

## Risk assessment based on effective patient radiation doses during multislice spiral computed tomography

Damir A. Zaredinov<sup>1</sup>, Marina V. Li<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Ministry of Health of the Republic of Uzbekistan, Tashkent, Republic of Uzbekistan

<sup>2</sup> Center for the Development of Professional Qualifications of Medical Workers of the Health Ministry, Tashkent, Republic of Uzbekistan

*The scientific article is devoted to the actual problem of modern medicine – the exposure of the public during multislice spiral computed tomography in the Republic of Uzbekistan. For the period 2017–2020 the number of computed tomography procedures increased from 175000 to 375000 (by a factor of 2), there was an increase in the collective dose from computed tomography from 987,5 to 2482,6 man-Sv (2.5 times). During the study the patient effective doses were calculated and the risks were assessed. The research work was carried out in medical institutions on CT units from different vendors. The examination protocols of 1126 adult patients were analyzed. The patient effective doses during MSCT of various anatomical regions were calculated from the DLP value and their comparative assessment was carried out. The radiation risk assessment was carried out on the basis of the effective dose using the nominal ICRP risk coefficients adjusted for age-related radiosensitivity. According to the results of the studies, it was found that when examining the head area, the effective doses of patients ranged from  $1.3 \pm 0.3$  to  $1.9 \pm 0.2$  mSv, the neck area – from  $1.3 \pm 0.3$  to  $2.4 \pm 0.3$  mSv, the chest area – from  $5.3 \pm 0.7$  to  $6.6 \pm 1.9$  mSv, abdomen – from  $7.0 \pm 1.0$  to  $8.8 \pm 1.6$  mSv, small pelvis – from  $7.8 \pm 1.0$  to  $10.8 \pm 2.5$  mSv. The lifetime risk of long-term stochastic effects for the health of a patient from 18 to 65 years old was in the range of  $10^{-4}$  –  $10^{-3}$ . The results of the study showed that the effective doses differ significantly from each other depending on the anatomical area of study of the patients. A person receives the highest doses of radiation when examining the pelvic and abdominal area, and smaller ones when examining the head area. The difference in the values of effective doses in the study of the same anatomical parts of the human body mainly depended on the weight of the patients, the length of the studied anatomical area, the model of the computer tomograph.*

**Key words:** multislice spiral computed tomography, X-ray computed tomography, medical diagnostic radiation; radiation dose of patients, effective dose.

## Оценка радиационных рисков облучения пациентов при проведении мультисрезовой спиральной компьютерной томографии на основе эффективных доз

Д.А. Зарединов<sup>1</sup>, М.В. Ли<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Министерство здравоохранения Республики Узбекистан, Ташкент, Узбекистан

<sup>2</sup> Центр развития профессиональной квалификации медицинских работников Министерства здравоохранения Республики Узбекистан, Ташкент, Узбекистан

*Научная статья посвящена актуальной проблеме современной медицины – оценке радиационного риска пациентов при проведении мультисрезовой спиральной компьютерной томографии в Республике Узбекистан. За период 2017–2020 гг. количество компьютерно-томографических исследований выросло с 175 000 до 375 000 (в 2 раза), выросла и коллективная доза от компьютерной томографии с 987,5 до 2482,6 чел.-Зв (в 2,5 раза). В ходе исследования были рассчитаны эффективные дозы облучения пациентов и оценены риски. Исследования проводились в медицинских учреждениях на компьютерных томографах различных моделей. Были проанализированы протоколы обследования 1126 взрослых пациентов. Эффективные дозы у пациентов мультисрезовой спиральной компьютерной томографии различных анатомических областей рассчитывались по значению*

**Damir A. Zaredinov**

Ministry of Health of the Republic of Uzbekistan

**Address for correspondence:** Navoi ul., 4, Shayxontoxurskiy rayon, Tashkent, Uzbekistan, 100004; E-mail: zda\_medic@mail.ru

