

DOI: <https://doi.org/10.17816/DD87628>

Влияние COVID-19 на динамику изменений дозовой нагрузки на пациентов при проведении компьютерной томографии в медицинских организациях Москвы

Ю.В. Дружинина^{1,2}, С.А. Рыжов^{1,3}, А.В. Водоватов⁴, И.В. Солдатов¹, З.А. Лантух¹,
А.Н. Мухортова¹, Ю.Н. Лубенцова¹

¹ Научно-практический клинический центр диагностики и телемедицинских технологий Департамента здравоохранения города Москвы, Москва, Российская Федерация

² Российская медицинская академия непрерывного профессионального образования, Москва, Российская Федерация

³ Национальный медицинский исследовательский центр детской гематологии, онкологии и иммунологии имени Дмитрия Рогачева, Москва, Российская Федерация

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

АННОТАЦИЯ

Обоснование. Распространение новой коронавирусной инфекции (COVID-19) в Москве привело к значительному увеличению числа компьютерных томографий органов грудной клетки, выполняемых пациентам в рамках диагностики и оценки эффективности проводимой терапии. Связанное с COVID-19 изменение структуры лучевой диагностики в Москве ведёт к изменениям в величине и структуре коллективной дозы облучения населения столицы, при этом сам процесс выглядит разнонаправленным. Отсутствие на текущий момент достоверной информации по изменению структуры лучевой диагностики и уровней облучения населения Москвы в связи с эпидемией COVID-19 и обусловило проведение данной работы.

Цель — оценить влияние эпидемиологической обстановки на динамику изменений уровня дозовых нагрузок на пациентов при проведении компьютерно-томографических исследований в медицинских организациях Москвы за период 2017–2020 гг.

Материалы и методы. Собраны и проанализированы заполненные формы № 3-Д03 за 2017–2020 гг., полученные от медицинских организаций города Москвы различных форм собственности; данные формы № 30 за 2017–2020 гг. и данные единого радиологического информационного сервиса (ЕРИС) за 2020 г. Проведён анализ годовых коллективных и средних индивидуальных доз облучения пациентов по анатомическим областям тела.

Результаты. Анализ данных учётных форм продемонстрировал существенный рост компьютерно-томографических исследований в Москве: реальное количество исследований оказалось на 31% больше ожидаемых. Количество исследований органов грудной клетки в 2020 г. увеличилось почти в 2 раза по сравнению с другими временными периодами. В совокупности всё это повлияло на рост значений средней эффективной дозы, которая в 2020 г. также выросла более чем в 2 раза.

Заключение. Эпидемиологическая обстановка в 2020 г. оказала существенное влияние как на динамику изменений дозовой нагрузки на пациентов при проведении компьютерной томографии, так и на вклад определённых видов компьютерно-томографических исследований в зависимости от анатомической области. Анализ помог выявить ряд преимуществ и недостатков различных форм сбора данных.

Ключевые слова: радиационная безопасность; дозовая нагрузка; пациент; компьютерная томография; лучевая диагностика; 3-Д03; форма № 30; ЕРИС; аналитика.

Как цитировать

Дружинина Ю.В., Рыжов С.А., Водоватов А.В., Солдатов И.В., Лантух З.А., Мухортова А.Н., Лубенцова Ю.Н. Влияние COVID-19 на динамику изменений дозовой нагрузки на пациентов при проведении компьютерной томографии в медицинских организациях Москвы // *Digital Diagnostics*. 2022. Т. 3, № 1. С. 5–15. DOI: <https://doi.org/10.17816/DD87628>

DOI: <https://doi.org/10.17816/DD87628>

Coronavirus disease-2019: Changes in computed tomography radiation burden across Moscow medical facilities

Yuliya V. Druzhinina^{1,2}, Sergey A. Ryzhov^{1,3}, Aleksandr V. Vodovатов⁴, Ilya V. Soldatov¹, Zoya A. Lantukh¹, Anna N. Mukhortova¹, Iuliia N. Lubentsova¹

¹ Research and Practical Clinical Center for Diagnostics and Telemedicine Technologies of Moscow Health Care Department, Moscow, Russian Federation

² Russian Medical Academy of Continuous Professional Education, Moscow, Russian Federation

³ Dmitry Rogachev National Medical Research Center of Pediatric Hematology, Oncology and Immunology, Moscow, Russian Federation

⁴ St. Petersburg Research Institute of Radiation Hygiene n.a. P.V. Ramzaev, Moscow, Russian Federation

ABSTRACT

BACKGROUND: The spread of coronavirus disease-2019 (COVID-19) in Moscow has significantly increased the number of chest computed tomography examinations to establish a diagnosis and assess the treatment efficacy. In Moscow, the new approach to diagnostic imaging associated with COVID-19 caused divergent shifts in the volume and structure of the population radiation burden. This study aimed to bridge the gap in data, as no reliable information about the changes in the structure of diagnostic imaging and the current radiation burden due to COVID-19 in the Moscow population has been reported.

AIMS: To evaluate the impact of the pandemic on the computed tomography radiation doses in Moscow medical facilities between 2017 and 2020.

MATERIALS AND METHODS: We collected and analyzed the following data: forms No. 3-DOZ completed by the public and private Moscow medical facilities in 2017–2020; forms No. 30 completed in 2017–2020; data from the Unified Radiological Information Service for 2020. The study provides details about the annual population radiation exposure and the average individual radiation doses, with a breakdown by anatomic region.

RESULTS: The statistical form evaluation elucidated the boost of computed tomography imaging in Moscow, accounting for 31% higher than anticipated. In 2020, the number of chest imaging studies increased almost two-fold compared to the previous periods. Thereby, causing a corresponding increase in the mean effective dose by over two times.

CONCLUSION: The results show that the epidemiological situation of 2020 had a profound effect on the changes in the computed tomography-related radiation exposure, which helped us get insight into the diagnostic effect of certain types of computed tomography studies applied to various anatomic regions. The analysis contributed to a better understanding of the strengths and weaknesses of various statistical forms.

