

Е.И. Маткевич, А.Н. Башков, О.В. Паринов, А.С. Самойлов

КОМПЬЮТЕРНАЯ И МАГНИТНО-РЕЗОНАНСНАЯ ТОМОГРАФИЯ В ДИАГНОСТИЧЕСКОЙ ПРАКТИКЕ. ВОЗМОЖНОСТЬ ОПТИМИЗАЦИИ ИССЛЕДОВАНИЙ С ЦЕЛЬЮ СНИЖЕНИЯ ЛУЧЕВОЙ НАГРУЗКИ

Федеральный медицинский биофизический центр им. А.И. Бурназяна ФМБА России, Москва

Контактное лицо: Елена Ивановна Маткевич, e-mail: ei.matkevich@gmail.com

РЕФЕРАТ

Цель: Проанализировать частоту и структуру исследований при компьютерной (КТ) и магнитно-резонансной томографии (МРТ) в ФМБЦ им. А.И. Бурназяна за 2020–2023 гг. по основным анатомическим зонам, оценить возможность снижения лучевой нагрузки при проведении КТ.

Материал и методы: Проанализированы количество и структура КТ- и МРТ-исследований за 2020–2023 гг., проведенных в многопрофильном лечебном учреждении. За указанный промежуток было выполнено всего 62340 КТ-исследований, которые проводились на трех мультисрезовых компьютерных томографах и 29942 МРТ исследований, выполненных на четырех высокопольных магнитно-резонансных томографах. Основными областями исследований согласно форме № 30, утвержденной приказом Росстата от 25 декабря 2023 г. № 681, являются голова, шея, органы грудной клетки (ОГК), сердце и сосуды, органы брюшной полости (ОБП), забрюшинного пространства (ЗБП), органы малого таза (ОМТ), позвоночник и спинной мозг, кости, мягкие ткани (МТ) и молочные железы (МЖ). Оценивалось количество исследований по данным областям без и с применением внутривенного контрастирования.

Результаты: Установлено увеличение общего количества КТ-исследований в 1,2 раза в 2023 г. по сравнению с 2020 г., а общего количества МРТ-исследований – в 1,5 раза. При этом в 2023 г. количество КТ-исследований в 2,2 раза превышало количество МРТ-исследований. В структуре КТ-исследований за весь период с 2020 по 2023 г. основная доля приходилась на ОБП и ЗБП (35,2–53,2 %) и ОГК (33,4–42,9 %), в структуре МРТ в тот же период преобладали исследования головы (28,9–36,6 %), костей и МТ (14,3–21,1 %), позвоночника (20,1–27,5 %).

При оценке соотношения частоты КТ и МРТ установлено значимое преобладание КТ над МРТ для ОБП и ЗБП (в 2023 г. в 7,5 раза). По областям голова, шея, ОМТ, позвоночник, кости и МТ, установлено преобладание числа МРТ-исследований над КТ от 1,1 до 13,9 раз.

Заключение: За период 2020–2023 гг. в многопрофильной клинике ФМБЦ им. А.И. Бурназяна зарегистрирован рост количества КТ- и МРТ-исследований с превышением в 2023 г. количества КТ-исследований над количеством МРТ-исследований в 2,2 раза, что согласуется с данными Государственного доклада «О состоянии санитарно-эпидемиологического благополучия населения в Российской Федерации в 2022 г.». Область исследования ОБП и ЗБП может рассматриваться в качестве основного потенциала увеличения доли МРТ-исследований после дополнительной оценки оптимизации показаний в целях снижения лучевой нагрузки на пациентов.

Ключевые слова: многопрофильная клиника, лучевая диагностика, КТ, МРТ, количество исследований, структура исследований

Для цитирования: Маткевич Е.И., Башков А.Н., Паринов О.В., Самойлов А.С. Компьютерная и магнитно-резонансная томография в диагностической практике. Возможность оптимизации исследований с целью снижения лучевой нагрузки // Медицинская радиология и радиационная безопасность. 2025. Т. 70. № 1. С. 30–38. DOI:10.33266/1024-6177-2025-70-1-30-38

E.I. Matkevich, A.N. Bashkov, O.V. Parinov, A.S. Samoylov

CT and MRI in Diagnostic Practice at the A.I. Burnazyan Federal Medical Biological Center: Opportunities for Optimizing Studies to Reduce Radiation Exposure

A.I. Burnazyan Federal Medical Biophysical Center, Moscow, Russia

Contact person: E.I. Matkevich, e-mail: ei.matkevich@gmail.com

ABSTRACT

Purpose: To analyze the frequency and structure of computed tomography (CT) and magnetic resonance imaging (MRI) studies at the A.I. Burnazyan Federal Medical Biophysical Center from 2020 to 2023 by major anatomical regions, to assess the potential for reducing radiation exposure in CT.

Material and methods: The number and structure of CT and MRI studies performed at a multidisciplinary medical institution from 2020 to 2023 were analyzed. During this period, a total of 62,340 CT studies were conducted on three multislice CT scanners, and 29,942 MRI studies were conducted on four high-field MRI scanners. The primary areas of study, as per form No. 30 approved by Rosstat Order No. 681 dated December 25, 2023, include the head, neck, chest, heart and blood vessels, abdominal cavity, retroperitoneal space, pelvis, spine and spinal cord, bones, soft tissues and mammary glands. The number of studies in these areas, both with and without administration of intravenous contrast, was evaluated.

Results: An increase of 1.2 times in the total number of CT studies and 1.5 times in the total number of MRI studies was established in 2023 compared to 2020. At the same time, in 2023, the number of CT studies was 2.2 times higher than the number of MRI studies. In the structure of CT studies for the entire period from 2020 to 2023, the main share fell on the abdominal and retroperitoneal space (35.2–53. %) and chest (33.4–42.9 %), in the structure of MRI during this period, head studies prevailed (28.9–36.6 %), bones and MT (14.3–21.1 %), and spine

(20.1–27.5 %). When assessing the ratio of CT and MRI frequencies, a significant predominance of CT over MRI was established for the abdominal and retroperitoneal space (in 2023 – 7.5 times). In the areas of head, neck, pelvis, spine, bones and MT, the prevalence of MRI studies over CT was found to be from 1.1 to 13.9 times.

Conclusion: A growth in the number of CT and MRI studies was recorded at the A.I. Burnazyan Federal Medical Biophysical Center during the period from 2020 to 2023 in 2 time, which aligns with the data from the State Report “On the State of Sanitary and Epidemiological Well-being of the Population in the Russian Federation in 2022”. The area of abdominal and retroperitoneal space studies can be considered as the primary potential for increasing the share of MRI studies, following an additional assessment of indication optimization, to reduce patient radiation exposure.