**Зарединов Дамир Арифович**

Министерство здравоохранения Республики Узбекистан

**Адрес для переписки:** 100004, Узбекистан, Ташкент, Шайхонтохурский район, ул. Навои, 4; E-mail: zda\_medic@mail.ru

*DLP. Затем проводилась их сравнительная оценка. Оценка радиационного риска была выполнена на основе эффективной дозы с использованием номинальных коэффициентов риска МКРЗ. По результатам исследований установлено, что при обследовании области головы эффективные дозы пациентов находились в диапазоне от  $1,3 \pm 0,3$  до  $1,9 \pm 0,2$  мЗв, области шеи — от  $1,3 \pm 0,3$  до  $2,4 \pm 0,3$  мЗв, области груди — от  $5,3 \pm 0,7$  до  $6,6 \pm 1,9$  мЗв, живота — от  $7,0 \pm 1,0$  до  $8,8 \pm 1,6$  мЗв, малого таза — от  $7,8 \pm 1,0$  до  $10,8 \pm 2,5$  мЗв. Радиационный риск для здоровья взрослых пациентов от КТ-сканирования находился в диапазоне  $10^{-4}$ – $10^{-3}$ . Результаты исследования показали, что эффективные дозы существенно отличаются друг от друга в зависимости от анатомической области исследования пациентов. Наибольшие дозы радиации человек получает при обследовании области таза и живота, а меньшие — при обследовании области головы. Разница в значениях эффективных доз при исследовании одних и тех же анатомических частей тела человека, в основном, зависела от веса пациентов, длины исследуемой анатомической области, модели компьютерного томографа.*

**Ключевые слова:** мультисрезовая спиральная компьютерная томография, рентгеновский компьютерный томограф, ионизирующее излучение, медицинское диагностическое облучение, доза облучения пациентов, эффективная доза.

## Introduction

In Uzbekistan, there is currently a global reassessment of the role of methods of treatment and diagnosis of socially significant diseases in medicine. Diagnostic medical imaging is used in 80–90% of cases. One of the most intensively developing areas of modern health care is X-ray diagnostics, a distinctive feature of which is a high degree of technology, the introduction of digital equipment and information resources for storing and transmitting diagnostic images, as well as the widespread use of tomographic technologies with high visualization accuracy.

Computed tomography (CT) is an X-ray diagnostic technique that is more informative compared to general X-ray examinations. The relevance of this method also lies in the fact that it allows you to quickly and accurately obtain information about the status of internal organs and tissues of the human body [1,2]. In the context of a pandemic of a new coronavirus infection (COVID-19), multislice spiral computed tomography (MSCT) is one of the main methods of early, primary diagnosis of COVID-19 due to the possibility of suggesting a diagnosis of viral pneumonia, differentiating from bacterial, and quickly assessing the extent of lung tissue damage and the degree of the severity of changes [3–7].

MSCT has a number of advantages compared to step-by-step CT: improved image quality, reduced study time, increased signal-to-noise ratio, and decreased patient dose [8]. This examination is becoming more and more popular, which leads to an increase in the contribution of this method to the radiation exposure of the population of all age groups [9,10]. Thus, in the 2008 report of the United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation (UNSCEAR), it was noted that in the United States between 1980 and 2006, the annual effective dose per capita increased from 3,0 mSv to 6,2 mSv. The exposure of the population due to medical procedures has become comparable to the exposure from the natural background radiation. If by 2006 the radiation exposure per capita from medical diagnostic and therapeutic procedures averaged 3,1 mSv, then out of this dose 1,5 mSv falls on computed tomography, i.e. 47,7% [11].