Keywords: radiation safety; radiation dose; patient; computed tomography; diagnostic imaging; 3-DOZ; form 30; ERIS; analytics.

To cite this article

Druzhinina YV, Ryzhov SA, Vodovатов AV, Soldatov IV, Lantukh ZA, Mukhortova AN, Lubentsova YN. Coronavirus disease-2019: Changes in computed tomography radiation burden across Moscow medical facilities. *Digital Diagnostics*. 2022;3(1):5–15. DOI: <https://doi.org/10.17816/DD87628>

Received: 12.11.2021

Accepted: 26.01.2022

Published: 14.02.2022

DOI: <https://doi.org/10.17816/DD87628>

COVID-19对莫斯科医疗机构计算机断层扫描期间患者剂量负荷变化动态的影响

Yuliya V. Druzhinina^{1,2}, Sergey A. Ryzhov^{1,3}, Aleksandr V. Vodovатов⁴, Ilya V. Soldatov¹, Zoya A. Lantukh¹, Anna N. Mukhortova¹, Iuliia N. Lubentsova¹

¹ Research and Practical Clinical Center for Diagnostics and Telemedicine Technologies of Moscow Health Care Department, Moscow, Russian Federation

² Russian Medical Academy of Continuous Professional Education, Moscow, Russian Federation

³ Dmitry Rogachev National Medical Research Center of Pediatric Hematology, Oncology and Immunology, Moscow, Russian Federation

⁴ St. Petersburg Research Institute of Radiation Hygiene n.a. P.V. Ramzaev, Moscow, Russian Federation

简评

论证。新型冠状病毒感染（COVID-19）在莫斯科的传播导致对患者进行的胸部计算机断层扫描数量大幅增加，这是诊断和评估治疗效果的一部分。莫斯科与COVID-19相关的放射诊断结构的变化导致首都人口集体辐射剂量的范围和结构发生变化，而该过程本身似乎是多向的。由于COVID-19流行病，目前缺乏关于莫斯科人口放射诊断结构和暴露水平变化的可靠信息，促使这项工作开展。

目标是评估疫情对2017–2020年期间莫斯科医疗机构计算机断层扫描研究期间患者剂量负担水平变化动态的影响。

材料与方法。收集并分析了从莫斯科市各种所有权形式的医疗机构得到的2017–2020年填好的第3–DOZ号表格；2017–2020年第30表格数据和统一放射信息服务(ERIS)的2020年数据。对患者的年度集体和平均个人暴露剂量按身体解剖区域进行了分析。

结果。对这些登记表的分析表明，莫斯科的计算机断层扫描检查显著增加：实际检查数量比预期高31%。与其他时间段相比，2020年的胸部检查次数几乎翻了一番。总起来看，所有这些都影响了平均有效剂量的增长，在2020年也增加了一倍多。

结论。2020年疫情对计算机断层扫描期间患者剂量负担变化的动态以及某些类型的计算机断层扫描研究的贡献（取决于解剖区域）产生了重要影响。该分析有助于确定不同形式的数据收集的一些优势和劣势。

关键词：辐射安全； 剂量负担； 患者； CT扫描； 放射诊断； 3–DOZ； 第30号表格； 统一放射信息服务(ERIS)，分析。

To cite this article

Druzhinina YV, Ryzhov SA, Vodovатов AV, Soldatov IV, Lantukh ZA, Mukhortova AN, Lubentsova YN. COVID-19对莫斯科医疗机构计算机断层扫描期间患者剂量负荷变化动态的影响. *Digital Diagnostics*. 2022;3(1):5–15. DOI: <https://doi.org/10.17816/DD87628>

收到: 12.11.2021

接受: 26.01.2022

发布日期: 14.02.2022

ОБОСНОВАНИЕ

Вопрос применения компьютерной томографии (КТ) для диагностики COVID-19 получил широкое обсуждение в медицинских кругах. Изначально в мире существовало несколько точек зрения о применимости методов лучевой диагностики, начиная от использования КТ как скрининга заболевания [1] до КТ-исследования только в подтверждённых случаях COVID-19 [2]. Ввиду того что надёжность диагностики методом полимеразной цепной реакции не превышала 70%, во многих странах, включая Россию, в частности в Москве, было принято решение о введении понятия «клинически подтверждённый случай COVID-19», в котором объединяются симптоматика, наличие дыхательных нарушений и результаты КТ или рентгенографии (вне зависимости от результатов однократного лабораторного исследования на наличие РНК SARS-CoV-2 методом полимеразной цепной реакции и эпидемиологического анамнеза) [3]. Помимо этого, методы лучевой диагностики применяют не только для выявления COVID-19-пневмоний, их осложнений, дифференциальной диагностики с другими заболеваниями лёгких, но и для определения степени выраженности и динамики изменений, оценки эффективности проводимой терапии [4]. Поскольку распространённым проявлением COVID-19 является вирусное поражение лёгких (вирусная пневмония), методы лучевой диагностики представляют собой один из основных инструментов оценки степени тяжести заболевания и принятия решения о необходимости госпитализации пациентов [5, 6].

КТ органов грудной клетки, не будучи классическим методом диагностики острой респираторной вирусной инфекции, обладает при этом высокой чувствительностью в отношении уплотнений лёгочной ткани — типичных симптомов COVID-19 [7]. Распространение новой коронавирусной инфекции (COVID-19) в Москве привело к значительному увеличению числа КТ органов грудной клетки, выполняемых пациентам в рамках диагностики и оценки эффективности проводимой терапии COVID-19. Вполне вероятно, что увеличение количества КТ органов грудной клетки связано не только с возросшей потребностью в данном виде исследований, но и с увеличением доступности медицинской помощи пациентам с признаками COVID-19 за счёт организации амбулаторных КТ-центров на территории города, однако изучение данного вопроса не входило в цели и задачи данного исследования.