Keywords: multidisciplinary clinic, radiology diagnostics, CT, MRI, number of studies, research structure

For citation: Matkevich EI, Bashkov AN, Parinov OV, Samoylov AS. CT and MRI in Diagnostic Practice at the A.I. Burnazyan Federal Medical Biological Center: Opportunities for Optimizing Studies to Reduce Radiation Exposure. Medical Radiology and Radiation Safety. 2025;70(1):30–38. (In Russian). DOI:10.33266/1024-6177-2025-70-1-30-38

Введение

В последние годы роль лучевой диагностики в здравоохранении значительно возросла, что связано как с увеличением числа пациентов с хроническими заболеваниями сердечно-сосудистой системы, злокачественными новообразованиями, так и с внедрением новых технологий. Лучевая диагностика стала одним из ведущих методов для выявления, мониторинга и оценки тяжести большого числа заболеваний [1]. Количество рентгенодиагностических процедур за последние 10 лет выросло более чем на 30 млн и составило 282,9 млн в 2022 г. [2, 3]. Это отражает и общемировую тенденцию, например, в Китае с 2003 до 2023 гг. количество КТ-томографов увеличилось в 5 раз [4].

В связи с этим меняется структура коллективных доз облучения населения. Так, в России в 2022 г. доля эффективных доз облучения населения от медицинских источников составила 22,22 % [2], в то время как в 2016 г. она составляла 12,84 % [5] (рис. 1).

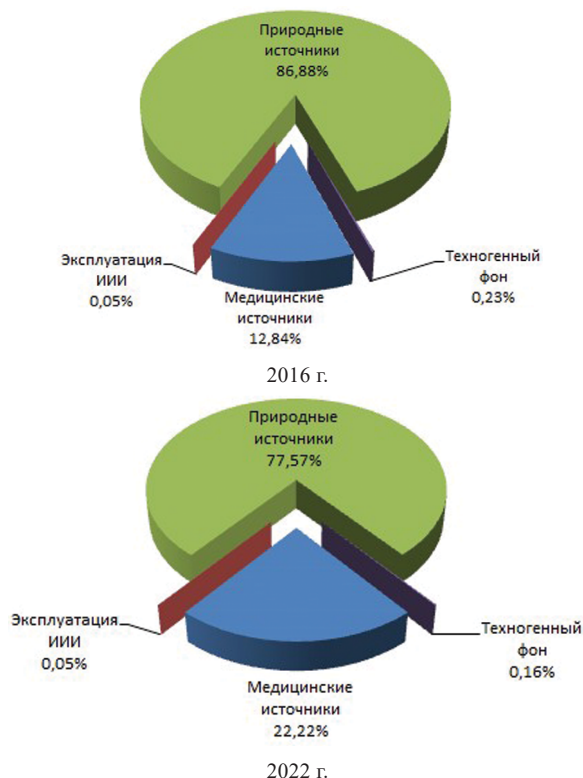


Рис. 1. Структура годовых коллективных эффективных доз облучения населения Российской Федерации

Fig.1. Structure of annual collective effective radiation doses to the population of the Russian Federation

Количество проведенных процедур КТ в 2022 г. по разным субъектам Российской Федерации варьирует от 1168 тыс. в Санкт-Петербурге до 8922 тыс. в Башкирии, в Москве – 3517 тыс. [2].

Увеличение числа КТ-исследований требует внимания к аспектам радиационной безопасности. В 2022 г. средняя годовая эффективная доза облучения населения Российской Федерации составила 4,00 мЗв, из которых 0,89 мЗв пришлось на долю медицинского облучения [2], при этом коллективная доза с 2016 г. к 2022 г. возросла с 73,8 тыс. чел.-Зв до 123,1 тыс. чел.-Зв. Вклад КТ в коллективную дозу облучения населения за последние десять лет увеличился более чем в два раза – в 2012 г. составлял 30 %, а в 2022 г. – 74 % (рис. 2). Таким образом, увеличение составило 90,8 тыс. чел.-Зв.

Выбранный период (2020–2023 гг.) охватывает как пик пандемии новой коронавирусной инфекции, так и восстановление системы здравоохранения после завершения пандемии, что позволяет оценить изменения в структуре и объеме лучевых исследований. В 2022 г. в связи завершением эпидемии произошло снижение средних доз медицинского облучения при КТ по сравнению с 2021 г., но при этом дозы соответствуют общей косо-восходящей тенденции. В 13 субъектах РФ годовые эффективные дозы медицинского облучения в среднем на одного жителя превысили 1 мЗв, но дозы облучения пациентов при одном КТ значительно выше (от 2 до 45 мЗв за одно исследование) [2].

По результатам анализа состояния службы лучевой диагностики Минздрава РФ за 2014–2019 гг. в целом в структуре лучевых исследований КТ занимает второе место с долей 3,1 % от общего количества исследований, а МРТ – третье место с долей 0,8 % (рис. 3) [6].

В настоящее время в общем объеме лучевых исследований количество МРТ продолжает увеличиваться, несмотря на высокую стоимость метода. В России число проведенных МРТ исследований с 2014 по 2019 гг. возросло на 47,7 % и составляло в 2019 г. 2,9 млн, что можно связать с увеличением количества МРТ отделений на 3,5 % [7]. В целом в мире наблюдается рост МРТ-исследований и единиц оборудования, в то же время значительно увеличилось и соотношение количества сканеров к числу обследований [8]. Например, в Северной Корее количество МРТ-исследований на 1 тыс. человек за период 2011–2020 гг. возросло с 23,3 до 71,7 [8].

В последние годы увеличению на одно КТ-обследование в выбранной популяции в течение года соответствовало увеличение на 0,5 МРТ-обследований, что обусловлено технологическим развитием и совершенствованием протоколов МРТ-диагностики [9].

Объективный стандарт по количеству и соотношению КТ- и МРТ-исследований в рамках лечебного учреждения отсутствует, при этом подразумевается важность

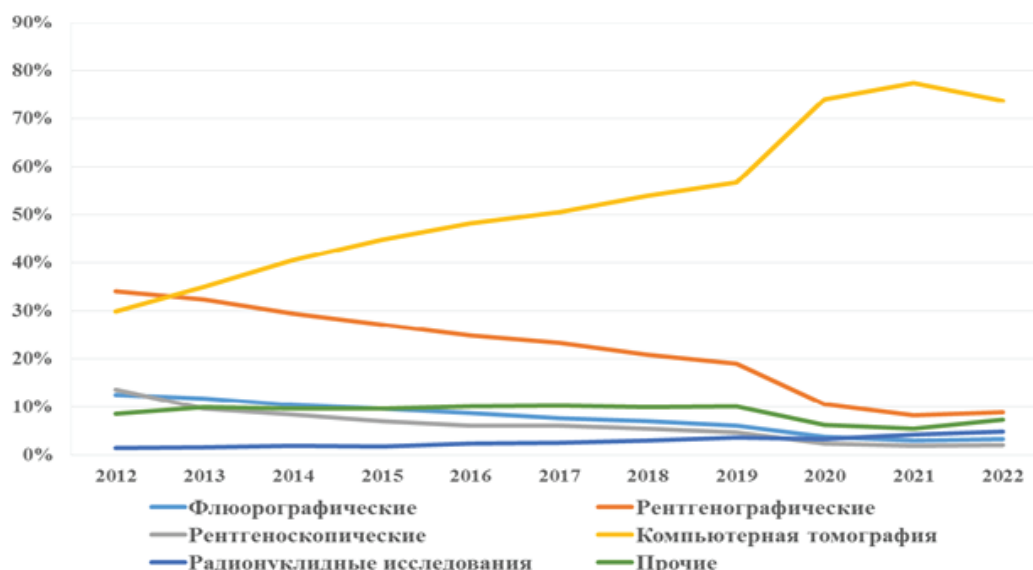


Рис. 2. Динамика вклада основных видов рентгенорадиологических исследований в коллективную дозу медицинского облучения в период 2012–2022 гг., %

Fig. 2. Dynamics of the contribution of major types of x-ray and radiological studies to the collective medical radiation dose from 2012 to 2022, %



Рис. 3. Структура исследований лучевой диагностики в Российской Федерации, 2019 г., %

Fig. 3. Structure of radiological diagnostic studies in the Russian Federation, 2019, %

их непрерывной оценки. Последняя необходима для эффективного использования оборудования, снижения лучевой нагрузки, для лучшего распределения профессиональных, технологических и экономических ресурсов. Этим определяется актуальность данного исследования.