In Uzbekistan, the last decade has been marked by a significant increase in funding for the procurement of medical equipment. The equipment of medical organizations has significantly increased not only quantitatively, but also qualitatively, the equipment with modern medical X-ray computed tomographs has increased. As of the beginning of 2021, 100 CT and MSCT devices are operating in medical institutions of

## Введение

Сегодня в Узбекистане происходят большие изменения в практическом здравоохранении, переоцениваются методы диагностики и лечения значимых заболеваний. Медицинская визуализация с целью диагностики используется в 80–90% случаев. Лучевая диагностика является одним из наиболее интенсивно развивающихся направлений современного здравоохранения, её отличительные особенности – это технологичность, внедрение цифровой техники и информационных ресурсов для хранения и передачи изображений, а также широкое распространение томографических технологий с высокой точностью визуализации.

Компьютерная томография (КТ) – это диагностический метод, основанный на использовании рентгеновских лучей, но который более информативен, чем общие рентгенологические исследования. Актуальность этого метода заключается ещё и в том, что он позволяет быстро и точно получить информацию о состоянии внутренних органов и тканей организма человека [1, 2]. В условиях пандемии новой коронавирусной инфекции (COVID-19) мультисрезовая спиральная компьютерная томография (МСКТ) является одним из основных методов ранней первичной диагностики COVID-19 из-за возможности установить диагноз вирусной пневмонии, дифференцируя ее от бактериальной и быстро оценивая степень поражения легочной ткани и степень выраженности изменений [3–7].

МСКТ имеет ряд преимуществ по сравнению с пошаговой КТ: улучшенное качество изображения, сокращение времени исследования, повышенное отношение сигнал/шум и меньшая доза для пациента [8]. Этот метод исследования становится все более популярным, что приводит к увеличению вклада этого метода в дозу облучения населения всех возрастных групп [9, 10]. Так, в отчете Научного комитета Организации Объединенных Наций по действию атомной радиации (НКДАР ООН) за 2008 г. отмечалось, что в Соединенных Штатах в период с 1980 по 2006 г. годовая эффективная доза на душу населения увеличилась с 3,0 мЗв до 6,2 мЗв. Облучение населения в результате медицинских процедур стало сопоставимым с облучением от естественного радиационного фона. Если к 2006 г. лучевая нагрузка на душу населения от лечебно-диагностических и лечебных процедур составляла в среднем 3,1 мЗв, то из этой дозы 1,5 мЗв приходилось на компьютерную томографию, то есть 47,7% [11].

the Ministry of Health of the Republic of Uzbekistan, of which 39 are in Tashkent. This has led to a large increase in the number of studies. Over the past 4 years, the number of computed tomography procedures has increased from 175 000 in 2017 to 375 000 in 2020 (by a factor of 2). All this has led to a significant increase in both individual and collective exposure doses to the population [12, 13]. These changes are shown in Figure 1.

The radiation doses of patients from diagnostic studies and their consequences for human health have not studied enough. However, the International Commission on Radiological Protection (ICRP) and the International Atomic Energy Agency (IAEA) declare the postulate that even very small dose of radiation can lead to stochastic effects [14, 15]. Therefore, control and accounting of all radiation doses during these studies is necessary. In addition, it is necessary to calculate the reference diagnostic levels for all age groups when performing research in various medical institutions [16, 17].

### Research objectives

1. Calculate effective doses of patients with weight more 50 kg and age from 18 to 65 years.
2. To assess the risks of patients when performing CT scans of various anatomical areas on multislice spiral CT scans.

### Materials and methods

Research work was carried out in medical organizations of the Republic of Uzbekistan on various MSCT devices: "Brilliance iCT 256" (USA), "NeuViz 16 Essence" (China), "Optima CT 520" (USA), "Ingenity Core 128" (China), "Revolution Discovery CT" (USA). The tomographs involved in the study were produced in 2016–2020, information about them is presented in Table 1.