Стремительный рост числа КТ-исследований ассоциирован с ростом коллективной дозы медицинского облучения населения Москвы и, как следствие, дополнительными случаями радиационно-индуцированных раков и наследственных эффектов [8, 9]. Масштаб применения лучевых методов исследований для выявления патологических состояний стремительно увеличивается, вместе с тем возрастает и лучевая нагрузка на пациентов и сопровождающих их лиц, персонал медицинских организаций [10]. Связанное с COVID-19 изменение структуры лучевой диагностики в Москве привело к изменениям в величине и структуре коллективной дозы облучения населения города, при этом сам процесс является разнонаправленным. С одной стороны, резко увеличилось количество КТ органов грудной клетки, с другой — перевод ряда медицинских организаций исключительно под лечение больных COVID-19, а также закрытие медицинских организаций или отдельных отделений на карантин в связи с COVID-19 привело к снижению числа КТ-исследований, выполняемых плановым пациентам, в первую очередь многофазных процедур с применением рентгеноконтрастных препаратов, ассоциированных с высокими (до 50–80 мЗв) индивидуальными дозами облучения [11, 12]. Очевидно, что на структуру лучевых исследований повлияло приостановление Всероссийской диспансеризации взрослого населения Российской Федерации, предусмотренное распоряжением Правительства РФ¹ и другими распорядительными документами органов исполнительной власти. К сожалению, на текущий момент достоверная информация по изменению структуры лучевой диагностики и уровней облучения населения Москвы в связи с эпидемией COVID-19 отсутствует.

Цель исследования — оценка изменений коллективной дозы облучения населения Москвы от КТ-исследований в 2020 г. по сравнению с 2017–2019 гг. под влиянием эпидемиологической ситуации, связанной с COVID-19.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Проведён анализ данных формы № 3-ДОЗ за 2017–2020 гг., данных формы № 30 за 2017–2020 гг., а также данных Единого радиологического информационного сервиса (ЕРИС) за 2020 г.

ГБУЗ «Научно-практический клинический центр диагностики и телемедицинских технологий» Департамента здравоохранения города Москвыведёт систематическую работу по сбору и учёту данных по утверждённой приказом Росстата² форме № 3-ДОЗ «Сведения о дозах

¹ Распоряжение Правительства Российской Федерации от 21.03.2020 № 710-р «О временном приостановлении проведения Всероссийской диспансеризации взрослого населения РФ». Режим доступа: <https://www.garant.ru/products/ipo/prime/doc/73681079/>. Дата обращения: 15.01.2022.

² Приказ Росстата от 16.10.2013 № 411 (ред. от 22.12.2021) «Об утверждении статистического инструментария для организации Федеральной службой по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека федерального статистического наблюдения за санитарным состоянием территорий, профессиональными заболеваниями (отравлениями), дозами облучения». Режим доступа: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_153534/2ff7a8c72de3994f30496a0ccbb1ddafdaddd518/. Дата обращения: 15.01.2022.

облучения пациентов при проведении медицинских рентгенорадиологических исследований»³.

В Москве, как и в целом по стране, ведётся сбор данных по утверждённой приказом Росстата форме № 30⁴. В ходе проведённой работы проанализированы только разделы, касающиеся лучевой диагностики.

Проведён также анализ данных ЕРИС⁵.

Данные исследования, являясь ретроспективными, не содержали персонализированных сведений о пациентах. Данные, представленные в формах № 3-ДОЗ и № 30 анонимизированы, в них указана информация только о количестве проведённых исследований по модальности и анатомическим областям. Данные из ЕРИС также были анонимизированы: из них получена выгрузка исключительно по количеству проведённых КТ-исследований.

Произведён анализ как годовых коллективных, так и средних индивидуальных доз облучения пациентов в зависимости от анатомических областей тела при проведении КТ. Оценён удельный вклад КТ по отношению к остальным видам исследований, в частности флюорографии, рентгенографии, рентгеноскопии, специальным (ангиографические и интервенционные) и радионуклидным (функциональные, сцинтиграфия) инструментальным методам.

Данные формы № 3-ДОЗ и формы № 30 проанализированы за период 2017–2020 гг. Данные ЕРИС рассматривались только за 2020 г., что обусловлено завершением подключения всех компьютерных томографов, эксплуатируемых в государственных медицинских организациях Москвы, только к 2020 г.

Отметим, что каждый из трёх вариантов сбора данных (ЕРИС, формы № 30 и № 3-ДОЗ) имеет не только свои преимущества, но и недостатки. Так, ЕРИС, наиболее полная и удобная в эксплуатации база данных, имеет существенное ограничение по сроку эксплуатации и модальностям применяемой в лучевой диагностике техники, которая в настоящее время к нему подключена. Форма № 30 имеет отличную детализацию данных, но существенное ограничение по организациям, которые её заполняют; к тому же в большинстве своём это ручная работа, в которой на качество и полноту предоставляемой информации существенно влияет человеческий фактор. К существенным недостаткам формы № 3-ДОЗ, в которой представлена наиболее полная информация по количеству исследований, коллективной и эффективной дозе облучения за исследование, а также распределению востребованности

исследований в зависимости от анатомической области, можно отнести ограниченный спектр организаций, которые её заполняют, и влияние человеческого фактора вследствие предоставления некорректной информации в связи с ручным вводом данных.

Статистический анализ

При проведении статистического анализа были использованы специализированные возможности программного продукта Microsoft Excel, куда заносились данные по количеству исследований, представленных в формах № 3-ДОЗ и № 30 за 2017–2019 гг., и на основании функции «Предсказ» ПО Microsoft Excel рассчитывалось предполагаемое количество исследований в 2020 г.

РЕЗУЛЬТАТЫ

С каждым годом растёт число медицинских организаций, представляющих данные по форме федерального государственного статистического наблюдения, которая используется Роспотребнадзором для сбора сведений о дозах облучения пациентов при проведении медицинских рентгенорадиологических исследований в целях защиты благополучия граждан Российской Федерации (форма № 3-ДОЗ), отсюда закономерен рост числа проводимых рентгенорадиологических исследований и, следовательно, коллективной дозы облучения (чел.-Зв); табл. 1.