Цель исследования – проанализировать частоту и структуру исследований при компьютерной (КТ) и магнитно-резонансной томографии (МРТ) в ФМБЦ им. А.И. Бурназяна за 2020–2023 гг. по основным анатомическим зонам, оценить возможность снижения лучевой нагрузки при проведении КТ.

Материал и методы

В рамках работы проводился анализ данных медицинской статистики по КТ- и МРТ-исследованиям, проведенным в ФМБЦ им. А.И. Бурназяна в период 2020–2023 гг. При этом под КТ-исследованием подразумевается полный цикл обследования определенного органа (части тела) пациента, который может включать несколько процедур (сканирований) [10].

В табл. 1 представлены количественные данные по КТ-исследованиям за 2020–2023 гг.

Таблица 1

Количество процедур и пациентов при КТ-исследованиях за 2020–2023 гг.

Number of procedures and patients in CT examinations for 2020–2023

Календарный год	2020	2021	2022	2023
Количество процедур	13 806	18 573	20 209	24 022
Количество обследованных пациентов	9688	15966	11434	12513

МРТ-исследование одной анатомической области соответствует одной процедуре, общее количество МРТ-исследований соответствует общему количеству пациентов (табл. 2) [11].

Таблица 2

Количество МРТ-исследований за 2020–2023 гг.

Number of MRI examinations for 2020–2023

Календарный год	2020	2021	2022	2023
Количество исследований	5589	7667	8082	8604

Была проведена оценка количества исследований без внутривенного контрастирования (нативных) и с внутривенным контрастированием, а также представлена их структура по основным анатомическим областям. Нативные КТ-исследования обозначались как однофазные исследования (ОФ). Многофазные исследования (МФ) с применением внутривенного контрастирования проводились в несколько процедур и в зависимости от клинической задачи могли содержать до четырех сканирований. Все исследования распределены согласно форме № 30, утвержденной приказом Росстата от 25 декабря

2023 г. № 681, на следующие анатомические области: голова, шея, органы грудной клетки (ОГК), сердце и сосуды, органы брюшной полости (ОБП), забрюшинного пространства (ЗБП), органы малого таза (ОМТ), позвоночник и спинной мозг, кости, мягкие ткани (МТ) и молочные железы (МЖ) [11].

В табл. 3, 4 представлена основная информация по КТ- и МРТ-сканерам, а также параметрам использованных протоколов.

Таблица 3

**Характеристика КТ-сканеров
и параметры использованных протоколов**
Key parameters of the CT scans and study protocols

Параметры	КТ-сканеры		
	Toshiba Aquilion	Philips Ingenuity	Canon Aquilion One
Количество рядов детекторов	64	128	320
Год установки	2008	2013	2020
Коллимация	автоматическая	автоматическая	автоматическая
Питч	0,641–1,5		
Время ротации трубки, с	0,5	0,5	0,5
Напряжение, кВ	120	120	120
Толщина среза, мм	1	1	1
Сила тока на трубке, мАс	автоматическая модуляция	автоматическая модуляция	автоматическая модуляция

Таблица 4

Характеристика МРТ-сканеров и использованных протоколов
Key parameters of the MRI scans and study protocols

Параметры	МРТ-сканеры			
	Siemens Magnetom Symphony	Siemens Magnetom Espree	Siemens Magnetom Solo	GE Signa Architect
Напряженность магнитного поля, Тл	1,5	1,5	1,5	3
Год установки	2003	2008	2023	2022
Режимы сканирования	T ₁ , T ₂ , DWI/ADC, FLAIR, SWI (SWAN), PD, STIR, TIRM			

Статистическая обработка данных проводилась с помощью электронных таблиц редактора Excel Microsoft Office-10 и пакета программ STATISTICA v.10.0.

Результаты и обсуждение

В ФМБЦ им. А.И. Бурназяна за 2020–2023 гг. было выполнено всего 62340 КТ-исследований, включающих 76610 КТ-процедур, и 29942 МРТ-исследований (29942 процедуры).

В результате анализа установлено увеличение общего количества КТ-процедур с 2020 к 2023 г. с 13806 до 24022 (рис. 4), прирост количества КТ-процедур в 2021, 2022 и 2023 гг. относительно 2020 г. составил 35, 46 и 74 % соответственно.

При анализе количества МРТ исследований было установлено ежегодное увеличение с 5589 в 2020 г. до 8604 в 2023 г., ежегодный прирост в 2021, 2022 и 2023 гг. по сравнению с 2020 г. составил 39, 45 и 56 % соответственно (рис. 5).

При оценке структуры КТ-исследований (рис. 6) установлено, что основное место в ней занимают исследования ОГК, ОБП и ЗБП. В совокупности они составляли 78–87 % от общего годового количества КТ-исследований. При этом доля ОГК с каждым годом воз-

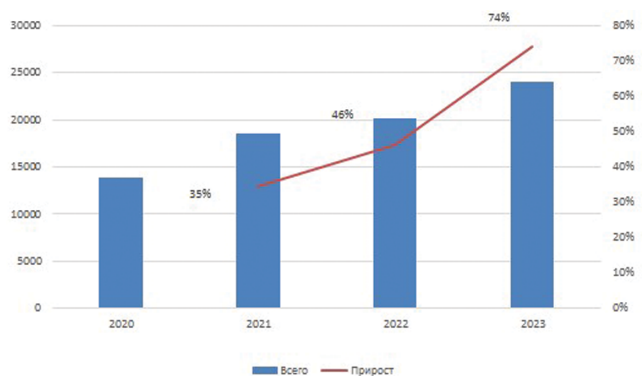


Рис. 4. Динамика объема и прирост общего количества КТ процедур в 2020–2023 гг.