CTDIvol and DLP data were collected from CT protocols of various anatomical areas of the patients. In the medical institutions selected for the study, CT diagnostics were performed mainly on patients who had an average weight (50–90 kg) and age from 18 to 65 years. Therefore, at the 1st stage of the work, it was decided to limit the sample of patients with such parameters. In total, data of MSCT were collected from 1 126 adult patients in the following areas of study: head,

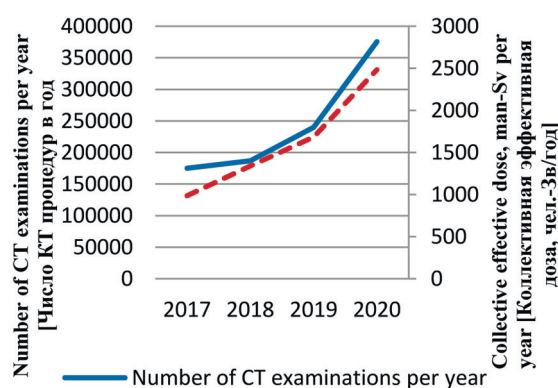
В Узбекистане последнее десятилетие отмечается существенный рост объема финансирования для закупок медицинского оборудования. Оснащение медицинских учреждений значительным образом выросло не только количественно, но и качественно, увеличилась оснащенность современными медицинскими рентгеновскими компьютерными томографами. По состоянию на начало 2021 г. в медицинских учреждениях системы Минздрава Республики Узбекистан (РУз) функционируют 100 аппаратов КТ и МСКТ, из них 39 – в г. Ташкенте. Это привело к резкому увеличению количества исследований. За последние 4 года количество процедур компьютерной томографии увеличилось со 175 000 в 2017 г. до 375 000 в 2020 г. (в 2 раза), и в конечном итоге все это привело к значительному увеличению как индивидуальных, так и коллективных доз облучения населения [12, 13]. Данные изменения представлены на рисунке 1.

Лучевые нагрузки от диагностических исследований находятся в пределах малых доз (до 100 мЗв), последствия которых для здоровья человека мало изучены. Международная комиссия по радиологической защите (МКРЗ) декларирует постулат, что даже сколь угодно малая доза облучения может привести к стохастическим эффектам [14, 15]. Поэтому контроль и учет дозовых нагрузок при проведении этих исследований необходим. Кроме того, как средство оптимизации проведения радиологических исследований необходимо установление референтных диагностических уровней медицинского облучения [16, 17].

**Цель исследования** – рассчитать эффективные дозы облучения пациентов и оценить радиационные риски при проведении мультисрезовой спиральной компьютерной томографии в медицинских учреждениях РУз.

### Задачи исследования

1. Рассчитать эффективные дозы пациентов весом более 50 кг и возраста от 18 до 65 лет.
2. Оценить риски пациентов при проведении КТ различных анатомических областей.



**Fig. 1.** The trends in number of examinations and contribution to the collective dose from computed tomography in the Republic of Uzbekistan in 2017–2020 according to reports of the Health Ministry

[Рис. 1. Динамика изменения числа процедур и изменение вклада в коллективную дозу компьютерной томографии в Республике Узбекистан за период 2017–2020 гг. согласно отчетам Минздрава]

Information about computed tomographs included in the study

Table 1

Информация о компьютерных томографах, включенных в исследование

[Таблица 1]

| № | Manufacture<br>[Производитель]    | MSCT model<br>[Модель МСКТ] | Number of slices<br>[Количество срезов] | Year of manufacture<br>[Год выпуска] |
|---|-----------------------------------|-----------------------------|-----------------------------------------|--------------------------------------|
| 1 | «Philips»                         | «Brilliance iCT 256»        | 256                                     | 2016                                 |
| 2 | «Neusoft Medical System Co., Ltd» | «NeuViz 16 Essence»         | 128                                     | 2017                                 |
| 3 | «General Electric»                | «Optima CT 520»             | 128                                     | 2018                                 |
| 4 | «Philips Medical System, Inc.»    | «Ingenety Core 128»         | 128                                     | 2019                                 |
| 5 | «General Electric»                | «Revolution Discovery CT»   | 256                                     | 2020                                 |

neck, chest, abdomen, pelvis. Information on the number of patients examined with a single scan of MSCT, depending on the scan area, is given in Table 2.