Для оценки сложившейся ситуации со средней эффективной дозой облучения за одну процедуру в 2020 г. был оценён удельный вес применения различных видов исследований (табл. 2), удельный вклад в коллективную дозу от различных видов исследования (табл. 3) в период 2017–2020 гг.

По результатам, представленным в табл. 2 и 3, видно существенное увеличение количества проводимых КТ-исследований в 2020 г. — почти в 2 раза — и равномерный рост вклада в коллективную дозу облучения (чел.-Зв); также можно добавить, что КТ-исследования по всем анализируемым годам (2017–2020) вносят максимальный вклад в коллективную дозу облучения пациентов (чел.-Зв).

С помощью функции «Предсказ» ПО Microsoft Excel были рассчитано прогнозируемое количество исследований на 2020 г. на основании данных по количеству КТ-исследований, приведённых в отчётной форме № 3-ДОЗ

³ Сведения о дозах облучения пациентов при проведении медицинских рентгенорадиологических исследований (форма N 3-ДОЗ). Режим доступа: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_52009/c262c55885294afd998489c7f7ef8fe17e14da38/. Дата обращения: 15.01.2022.

⁴ Приказ Росстата от 30.12.2020 № 863 (ред. от 20.12.2021) «Об утверждении форм федерального статистического наблюдения с указаниями по их заполнению для организации Министерством здравоохранения Российской Федерации федерального статистического наблюдения в сфере охраны здоровья». Режим доступа: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_373430/. Дата обращения: 15.01.2022.

⁵ НПКЦ ДиТ ДЗМ: Единый радиологический информационный сервис (ЕРИС). Режим доступа: [https://zdrav.expert/index.php/Продукт:НПКЦ_ДиТ_ДЗМ:Единый_радиологический_информационный_сервис_\(ЕРИС\)](https://zdrav.expert/index.php/Продукт:НПКЦ_ДиТ_ДЗМ:Единый_радиологический_информационный_сервис_(ЕРИС)). Дата обращения: 15.01.2022.

Таблица 1. Сводные данные о лучевых исследованиях и дозовых нагрузках в медицинских организациях г. Москвы по форме № 3-ДОЗ

Показатель	2017 г.	2018 г.	2019 г.	2020 г.
Количество медицинских организаций	1233	1330	1394	1453
Количество исследований, ед.	27 128 339	28 882 702	29 705 881	23 626 477
Коллективная доза, чел.-Зв	10 946	11 593	12 582	16 662
Средняя эффективная доза, мЗв	0,404	0,401	0,424	0,705

Таблица 2. Удельный вес применения различных видов исследований на основании формы № 3-ДОЗ

Год	ФГ, %	РГ, %	РС, %	КТ, %	Прочие процедуры, %	РН, %
2017	28,4	63,9	1,1	5,5	0,7	0,4
2018	27,8	63,7	0,8	6,4	0,9	0,4
2019	26,1	62,9	0,8	6,8	3,0	0,4
2020	22,7	62,0	0,6	13,1	1,0	0,5

Примечание. Здесь и в табл. 3: ФГ — флюорография; РГ — рентгенография; РС — рентгеноскопия; КТ — компьютерная томография; РН — радионуклидные исследования.

Таблица 3. Удельный вклад в коллективную дозу облучения от различных видов исследований на основании формы № 3-ДОЗ

Год	ФГ, %	РГ, %	РС, %	КТ, %	Прочие процедуры, %	РН, %
2017	2,8	13,2	6,8	60,7	11,3	5,2
2018	3,3	11,0	5,5	64,2	9,1	6,9
2019	2,8	9,4	5,2	65,0	10,1	7,5
2020	1,5	5,2	2,4	75,9	7,2	7,8

за 2017–2019 гг., — 2 329 925. При формировании прогноза из пяти различных типов линий тренда использовали линейный, коэффициент аппроксимации которого составляет 0,989. По данным формы № 3-ДОЗ, реальное число исследований составило 3 113 932, что на 31% больше ожидаемого числа КТ-исследований. Аналогичный анализ проведён по данным формы № 30 (рис.): ожидаемое в 2020 г. количество исследований составило 1 427 877, в реальности, по данным формы № 30, было проведено 2 360 715, что на 65% больше прогнозируемого количества КТ-исследований (см. рисунок). При формировании прогноза также использовался линейный тип тренда, коэффициент аппроксимации которого составляет 0,9714.

На основании трёх источников (формы № 30, ЕРИС и № 3-ДОЗ) была сформирована табл. 4, в которой представлены данные по количеству КТ-сканеров и КТ-исследований в зависимости от источника данных.

В табл. 5 представлены эффективные дозы облучения за КТ-исследование в зависимости от анатомической области.

По данным формы № 3-ДОЗ был проведён анализ динамики удельного веса востребованности КТ-исследований в зависимости от анатомической области (табл. 6); на основании данных табл. 5 и 6 оценён удельный вклад в итоговое значение эффективной дозы в зависимости от количества КТ-исследований определённых анатомических областей (табл. 7).