Fig.4. Dynamics of the volume and growth of the total number of CT procedure from 2020 to 2023

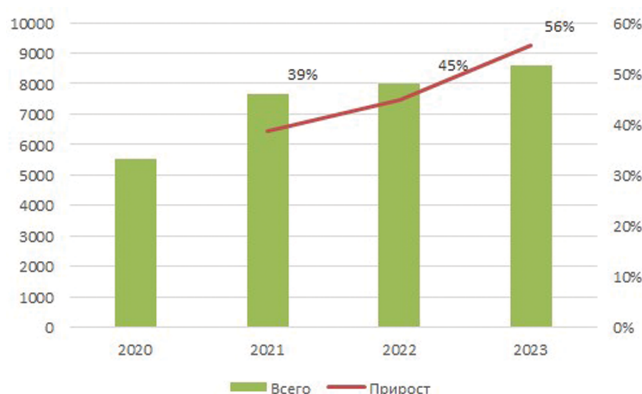


Рис. 5. Динамика количества МРТ-исследований в 2020–2023 гг.

Fig.4. Dynamics of growth of number of MRI studies from 2020 to 2023

растала с 33,4 % в 2020 г. до 42,9 % в 2023 г., а доля исследований ОБП и ЗБП уменьшалась с 53,2 % в 2020 г. до 35,2 % в 2023 г. Годовые доли остальных областей существенно не менялись и составляли от 0,1 % (сосуды) до 10 % (голова).

В период 2020–2023 гг. растет абсолютное количество как ОФ-, так и МФ-исследований. Ежегодно количество МФ-преобладает над ОФ исследованиями в 1,3–1,4 раза. При этом среднее количество процедур на одного пациента увеличилось с 1,42 до 1,92 (табл. 5).

Таблица 5

**Динамика количества КТ-процедур
на одного пациента за 2020–2023 гг.**

Dynamics of the number of CT procedures per patient for 2020-2023

Период, год	Количество пациентов при КТ -исследованиях	Количество КТ-процедур на одного пациента
2020	9688	1,42
2021	15966	1,16
2022	11434	1,77
2023	12513	1,92

Как видно из табл. 5, в 2021 г. обследованных пациентов было больше по сравнению с другими годами, но так как им преимущественно проводились исследования ОГК, состоящие из 1 процедуры (ОФ), то в результате их количество в расчете на одного пациента заметно меньше, чем в другие годы.

Анализ количества ОФ КТ-исследований по анатомическим областям показывает (рис. 7), что в 2023 г. по отношению к 2020 г. прослеживается рост ОФ исследова-

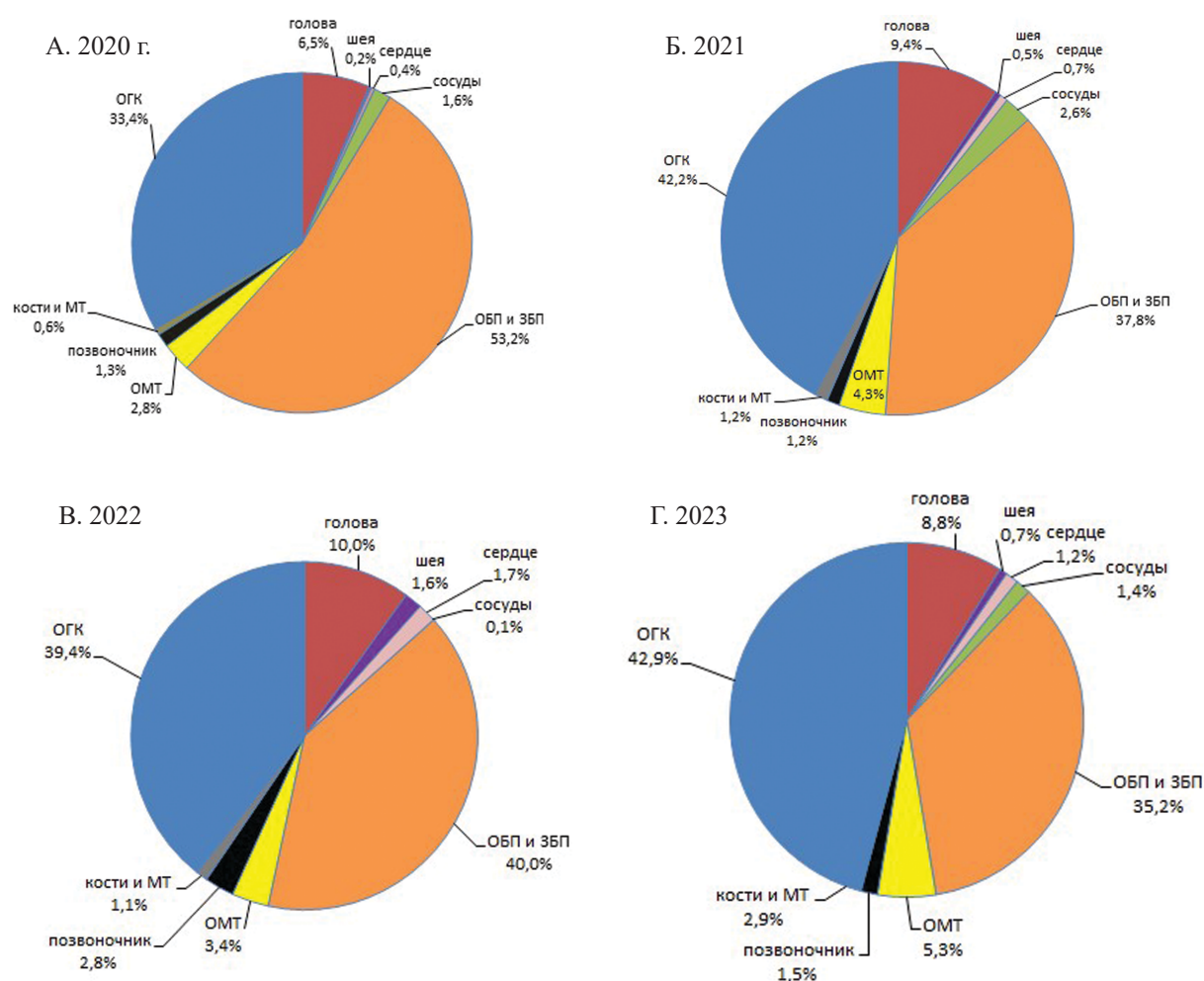


Рис. 6. Структура КТ-исследований по анатомическим областям за 2020–2023 гг.

Fig. 6. Structure of CT studies for 2020–2023

ний головы в 1,6 раз и снижение ОФ-исследований ОБП и ЗБП в 2,1 раза. При анализе МФ-исследований отмечено увеличение доли обследований ОГК на 19,3 %. В то же время прослеживается снижение МФ-исследований ОБП и ЗБП на 20 %, однако абсолютное количество практически не изменилось и составило в 2020 г. 5496, а в 2023 г. 5287 исследований. Количество ОФ и МФ КТ других областей варьировалось из года в год, но в целом изменялось незначительно.

Анализ распределения МРТ-исследований (рис. 8) свидетельствует, что основной вклад в их структуру вносили исследования головы и позвоночника, которые суммарно составляли более 50 %. Однако их доли к 2023 г. сократились для головы с 36,62 до 28,9 %, а для позвоночника – с 26,8 до 20,1 %, при увеличении абсолютных значений с 2025 до 2489 и с 1481 до 1730 соответственно. В этот период количество МРТ-исследований ОБП и ОЗП увеличилось как в долевом (с 5,6 до 10,3 %), так и в абсолютном выражении (в 2,9 раза).