To calculate the dose received by patients during MSCT, the values of specific dosimetric indicators – CTDI and DLP were used [18, 19].

For MSCT, the effective dose (ED) is a calculated indicator of the DLP value. The effective dose is calculated as follows:

$$E = DLP \times k \text{ (mSv)}, \quad (1)$$

where: k is the dose factor for a specific anatomical area, mSv/(mGy.cm), standardized for the DLP value in the standart phantom.

Since there are currently no approved such methods in the Republic of Uzbekistan, the calculation of effective doses was carried out according to the approved methods of the Russian Federation<sup>1,2</sup>. The assessment of the mean (standard) effective dose for a sample of patients was carried out in accordance with ICRP Publication No. 60 [20]. The radiation risk assessment was carried out on the basis of the effective dose value in accordance with the approved guidelines of the Russian Federation<sup>3</sup>.

## Материалы и методы

Научно-исследовательская работа проводилась в медицинских учреждениях РУЗ на аппаратах МСКТ моделей: «Brilliance iCT 256» (США), «NeuViz 16 Essence» (Китай), «Optima CT 520» (США), «Ingenety Core 128» (Китай), «Revolution Discovery CT» (США). Томографы, участвовавшие в исследовании, были произведены в 2016–2020 гг., информация о них представлена в таблице 1.

Из протоколов КТ-сканирований пациентов были собраны данные относительно CTDIvol и DLP. В медицинских учреждениях, выбранных для проведения исследований, КТ-диагностика проводилась, в основном, пациентам, которые имели средний вес (50–90 кг) и возраст от 18 до 65 лет. Поэтому на 1-м этапе работы было решено ограничиться выборкой пациентов с такими параметрами. Всего были собраны данные о проведении МСКТ в медицинских центрах у 1126 взрослых пациентов по следующим областям исследования: голова, шея, грудная клетка, живот, малый таз. Сведения о количестве обследованных пациентов при однократном сканировании МСКТ в зависимости от области сканирования приведены в таблице 2.

The number of adult patients examined on the MSCT selected for the study

Table 2

Количество взрослых пациентов, обследованных на МСКТ, выбранных для исследования

[Таблица 2]

| № | Scan area<br>[Область сканирования] | MSCT models [Модель МСКТ] |                     |                 |                     |                           | Total<br>[Всего] |
|---|-------------------------------------|---------------------------|---------------------|-----------------|---------------------|---------------------------|------------------|
|   |                                     | «Brilliance iCT 256»      | «NeuViz 16 Essence» | «Optima CT 520» | «Ingenety Core 128» | «Revolution Discovery CT» |                  |
| 1 | Head [Голова]                       | 35                        | 40                  | 39              | 39                  | 37                        | 190              |
| 2 | Neck [Шея]                          | 25                        | 26                  | 33              | 34                  | 37                        | 155              |
| 3 | Chest [Грудная клетка]              | 80                        | 78                  | 83              | 94                  | 81                        | 416              |
| 4 | Abdomen [Живот]                     | 44                        | 40                  | 38              | 29                  | 37                        | 188              |
| 5 | Pelvis [Малый таз]                  | 32                        | 34                  | 33              | 36                  | 42                        | 177              |
|   | Total [Всего]                       | 216                       | 218                 | 226             | 232                 | 234                       | 1126             |

<sup>1</sup> MU 2.6.1.2944-11. Control of effective doses of patients for the medical X-ray examinations. Methodical instructions (in Russ.) [МУ 2.6.1.2944-11. Контроль эффективных доз пациентов при медицинских рентгенологических исследованиях. Методические указания. Утв. главным государственным санитарным врачом РФ 19 июля 2011 г.]