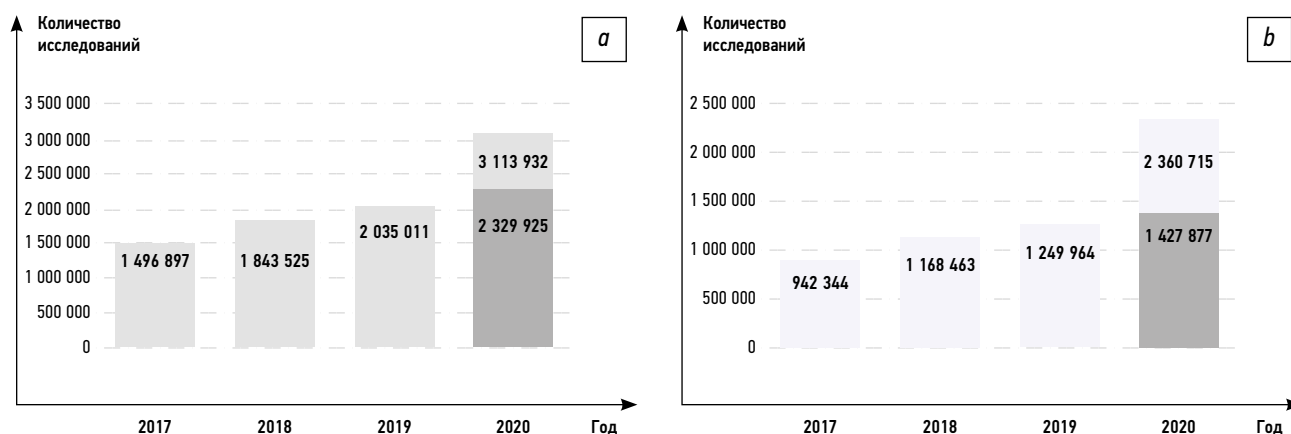
**Рис.** Количество компьютерно-томографических исследований по данным формы № 3-ДОЗ (а) и формы № 30 (б). Тёмно-серым цветом отмечено прогнозируемое количество исследований.

Таблица 4. Данные по количеству компьютерно-томографических сканеров и компьютерно-томографических исследований из трёх источников за 2020 г.

Источник информации	Сканеры	Исследования	Количество исследований на один сканер
ЕРИС	183	1 931 908	10 557
Форма № 30	305	2 360 715	7740
Форма № 3-ДОЗ	595	3 113 932	5233

Таблица 5. Средняя эффективная доза облучения за одно компьютерно-томографическое исследование в зависимости от анатомической области за 2017–2019 гг. в сравнении с данными за 2020 г. на основании данных формы № 3-ДОЗ

Анатомическая область	Средние эффективные дозы облучения при исследовании, мЗв			
	2017 г.	2018 г.	2019 г.	2020 г.
Органы грудной клетки	5,609	4,933	4,818	4,545
Конечности	0,718	0,781	0,702	0,674
Шейные позвонки	3,142	2,288	2,134	1,710
Грудные позвонки	5,228	5,708	4,331	4,563
Поясничные позвонки	6,139	6,795	6,438	5,884
Таз и бедро	6,368	6,468	6,573	6,858
Рёбра и грудина	3,712	3,953	2,566	3,811
Органы брюшной полости	8,886	8,246	8,005	7,413
Верхняя часть желудочно-кишечного тракта	5,348	3,721	4,118	6,894
Нижняя часть желудочно-кишечного тракта	5,810	5,832	5,951	12,304
Череп, челюстно-лицевая область	1,681	1,448	1,476	1,225
Зубы	0,080	0,100	0,104	0,042
Почки, мочевыводящая система	7,269	7,210	6,651	6,103
Прочие	4,396	4,556	4,104	3,023
Средняя доза облучения при КТ, мЗв	4,442	4,040	4,019	4,061

Таблица 6. Динамика удельного веса востребованности компьютерной томографии в зависимости от анатомической области исследования

Анатомическая локализация (в соответствии с формой № 3-ДОЗ)	Удельный вес одного исследования анатомической области относительно общего числа исследований за год, %			
	2017 г.	2018 г.	2019 г.	2020 г.
Органы грудной клетки	24,36	24,09	25,55	55,6
Конечности	2,88	2,37	2,98	1,98
Шейные позвонки	1,71	1,99	2,39	1,4
Грудные позвонки	0,97	1,09	1,05	0,62
Поясничные позвонки	2,56	2,28	2,37	1,27
Таз и бедро	3,04	3,64	3,3	2,11
Рёбра и грудина	0,03	0,02	0,22	0,03
Органы брюшной полости	16,31	15,2	15,44	9,11
Верхняя часть желудочно-кишечного тракта	0,48	0,29	0,25	0,02
Нижняя часть желудочно-кишечного тракта	0,65	0,48	0,12	0,43
Череп, челюстно-лицевая область	38,52	40,41	38,28	22,41
Зубы	1,54	0,69	0,25	0,72
Почки, мочевыводящая система	4,58	4,39	6,14	3,67
Прочие	2,37	3,06	1,66	0,63

Таблица 7. Удельный вклад в итоговое значение эффективной дозы в зависимости от количества компьютерно-томографических исследований определённых анатомических областей

Удельный вклад		2017 г.	2018 г.	2019 г.	2020 г.
Органы грудной клетки	%	24,36	24,09	25,55	55,6
	мЗв	1,37	1,19	1,23	2,53
Высокодозные исследования (поясничные позвонки, таз и бедро, верхняя и нижняя части желудочно-кишечного тракта, почки, мочевыводящая система)	%	27,62	26,28	27,62	16,61
	мЗв	2,2	2,0	2,03	1,17
Другие виды КТ-исследований (конечности, шейные позвонки, рёбра и грудина, череп, зубы, прочие)	%	48,02	49,63	46,83	27,79
	мЗв	0,87	0,85	0,76	0,36
Средние эффективные дозы облучения	мЗв	4,442	4,040	4,019	4,061

ОБСУЖДЕНИЕ

Результаты проведённого анализа данных наглядно демонстрируют существенное влияние на структуру распределения применения различных видов рентгено-радиологических исследований и динамику изменения эффективных доз облучения пациентов. По результатам анализа формы № 3-ДОЗ, представленным в табл. 1, получено, что средняя эффективная доза за одно рентгено-радиологическое исследование в 2017–2019 гг. отличалась в пределах 5%, в то время как в 2020 г. средняя эффективная доза (мЗв) за одно исследование выросла на 66% по сравнению с 2019 г. и на 74% по сравнению с 2018 и 2017 гг.