Крайне важен анализ вклада ОФ и МФ КТ в структуру общего количества исследований, так как при МФ КТ дозы облучения пациентов значительно выше и пропорциональны количеству сканирований. Так, по данным литературы [12–16], значения доз при ОФ/МФ КТ исследованиях составляют для головы 1,83–2,65 / 3,21–4,6 мЗв, для шеи 2,3–2,8 / 9,2 мЗв, для ОБП 7,2 / 22,29 мЗв, позвоночника 4 / 12 мЗв, для костей и мягких тканей до 26 мЗв.

На рис. 9 представлено соотношение количества КТ- и МРТ-исследований по различным анатомическим областям от их суммарного числа.

На протяжении рассматриваемого периода исследования области ОБП и ЗБП проводятся преимущественно с помощью КТ исследований (88–96 %) с крайне незначительным увеличением доли МРТ к 2023 г. Для области шеи с 2021 по 2023 гг. прослеживается тенденция к увеличению доли МРТ с 40 до 68 %. В 2020–2022 гг. для области ОМТ доля КТ составляла 31–33 % от суммарного количества КТ и МРТ, а в 2023 г. она увеличилась в 1,4 раза – до 46 %. Это требует дополнительного анализа с разработкой алгоритма маршрутизации пациентов [17,18]. На рис. 9 видно, что имеется потенциал увеличения количества МРТ исследований голова, но учитывая разные диагностические возможности, специфические показания и невысокую дозовую нагрузку при КТ головы нет необходимости редактирования маршрутизации пациентов для исследования этой области [19].

Согласно проведенному анализу, можно полагать, что с учетом оснащенности ФМБЦ им. А.И. Бурназяна современными МРТ-сканерами, возможно расширение показаний к применению МРТ-исследований шеи, ОБП, ЗБП и МТ, так как КТ этих областей сопряжена с высокими дозами облучения пациентов. Это подтверждается тем, что область исследования ОБП и ЗБП имеет самое высокое значение дозового коэффициента перевода поглощенной дозы в эффективную – 0,015 в отличие от остальных областей [20].

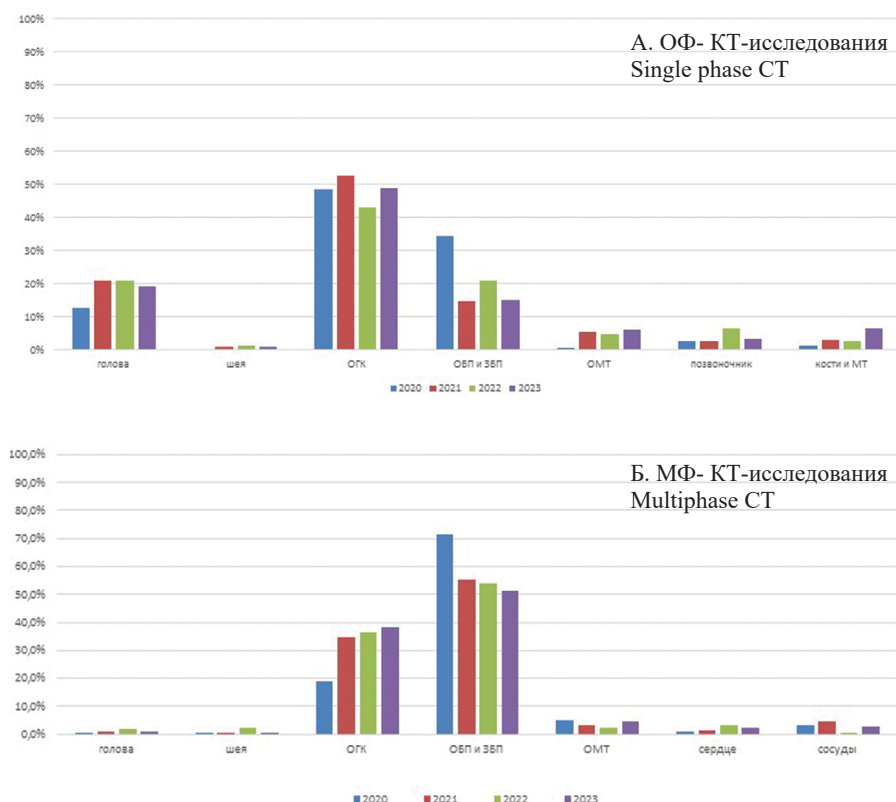


Рис. 7. Структура ОФ- и МФ- КТ-исследований по анатомическим областям за 2020–2023 гг.
Fig. 7. Structure of the of single phase and multiphase CT Studies for 2020–2023