<sup>2</sup> MU 2.6.1.3584-19. Changes in MU 2.6.1.2944-11 «Control of effective doses of patients for the medical X-ray examinations». Methodical instructions (in Russ.) [МУ 2.6.1.3584-19. Изменения в МУ 2.6.1.2944-11 «Контроль эффективных доз пациентов при медицинских рентгенологических исследованиях». Методические указания. Утв. главным государственным санитарным врачом РФ 30 октября 2019 г.]

<sup>3</sup> MR 2.6.1 0098-15. Assessment of radiation risk of patients from diagnostic X-ray examinations. Methodical guidelines (in Russ.) [MP 2.6.1 0098-15. Оценка радиационного риска у пациентов при проведении рентгенорадиологических исследований. Методические рекомендации. Утв. главным государственным санитарным врачом РФ 6 апреля 2015 г.]

For statistical processing of the data, the basic methods of descriptive statistics were used: measures of central tendency and measures of variability. The arithmetic mean was determined from the measures of the central tendency, and the standard deviation was determined from the measures of variability.

The distributions (samples) were checked for normality according to Kolmogorov-Smirnov and graphical analysis. The determination of significant differences between the samples was carried out using the Mann-Whitney U test. Statistical analysis was carried out using the statistical software OriginPro 8.6, SPSS Statistics 17.

## Results

Based on the results of the studies, the values of CTDI and DLP were determined when conducting MSCT studies in various medical institutions of Uzbekistan for the period 2017-2021. In Uzbekistan, specialists use the protocols recommended by the equipment manufacturer. In our studies, we used low-dose scanning protocols that are acceptable for solving a specific clinical task. To examine the head area in accordance with the technical capabilities of MSCT devices, diagnostic procedures were carried out at an average anode voltage of the X-ray tube – 80 kV, current modulation -100 mAs, the neck area -100 kV, 100 mAs, the chest -100 kV, 80 mAs, the abdomen – 120 kV, 150 mAs, the pelvis – 110 kV, 200 mAs. CTDI and DLP details are presented in Table 3.

Table 4 shows the calculated average effective doses of patients with standard deviations for different scan areas, depending on the model of the MSCT apparatus.

When checking the distributions for normality according to Kolmogorov-Smirnov, the values of asymptotic significance in the samples were less than 0.05 ( $p < 0.05$ ). These calculations allow us to conclude that the distribution of the samples under consideration is asymmetric, does not obey the normal (Gaussian) distribution law, and for the analysis it is necessary to use nonparametric statistical criteria.

In our studies, of the methods of graphical analysis for testing distributions for normality, box diagrams turned out

Для расчета полученной дозы пациентами при проведении МСКТ применялись значения специфических дозиметрических показателей – CTDI и DLP [18, 19].

Для МСКТ эффективная доза (ЭД) – это расчетный показатель от значения DLP. Эффективная доза рассчитывается следующим образом:

$$E = DLP \times k \text{ (мЗв)}, \quad (1)$$

где:  $k$  – дозовый коэффициент для определенной анатомической области, мЗв/(мГр.см), стандартизованный на значение DLP в образцовом фантоме.

Так как в РУз в настоящее время отсутствуют утвержденные данные методики, расчет эффективных доз проводился согласно утвержденным методикам Российской Федерации<sup>1,2</sup>. Оценка средней (стандартной) эффективной дозы для выборки пациентов проводилась в соответствии с публикацией №60 МКРЗ [20]. Оценка радиационного риска проводилась на основании значения эффективной дозы в соответствии с утвержденной методикой РФЗ.

Для статистической обработки данных использовались основные методы описательной статистики: меры центральной тенденции и меры изменчивости. Из мер центральной тенденции определили среднее арифметическое, из мер вариативности – стандартное отклонение.

Распределения (выборки) на нормальность проверяли по тесту Колмогорова – Смирнова и графическому анализу. Определение значимых различий между выборками проводилось с помощью U-критерия Манна – Уитни. Статистический анализ проводился с использованием статистических программ OriginPro 8.6, SPSS Statistics 17.