Количество проводимых исследований, таких как флюорография, рентгенография, рентгеноскопия, равномерно уменьшалось с 2017 по 2020 г. (см. табл. 2), логично вместе с этим уменьшался и вклад в коллективную дозу облучения от данных исследований (см. табл. 3). При этом наблюдался резкий рост КТ-исследований — более чем в 2 раза в 2020 г. в сравнении с 2017 г. (см. табл. 2). Вклад в коллективную дозу облучения от КТ-исследований растёт более равномерно с максимальным увеличением по всем годам: в 2020 г. он достиг почти 76% (см. табл. 3). Количество радионуклидных исследований было приблизительно одинаковым в 2017–2019 гг. с небольшим ростом в 2020 г. (см. табл. 2). Вклад в коллективную дозу от радионуклидных исследований, обусловленный разнообразием проводимых исследований с использованием всё более обширного спектра радиофармпрепаратов и расширением протоколов исследований, медленно, но растёт, что влечёт за собой увеличение эффективной дозы облучения пациента за одно исследование (см. табл. 3). Количество прочих исследований, в счёт которых входят такие процедуры, как рентгенохирургия, ангиография и т.п., меняется из года в год незначительно и неравномерно, как и вклад от них в коллективную дозу, что, скорее всего, связано с некорректным занесением исследований в разные графы за тот или иной год (см. табл. 2, 3).

По данным форм № 30 и № 3-ДОЗ, реальное число проведённых КТ-исследований в 2020 г. существенно

больше, чем прогнозировалось на основании данных 2017–2019 гг. Так, в 2020 г., по данным формы № 3-ДОЗ, было проведено на 31% больше исследований, чем ожидалось, а по данным формы № 30 рост составил 65%. По данным ЕРИС, где учитываются исследования, проведённые только в медицинских организациях, относящихся к Департаменту здравоохранения г. Москвы, было проведено 1 931 908 КТ-исследований, что составляет 81 и 62% всего числа исследований, учтённых в формах № 30 и № 3-ДОЗ соответственно. Это означает, что большинство регистрируемых КТ-исследований проводится в медицинских организациях Департамента здравоохранения города Москвы. Полученные результаты указывают, что существенное влияние на динамику коллективной дозы оказали проводимые в связи с возникшей эпидемиологической обстановкой организационно-методические мероприятия и перевод амбулаторного звена в режим работы амбулаторных КТ-центров.

Дальнейший анализ влияния эпидемиологической обстановки на динамику изменений дозовой нагрузки на пациентов при проведении КТ проводился по данным, представленным в форме № 3-ДОЗ за 2017–2020 гг.

В ходе работы установлено, что средние эффективные дозы облучения пациентов при КТ-исследовании по всем анатомическим областям, за исключением доз от исследований нижней части желудочно-кишечного тракта, равномерно уменьшаются из года в год, что напрямую связано с обновлением парка оборудования и улучшением качества протоколов проводимых исследований (см. табл. 5). Причины, с чем связан столь существенный (более чем в 2 раза) рост средней эффективной дозы при проведении исследований нижней части желудочно-кишечного тракта (см. табл. 5), в настоящее время пока не нашли объяснения, что требует детального анализа, рассмотрения и по возможности корректировки протоколов исследований с целью понижения эффективной дозы при сохранении качества получаемой диагностической информации.

При проведении анализа было установлено, что максимальный вклад в 2017–2019 гг. вносили исследования черепа и челюстно-лицевой области. Предположительно,

это связано с тем, что в данной строке учитывались исследования и от стоматологических КТ-сканеров. В 2020 г. наибольшее количество исследований было проведено для органов грудной клетки — более чем вдвое по сравнению с 2017 г., при этом резко, почти в 2 раза, сократилось количество исследований черепа и челюстно-лицевой области, незначительно — исследований практически всех анатомических областей за исключением рёбер и грудины, удельный вклад которых в количество исследований то незначительно увеличивается, то уменьшается (см. табл. 6).

На основании данных табл. 5 и 6 был оценён и представлен в табл. 7 удельный вклад в итоговое значение эффективной дозы от исследований органов грудной клетки, высокодозных исследований (поясничные позвонки, таз и бедро, верхняя и нижняя части желудочно-кишечного тракта, почки, мочевыводящие системы) и других видов КТ-исследований (конечности, шейные позвонки, рёбра и грудина, череп, зубы и пр.). На основании полученных результатов можно утверждать, что основной вклад в коллективную дозу облучения внесли КТ-исследования органов грудной клетки.

Ограничения исследования

Ограничениями данного исследования являются лимитированные одним годом данные по лучевой нагрузке при проведении КТ в ЕРИС, отсутствие сведений о дозах облучения пациентов в форме № 30, а также ограниченный спектр организаций, которые заполняют учётные формы № 3-ДОЗ и № 30.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Эпидемиологическая обстановка в 2020 г. оказала существенное влияние на динамику изменений дозовой нагрузки на пациентов при проведении КТ, а также на количество определённых видов КТ-исследований в зависимости от анатомической области. Наибольший удельный вес (55,6%) всех КТ-исследований в 2020 г. составили исследования органов грудной клетки, при этом в целом почти в 2 раза увеличился удельный вклад КТ от общего числа всех рентгенорадиологических процедур. Результаты исследования динамики изменения числа и коллективной дозы облучения при проведении рентгенорадиологических исследований подтверждают, что коллективная доза при медицинском облучении формируется главным образом за счёт КТ-исследований. В связи с этим особое внимание следует уделять контролю существующих протоколов КТ-исследования, а также разработке и внедрению новых, при которых возможно будет снижение лучевой нагрузки с сохранением качества диагностической информации. Особое внимание также следует уделить возможности проведения низкодозовой КТ вместо традиционной для анализа COVID-19, что позволит существенно снизить лучевую нагрузку на пациентов.