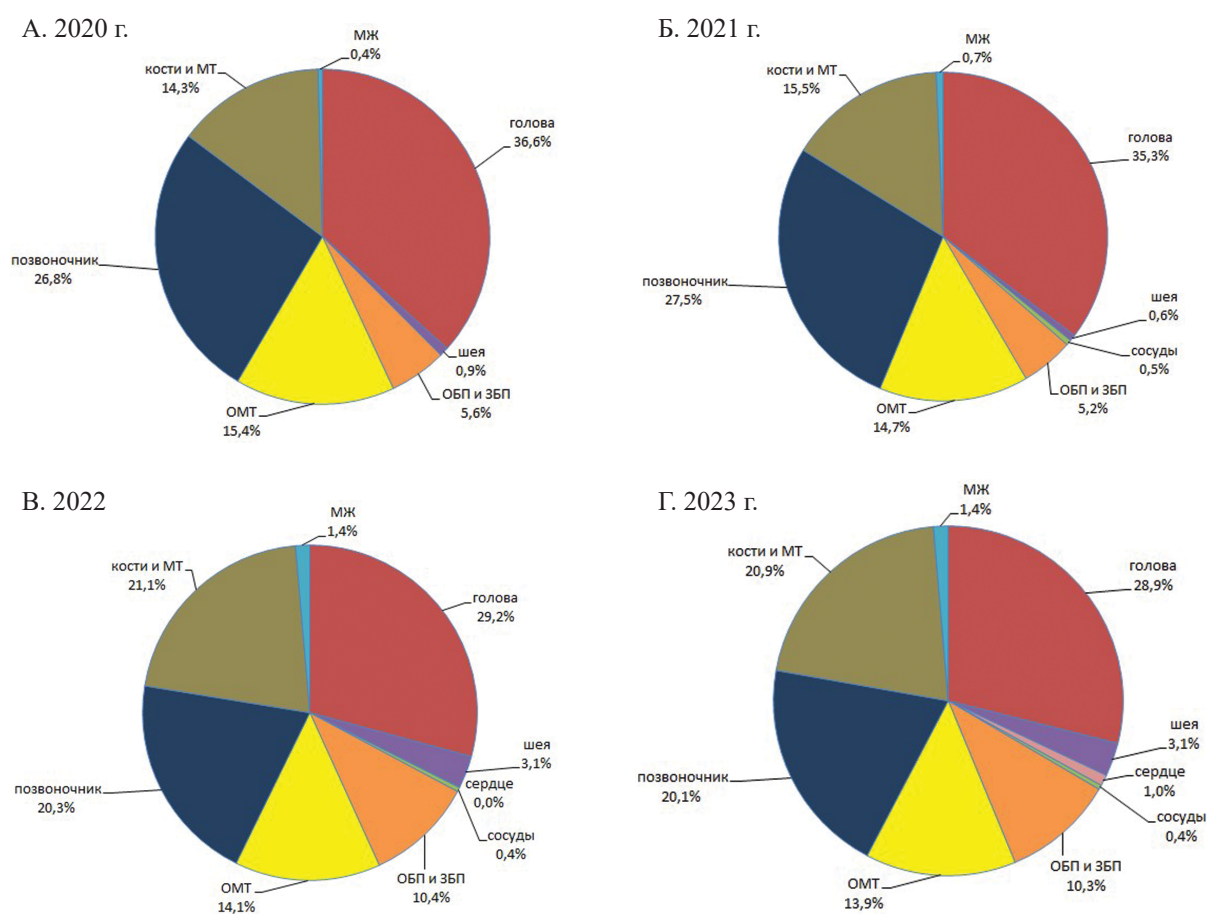


Рис. 8. Структура МРТ-исследований за 2020–2023 гг.
Fig. 8. Structure of the MRI Studies for 2020–2023

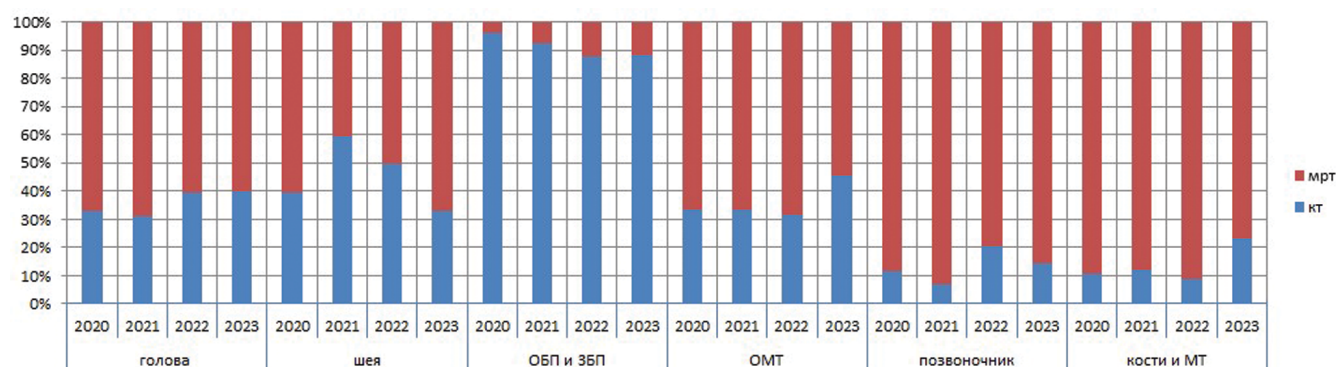


Рис. 9. Соотношение количества проанализированных КТ- и МРТ-исследований по основным анатомическим областям за 2020–2023 гг.

Fig.9. Ratio of the number of analyzed CT and MRI studies by main areas for 2020–2023

Закключение

При имеющейся тенденции переоснащения российской рентгенодиагностики современными диагностическими приборами, в том числе компьютерными томографами, в ближайшие годы можно ожидать значительного роста услуг высокотехнологичной лучевой диагностики, особенно КТ, а также увеличения связанных с этим доз медицинского облучения населения и отдаленных последствий такого облучения [21–24]. По результатам проведенной работы установлена тенденция к росту количества как КТ-, так и МРТ-исследований в ФМБЦ им. А.И. Бурназяна с 2020 до 2023 гг., темпы прироста количества исследований составили: для КТ – 44 %, для МРТ – 56 %, что соответствует другим авторам, которые анонсировали увеличение количества МРТ с 2001 до 2021 гг. в 6 раз [9]. В целом за период 2020–2023 гг. в многопрофильной клинике ФМБЦ им. А.И. Бурназяна в 2023 г. количество КТ-исследований в 2,2 раза превышало количество МРТ-исследований, это согласуется с данными Государственного доклада «О состоянии санитарно-эпидемиологического благополучия населения в Российской Федерации в 2022 г.» [2].

При оценке соотношения частоты КТ и МРТ установлено наибольшее преобладание КТ над МРТ для ОБП и ЗБП (в 2023 г. в 7,5 раза), что сопровождается повышенной дозовой нагрузкой на пациентов. Эта область исследования ОБП и ЗБП может рассматриваться в качестве основного потенциала увеличения доли МРТ-исследований в целях снижения лучевой нагрузки на пациентов, особенно при многофазных и повторяющихся в динамике исследованиях, и именно для нее необходим дальнейший анализ показаний к выбору проведения КТ или МРТ. Разработка мероприятий по совершенствованию алгоритмов применения МРТ и низкодозовых методик КТ крайне актуальна и направлена на защиту пациентов от избыточного медицинского облучения.

Благодарность

Авторы выражают благодарность врачу-статисту Татьяне Сергеевне Бурмистровой за статистический материал, предоставленный для анализа.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

- Тюрин И.Е. Лучевая диагностика в Российской Федерации // Онкологический журнал: лучевая диагностика, лучевая терапия. 2018. Т.1. №4. С. 43-51. doi: 10.37174/2587-7593-2018-1-4-43-51.
- О состоянии санитарно-эпидемиологического благополучия населения в Российской Федерации в 2022 году: Государственный доклад. М.: Федеральная служба по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека, 2023. 368 с.
- О состоянии санитарно-эпидемиологического благополучия населения в Российской Федерации в 2014 году: Государственный доклад. М.: Федеральная служба по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека, 2015. 206 с.
- Shuxia Hao, Mengxue Li, Shengnan Fan, Hui Xu, Jinsheng Cheng, Jun Deng. An Analysis of the Status of Diagnostic Radiology Equipment in China // Radiation Medicine and Protection. 2023. V.4. No.4. P. 170-175. doi:10.1016/j.radmp.2023.08.001
- О состоянии санитарно-эпидемиологического благополучия населения в Российской Федерации в 2017 году: Государственный доклад. М.: Федеральная служба по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека, 2018. 268 с.
- Конторович Д.И., Руднев А.О., Пак В.И. К вопросу организации лучевой диагностики в России // Проблемы гигиенической безопасности и профилактики нарушений трудоспособности у работающих: Матер. Всероссийской научно-практической интернет-конференции с международным участием, Нижний Новгород, 29–30 ноября 2023 г. Нижний Новгород: Медиа, 2023. С. 232-236.
- Голубев Н.А., Огрызко Е.В., Тюрина Е.М. и др. Особенности развития службы лучевой диагностики в Российской Федерации за 2014-2019 гг. // Современные проблемы здравоохранения и медицинской статистики. 2021. № 2. С. 356-376. doi 10.24412/2312-2935-2021-2-356-376.
- Martella M., Lenzi J., Gianino M.M. Diagnostic Technology: Trends of Use and Availability in a 10-Year Period (2011-2020) among Sixteen OECD Countries // Healthcare (Basel). 2023 Jul 20. V.11. No.14. P. 2078. doi: 10.3390/healthcare11142078. PMID: 37510518; PMCID: PMC10378781.
- Morrill S., Baerlocher M.O., Patlas M.N., Kanani S., Kantarevic J., van der Pol C.B. CT, MRI, and Medical Radiation Technology Trends in Ontario // Can Assoc Radiol J. 2024 May. V. 75. No.2. P. 432-434. doi: 10.1177/08465371231209923. Epub 2023 Nov 6. PMID: 37932882.
- Методические рекомендации по обеспечению радиационной безопасности. Заполнение форм федерального государственного статистического наблюдения № 3-ДОЗ от 16.02.2007 №0100/1659-07-26.
- Об утверждении форм федерального статистического наблюдения с указаниями по их заполнению для организации Министерства здравоохранения Российской Федерации: Приказ Росстата от 25.12.2023 №681.
- Морозов С.П., Иванова Г.В., Бурмистров Д.С., Шапиева А.Н. Информативность методов лучевой диагностики при различных патологических состояниях. Раздел 6. Лучевая диагностика заболеваний сердечно-сосудистой системы:

- Методические рекомендации / Под ред. С.П.Морозова // Серия «Лучшие практики лучевой и инструментальной диагностики». Вып.52. М.: НПКЦ ДиТ ДЗМ, 2020. 24 с.
13. Badawy M.K., Lane H., Galea M. Radiation Dose Associated with Over Scanning in Neck CT // *Curr Probl Diagn Radiol*. 2019 Jul-Aug. V.48 No.4. P. 359-362. doi:10.1067/j.cpradiol.2018.05.010. Epub 2018 May 24. PMID: 31130179.
 14. Garba I., Zarb F., McEntee M.F., Fabri S.G. Computed Tomography Diagnostic Reference Levels for Adult Brain, Chest and Abdominal Examinations: a Systematic Review // *Radiography (Lond)*. 2021 May. V.27. No.2. P. 673-681. doi: 10.1016/j.radi.2020.08.011. Epub 2020 Sep 15. PMID: 32948454.
 15. Маткевич Е.И., Синицын В.Е., Мершина Е.А. Сравнительный анализ доз облучения пациентов при компьютерной томографии в федеральном лечебном учреждении // *Вестник рентгенологии и радиологии*. 2016. Т.97. №1. С. 33-39. doi:10.20862/0042-4676-2016-97-1-33-40.
 16. Осипов М.В. Компьютерная томография как фактор риска злокачественных новообразований среди населения города атомной промышленности Озёрск // *Радиация и риск (Бюллетень Национального радиационно-эпидемиологического регистра)*. 2023. Т.32. №3. С. 109-121. doi:10.21870/0131-3878-2023-32-3-109-121.
 17. Жук Е.Г. Алгоритм применения методов лучевой диагностики при оценке распространенности рака шейки матки // *Здравоохранение (Минск)*. 2022. Т.6. №903. С. 53-58. EDN КОБЕВМ.
 18. Рева С.А., Шагеркин И.А., Зятчин И.В., Арнаут А.В., Петров С.Б., Шагеркина В.А. Обследование пациентов с раком предстательной железы высокого риска: реальная практика в России // *Экспериментальная и клиническая урология* 2021. Т.14. №3. С. 80-85. doi:10.29188/2222-8543-2021-14-3-80-85.
 19. Морозов С.П., Иванова Г.В., Бурмистров Д.С., Шапиева А.Н. Информативность методов лучевой диагностики при различных патологических состояниях. Раздел 4. Диагностика патологических состояний и заболеваний центральной нервной системы / Под ред. С.П.Морозова // Серия «Лучшие практики лучевой и инструментальной диагностики». Вып.17. М., 2018. 20 с.
 20. 2.6.1. Ионизирующее излучение, радиационная безопасность. Контроль эффективных доз облучения пациентов при проведении медицинских рентгенологических исследований // *Методические указания 2.6.1.2944-11*. (утв. Главным государственным санитарным врачом РФ 19.07.2011) (ред. от 30.10.2019).
 21. Булдаков Л.А., Калистратова В.С. Радиоактивное излучение и здоровье. М.: Информ-Атом, 2003. 165 с.
 22. Калистратова В.С. Роль мощности дозы в появлении стохастических эффектов и сокращении продолжительности жизни при действии инкорпорированных радионуклидов и источников внешнего излучения // *Мед. радиология и рад. безопасность*. 2004. Т.49. № 3. С. 5-27.
 23. Иванов И.В. Исходная реактивность организма и радиационные воздействия в малых дозах. М.: РМАПО, 2010. 272 с.
 24. Иванов И.В. Критериальные показатели воздействия ионизирующих излучений в сублетальных и летальных дозах: Методическое пособие. М.: РМАПО, 2005. 56 с.

