-mail: RyzhovSA@zdrav.mos.ru

Водоватов Александр Валерьевич, канд. биол. наук;

ORCID: 0000-0002-5191-7535;

eLibrary SPIN: 4560-8978;

e-mail: vodovatoff@gmail.com

Ilya V. Soldatov;

ORCID: 0000-0002-4867-0746;

eLibrary SPIN: 4065-6048;

e-mail: SoldatovIV2@zdrav.mos.ru

Yuriy A. Vasilev, MD, Cand Sci (Medicine);

ORCID: 0000-0002-0208-5218;

eLibrary SPIN: 4458-5608;

e-mail: VasilevYA1@zdrav.mos.ru

Sergey A. Ryzhov;

ORCID: 0000-0002-0640-7368;

eLibrary SPIN: 6595-4011;

e-mail: RyzhovSA@zdrav.mos.ru

Aleksandr V. Vodovатов, Cand. Sci. (Biology);

ORCID: 0000-0002-5191-7535;

eLibrary SPIN: 4560-8978;

e-mail: vodovatoff@gmail.com