Анализ помог выявить ряд преимуществ и недостатков различных форм сбора данных. Исходя из результатов проведённой оценки, следует сделать вывод, что существующие отчётные формы в целом являются достаточно репрезентативными, однако особенности их заполнения могут существенно снижать их ценность и качество имеющихся данных. Для исключения ошибок и упрощения работы сотрудников медицинских организаций, отвечающих за сбор данных о проведённых рентгенорадиологических исследованиях, рекомендуется переходить к использованию специализированных программных продуктов для мониторинга доз.

ДОПОЛНИТЕЛЬНО

Источник финансирования. Авторы заявляют об отсутствии внешнего финансирования при проведении исследования.

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: Ю.В. Дружинина — поиск публикаций по теме, анализ литературы, разработка дизайна исследования, обработка полученных результатов, написание текста; С.А. Рыжов — определение основной направленности статьи, экспертная оценка списка литературы, разработка дизайна исследования; А.В. Водоватов — определение основной направленности статьи, экспертная оценка списка литературы, разработка дизайна исследования, редактирование статьи; И.В. Солдатов — систематизация и финальное редактирование статьи; З.А. Лантух — экспертная оценка списка литературы, систематизация и финальное редактирование статьи; А.Н. Мухортова — определение материалов и методов исследования; Ю.Н. Лубенцова — анализ литературы, определение материалов исследования.

Благодарности. Отдельно выражаем благодарность за помощь в подготовке статьи к публикации сотруднику отдела координации научных исследований Виноградовой Ирине Александровне и переводчику экспертной группы НИР Романову Андрею Александровичу.

ADDITIONAL INFORMATION

Funding source. The authors declare that there is no external funding for the exploration and analysis work.

Competing interests. The authors declare no obvious and potential conflicts of interest related to the publication of this article.

Authors' contribution. Y.V. Druzhinina — search for relevant publications, literature analysis, research design development, data processing, writing; S.A. Ryzhov — determination of the main focus of the review, expert evaluation of literature review, research design development; A.V. Vodovatov — determination of the main focus of the review, expert evaluation of literature review, research design development, editing of the review; I.V. Soldatov — determination of the main focus of the review, expert evaluation of literature review;

Z.A. Lantukh — expert evaluation of literature review, systematization and final editing of the review; A.N. Mukhortova — determination of research methods determination of research methods and materials; Y.N. Lubentsova — literature analysis, determination of research materials. 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.

Acknowledgments. The authors express our gratitude for the help in preparing the article for publication to the data researcher of the department for the coordination of scientific research, Irina A. Vinogradova, and to the translator of the scientific research work group, Andrey A. Romanov.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Zhao W., Zhong Z., Xie X., et al. Relation between chest CT findings and clinical conditions of coronavirus disease (COVID-19) pneumonia: a multicenter study // *American Journal of Roentgenology*. 2020. Vol. 214, N 5. P. 1072–1077. doi: 10.2214/AJR.20.22976
2. Erturk S.M. CT is not a screening tool for corona-virus disease (COVID-19) pneumonia. (letter) // *American Journal of Roentgenology*. 2020. Vol. 215, N 1. P. W12–W12. doi: 10.2214/AJR.20.23288
3. Морозов С.П., Проценко Д.Н., Сметанина С.В., и др. Лучевая диагностика коронавирусной болезни (COVID-19): организация, методология, интерпретация результатов. Вып. 65. Версия 2 от 17.04.2020. Москва, 2020. 78 с. (Серия: Лучшие практики лучевой и инструментальной диагностики).
4. Министерство здравоохранения Российской Федерации. Временные методические рекомендации. Профилактика, диагностика и лечение новой коронавирусной инфекции (COVID-19). Версия 11 (07.05.2021). Москва, 2021. 225 с.
5. Морозов С.П., Решетников Р.В., Гомбоевский В.А., и др. Диагностическая точность компьютерной томографии для определения необходимости госпитализации пациентов с COVID-19 // *Digital Diagnostics*. 2021. Vol. 2, N 1. P. 5–16. doi: 10.17816/DD46818
6. Siordia J.A. Epidemiology and clinical features of COVID-19. A review of current literature // *J Clin Virol*. 2020. Vol. 127. P. 104357. doi: 10.1016/j.jcv.2020.104357
7. Морозов С.П., Кузьмина Е.С., Ледихова Н.В., и др. Мобилизация научно-практического потенциала службы лучевой диа-

гностики г. Москвы в пандемию COVID-19 // *Digital Diagnostics*. 2020. Vol. 1, N 1. P. 5–12. doi: 10.17816/DD51043

8. Водоватов А.В., Романович И.К., Историк О.А., и др. Предварительная оценка изменения структуры коллективной дозы от КТ-исследований за период март–июнь 2020 г. в связи с диагностикой COVID-19 в Российской Федерации. Препринт [интернет]. Режим доступа: <https://covid19-preprints.microbe.ru/article/28>. Дата обращения: 15.01.2022.

9. Охрименко С.Е., Ильин Л.А., Коренков И.П., и др. Оптимизация доз облучения пациентов в лучевой диагностике // *Гигиена и санитария*. 2019. Т. 98, № 12. С. 1331–1337. doi: 10.18821/0016-9900-2019-98-12-1331-1337

10. Морозов С.П., Солдатов И.В., Лантукх З.А., и др. Характеристика дозовой нагрузки на пациентов в медицинских организациях Москвы [интернет]. Режим доступа: https://tele-med.ai/documents/482/harakteristika_dozovoj_nagruzki_na_pacientov_v_medicinskih_organizacijah_g_moskvu_1.pdf. Дата обращения: 15.01.2022.

11. Балонов М.И., Голиков В.Ю., Водоватов А.В., и др. Научные основы радиационной защиты в современной медицине / под ред. М.И. Балонов. Т. 1. Лучевая диагностика. Санкт-Петербург: НИИРГ имени проф. П.В. Рамзаева, 2019. 320 с.