REFERENCES

1. Tyurin I.Ye. Radiation Diagnostics in the Russian Federation. *Onkologicheskij Zhurnal: Luchevaya Diagnostika, Luchevaya Terapiya* = *Oncological Journal: Radiation Diagnostics, Radiation Therapy*. 2018;14:43-51 (In Russ.). doi: 10.37174/2587-7593-2018-1-4-43-51
2. On the State of Sanitary and Epidemiological Well-Being of the Population in the Russian Federation in 2022. State report. Moscow, Federal Service for Supervision of Consumer Rights Protection and Human Welfare Publ., 2023. 368 p. (In Russ.).
3. On the State of Sanitary and Epidemiological Well-Being of the Population in the Russian Federation in 2014: State report. Moscow, Federal Service for Supervision of Consumer Rights Protection and Human Welfare Publ., 2015. 206 p. (In Russ.).
4. Shuxia Hao, Mengxue Li, Shengnan Fan, Hui Xu, Jinsheng Cheng, Jun Deng An Analysis of the Status of Diagnostic Radiology Equipment in China. *Radiation Medicine and Protection*. 2023;4;4:170-175. doi: 10.1016/j.radmp.2023.08.001 DOI:10.1016/j.radmp.2023.08.001
5. On the State of Sanitary and Epidemiological Well-Being of the Population in the Russian Federation in 2017. State report. Moscow Publ., 2018. 268 p. (In Russ.).
6. Kontorovich D.I., Rudnev A.O., Pak V.I. On the Issue of Organizing Radiation Diagnostics in Russia. *Problemy Gigiyenicheskoy Bezopasnosti i Profilaktiki Narusheniy Trudospobnosti u Rabotayushchikh* = *Problems of Hygienic Safety and Prevention of Disabilities in Workers*. Proceedings of the All-Russian Scientific and Practical Internet Conference with International Participation. Nizhny Novgorod, November 29-30, 2023. Nizhny Novgorod, Medial' Publ., 2023. P. 232-236 (In Russ.).
7. Golubev N.A., Ogryzko Ye.V., Tyurina Ye.M., et al. Features of the Development of the Radiation Diagnostic Service in the Russian Federation for 2014-2019. *Sovremennyye Problemy Zdravookhraneniya i Meditsinskoy Statistiki* = *Current Problems of Health Care and Medical Statistics*. 2021;2:356 – 376 (In Russ.). doi: 10.24412/2312-2935-2021-2-356-376.
8. Martella M., Lenzi J., Gianino M.M. Diagnostic Technology: Trends of Use and Availability in a 10-Year Period (2011-2020) among Sixteen OECD Countries. *Healthcare (Basel)*. 2023 Jul 20;11:14:2078. doi: 10.3390/healthcare11142078. PMID: 37510518; PMCID: PMC10378781.
9. Morrill S., Baerlocher M.O., Patlas M.N., Kanani S., Kantarevic J., van der Pol C.B. CT, MRI, and Medical Radiation Technologist Trends in Ontario. *Can Assoc Radiol J*. 2024 May;75;2:432-434. doi: 10.1177/08465371231209923. Epub 2023 Nov 6. PMID: 37932882.
10. Methodological Recommendations for Ensuring Radiation Safety. Filling out Forms of Federal State Statistical Observation No. 3-DOZ dated 16.02.2007 No. 0100/1659-07-26 (In Russ.).
11. On Approval of federal statistical monitoring forms with instructions for filling them out for the organization by the Ministry of Health of the Russian Federation: Order of Rosstat dated 25.12.2023 No. 681 (In Russ.).
12. Morozov S.P., Ivanova G.V., Burmistrov D.S., Shapiyeva A.N. *Informativnost' Metodov Luchevoy Diagnostiki pri Razlichnykh Patologicheskikh Sostoyaniyakh. Razdel 6. Luchevaya Diagnostika Zabolevaniy Serdechno-Sosudistoy Sistemy* = *Information Content of Radiation Diagnostic Methods for Various Pathological Conditions. Section 6. Radiation Diagnostics of Cardiovascular Diseases. Guidelines*. Ed. S.P. Morozov. Series "Best Practices in Radiation and Instrumental Diagnostics". Issue 52. Moscow Publ., 2020. 24 p. (In Russ.).
13. Badawy M.K., Lane H., Galea M. Radiation Dose Associated with Over Scanning in Neck CT. *Curr Probl Diagn Radiol*. 2019 Jul-Aug;48;4:359-362. doi: 10.1067/j.cpradiol.2018.05.010. Epub 2018 May 24. PMID: 31130179.
14. Garba I., Zarb F., McEntee M.F., Fabri S.G. Computed Tomography Diagnostic Reference Levels for Adult Brain, Chest and Abdominal Examinations: a Systematic Review. *Radiography (Lond)*. 2021 May;27;2:673-681. doi: 10.1016/j.radi.2020.08.011. Epub 2020 Sep 15. PMID: 32948454.
15. Matkevich Ye.I., Sinitsyn V.Ye., Meršina Ye.A. Comparative Survey of Radiation Doses to Patients in Computed Tomography in a Federal Hospital. *Vestnik Rentgenologii i Radiologii*. = *Bulletin of Roentgenology and Radiology*. 2016;97;1:33-39 (In Russ.). doi:10.20862/0042-4676-2016-97-1-33-40.
16. Osipov M.V. Computed Tomography as a Risk Factor for Malignant Neoplasms among the Population of the Nuclear Industry City of Ozersk. *Radiatsiya i Risk (Byulleten' Natsional'nogo Radiatsionno-Epidemiologicheskogo Registra)* = *Radiation and Risk (Bulletin of the National Radiation*

- and Epidemiological Registry). 2023;32;3:109-121 (In Russ.). doi: 10.21870/0131-3878-2023-32-3-109-121.
17. Zhuk Ye.G. Algorithm for the Application of Radiation Diagnostic Methods in Assessing the Prevalence of Cervical Cancer. *Zdravookhraneniye (Minsk) = Healthcare (Minsk)*. 2022;6;903:53-58 (In Russ.)
18. Reva S.A., Shaderkin I.A., Zyatchin I.V., Arnautov A.V., Petrov S.B., Shaderkina V.A. Examination of high-risk prostate cancer patients: real practice in Russia. *Ekspierimental'naya i Klinicheskaya Urologiya = Experimental and Clinical Urology*, 2021;14;3:80-85 (In Russ.). doi: 10.29188/2222-8543-2021-14-3-80-85.
19. Morozov S.P., Ivanova G.V., Burmistrov D.S., Shapiyeva A.N. *Informativnost' Metodov Luchevoy Diagnostiki pri Razlichnykh Patologicheskikh Sostoyaniyakh. Razdel 4. Diagnostika Patologicheskikh Sostoyaniy i Zabolevaniy Tsentral'noy Nervnoy Sistemy = Information Content of Methods of Radiation Diagnostics in Various Pathological Conditions. Section 4. Diagnostics of Pathological Conditions and Diseases of the Central Nervous System*. Ed. S.P.Morozov. Series Best Practices of Radiation and Instrumental Diagnostics. Issue 17. Moscow Publ., 2018. 20 p. (In Russ.).
20. 2.6.1. Ionizing Radiation, Radiation Safety. Monitoring Effective Doses of Radiation to Patients During Medical X-ray Examinations. Guidelines 2.6.1.2944-11. (approved by the Chief State Sanitary Doctor of the Russian Federation on 19.07.2011) (as amended on 30.10.2019) (In Russ.).
21. Buldakov L.A., Kalistratova V.S. *Radioaktivnoye Izlucheniye i Zdorov'ye = Radioactive Radiation and Health*. Moscow, Inform-Atom Publ., 2003. 165 p. (In Russ.).
22. Kalistratova V.S. The Role of Dose Rate in the Occurrence of Stochastic Effects and Reduction of Life Expectancy Under the Influence of Incorporated Radionuclides and External Radiation Sources. *Meditinskaya Radiologiya i Radiatsionnaya Bezopasnost = Medical Radiology and Radiation Safety*. 2004;49;3:5-27 (In Russ.).
23. Ivanov I.V. *Iskhodnaya Reaktivnost' Organizma i Radiatsionnyye Vozdeystviya v Mal'kikh Dozakh = Initial Reactivity of Organism and Radiation Effects in Small Doses*: Moscow, RMA-PO Publ., 2010. 272 p. (In Russ.).
24. Ivanov I.V. *Kriterial'nyye Pokazateli Vozdeystviya Ioniziruyushchikh Izlucheniye v Subletal'nykh i Letal'nykh Dozakh = Criterial Indicators of the Impact of Ionizing Radiation in Sublethal and Lethal Doses*. Methodological manual. Moscow, RMAPO Publ., 2005. 56 p. (In Russ.).

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Финансирование. Исследование не имело спонсорской поддержки.

Участие авторов. Статья подготовлена с равным участием авторов.

Поступила: 20.10.2024. Принята к публикации: 25.11.2024.

Conflict of interest. The authors declare no conflict of interest.

Financing. The study had no sponsorship.

Contribution. Article was prepared with equal participation of the authors.

Article received: 20.10.2024. Accepted for publication: 25.11.2024.