12. Chipiga L.A., Bernhardsson C. Patient doses in computed tomography examinations in two regions of the Russian Federation // *Radiat Prot Dosimetry*. 2016. Vol. 169, N 1-4. P. 240–244. doi: 10.1093/rpd/ncv516

REFERENCES

1. Zhao W, Zhong Z, Xie X, et al. Relation between chest CT findings and clinical conditions of coronavirus disease (COVID-19) pneumonia: a multicenter study. *AJR*. 2020;214(5):1072–1077. doi: 10.2214/AJR.20.22976
2. Erturk SM. CT is not a screening tool for corona-virus disease (COVID-19) pneumonia. (letter). *AJR*. 2020;215(1):W12–W12. doi: 10.2214/AJR.20.23288
3. Morozov SP, Protsenko DN, Smetanina SV, et al. Radiation diagnosis of coronavirus disease (COVID-19): organization, methodology, interpretation of results. Issue 65. Version 2 dated 17.04.2020. Moscow; 2020. 78 p. (Series: Best practices of radiation and instrumental diagnostics). (In Russ).
4. Ministry of Health of the Russian Federation. Temporary methodological recommendations. Prevention, diagnosis and treatment of new coronavirus infection (COVID-19). Version 11 (07.05.2021). Moscow; 2021. 225 p. (In Russ).
5. Morozov SP, Reshetnikov RV, Gombolevskiy VA, et al. Diagnostic accuracy of computed tomography for identifying hospitalizations for patients with COVID-19. *Digital Diagnostics*. 2021;2(1):5–16. (In Russ). doi: 10.17816/DD46818
6. Siordia JA. Epidemiology and clinical features of COVID-19. A review of current literature. *J Clin Virol*. 2020;127:104357. doi: 10.1016/j.jcv.2020.104357
7. Morozov SP, Kuzmina ES, Ledikhova NV, et al. Mobilizing the academic and practical potential of diagnostic radiology during the COVID-19 pandemic in Moscow. *Digital Diagnostics*. 2020;1(1):5–12. (In Russ). doi: 10.17816/DD51043
8. Vodovатов AV, Romanovich IK, Historian OA, et al. Preliminary assessment of changes in the structure of the collective dose from CT examinations for the period March–June 2020 in connection with the diagnosis of COVID-19 in the Russian Federation. Preprint [Inter-

net]. (In Russ). Available from: <https://covid19-preprints.microbe.ru/article/28>. Accessed: 15.01.2022.

9. Okhrimenko SE, Ilin LA, Korenkov IP, et al. Optimization of radiation doses to patients in x-ray diagnostics // Hygiene and Sanitation. 2019;98(12):1331–1337. (In Russ). doi: 10.47470/0016-9900-2019-98-12-1331-1337

10. Morozov SP, Soldatov IV, Lantukh ZA, et al. Characteristics of the dose load on patients in medical institutions in Moscow [Internet]. (In Russ). Available from: <https://tele-med.ai/documents/482/>

harakteristika_dozovoj_nagruzki_na_pacientov_v_medicheskikh_organizacijah_g_moskvy_1.pdf. Accessed: 15.01.2022.

11. Balonov MI, Golikov VYu, Vodovatov AV, et al. Scientific foundations of radiation protection in modern medicine. Ed. by M.I. Ballonov. Vol. 1. Radiation diagnostics. Saint Petersburg: Ramzaev Research Institute; 2019. 320 p. (In Russ).

12. Chipiga LA, Bernhardsson C. Patient doses in computed tomography examinations in two regions of the Russian Federation. *Radiat Prot Dosimetry*. 2016;169(1-4):240–244. doi: 10.1093/rpd/ncv516

ОБ АВТОРАХ

*** Друзинина Юлия Владимировна;**

адрес: Россия, 127051, Москва, ул. Петровка, д. 24, стр. 1;
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3230-3722>;
eLibrary SPIN: 1973-2848; e-mail: yu.druzhinina@npcmr.ru

Рыжов Сергей Анатольевич;

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0640-7368>;
eLibrary SPIN: 6595-4011; e-mail: s.ryzhov@npcmr.ru;

Водоватов Александр Валерьевич; к.б.н.;

ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-5191-7535>;
eLibrary SPIN: 4560-8978; e-mail: a.vodovatov@niirg.ru

Солдатов Илья Владимирович;

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4867-0746>;
eLibrary SPIN: 4065-6048; e-mail: i.soldatov@npcmr.ru

Лантух Зоя Александровна;

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6623-9610>;
eLibrary SPIN: 5486-6496; e-mail: z.lantukh@npcmr.ru

Мухортова Анна Николаевна;

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9814-3533>;
eLibrary SPIN: 9051-1130; e-mail: a.mukhortova@npcmr.ru

Лубенцова Юлия Николаевна;

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6274-9736>;
eLibrary SPIN: 5975-7418; e-mail: lubencova@npcmr.ru

AUTHORS' INFO

*** Yuliya V. Druzhinina;**

address: Petrovka st. 24 Bld, 1, Moscow, 127051;
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3230-3722>;
eLibrary SPIN: 1973-2848; e-mail: yu.druzhinina@npcmr.ru

Sergey A. Ryzhov, MD;

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0640-7368>;
eLibrary SPIN: 6595-4011; e-mail: s.ryzhov@npcmr.ru

Aleksandr V. Vodovatov;

ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-5191-7535>;
eLibrary SPIN: 4560-8978; e-mail: a.vodovatov@niirg.ru

Ilya V. Soldatov;

ORCID: orcid.org/0000-0002-4867-0746;
eLibrary SPIN: 4065-6048; e-mail: i.soldatov@npcmr.ru

Zoya A. Lantukh;

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6623-9610>;
eLibrary SPIN: 5486-6496; e-mail: z.lantukh@npcmr.ru

Anna N. Mukhortova;

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9814-3533>;
eLibrary SPIN: 9051-1130; e-mail: a.mukhortova@npcmr.ru

Iuliia N. Lubentsova;

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6274-9736>;
eLibrary SPIN: 5975-7418; e-mail: lubencova@npcmr.ru

* Автор, ответственный за переписку / Corresponding author