## Результаты

По результатам проведенных исследований были определены значения CTDI и DLP при проведении МСКТ-исследований в различных лечебно-профилактических учреждениях Узбекистана в 2017–2021 гг. В Узбекистане применяют протоколы, рекомендованные производителем оборудования. Для исследования использованы низкодозовые протоколы сканирования, допустимые

**Average values with standard deviation of specific dosimetric parameters depending on the scanning area and the MSCT model**  
[Таблица 3]

**Средние значения специфических дозиметрических показателей со стандартными отклонениями в зависимости от области сканирования и модели МСКТ]**

| Scan area<br>[Область сканирования] | «Brilliance iCT 256» |                | «NeuViz 16 Essence» |                | «Optima CT 520» |                | «Ingenety Core 128» |                | «Revolution Discovery CT» |                |
|-------------------------------------|----------------------|----------------|---------------------|----------------|-----------------|----------------|---------------------|----------------|---------------------------|----------------|
|                                     | CTDIvol, mGy         | DLP, mGy·cm    | CTDIvol, mGy        | DLP, mGy·cm    | CTDIvol, mGy    | DLP, mGy·cm    | CTDIvol, mGy        | DLP, mGy·cm    | CTDIvol, mGy              | DLP, mGy·cm    |
| Head [Голова]                       | 41,0<br>± 5          | 811,7<br>± 82  | 37,5<br>± 5         | 792,8<br>± 97  | 37,7<br>± 8     | 711,7<br>± 123 | 37,0<br>± 6         | 719,3<br>± 108 | 30,1<br>± 5,0             | 576,5<br>± 113 |
| Neck [Шея]                          | 11,1<br>± 2          | 316,7<br>± 55  | 12,2<br>± 1         | 401,0<br>± 56  | 12,3<br>± 2     | 316,7<br>± 58  | 14,2<br>± 2         | 383,3<br>± 88  | 10,5<br>± 2               | 216,7<br>± 71  |
| Chest [Грудная клетка]              | 9,2<br>± 2           | 372,0<br>± 38  | 9,7<br>± 1          | 311,5<br>± 41  | 9,8<br>± 1      | 373,1<br>± 48  | 10,7<br>± 3         | 406,2<br>± 99  | 11,0<br>± 3               | 371,7<br>± 83  |
| Abdomen [Живот]                     | 15,6<br>± 3          | 587,9<br>± 108 | 14,5<br>± 2         | 454,8<br>± 65  | 14,4<br>± 2     | 583,8<br>± 86  | 15,0<br>± 2         | 523,5<br>± 78  | 13,4<br>± 2               | 545,5<br>± 74  |
| Pelvis [Малый таз]                  | 14,5<br>± 2          | 421,0<br>± 89  | 17,3<br>± 3         | 565,9<br>± 139 | 16,2<br>± 3     | 533,9<br>± 79  | 16,2<br>± 2         | 445,4<br>± 93  | 14,9<br>± 3               | 472,9<br>± 81  |

Table 4

Average values of effective doses of patients with standard deviation for different scanning areas, depending on the model of the MSCT apparatus

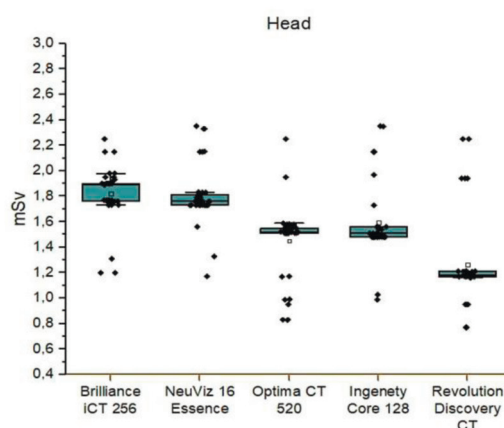
[Таблица 4

Средние значения эффективных доз пациентов со стандартными отклонениями для различных областей сканирования в зависимости от модели аппарата МСКТ]

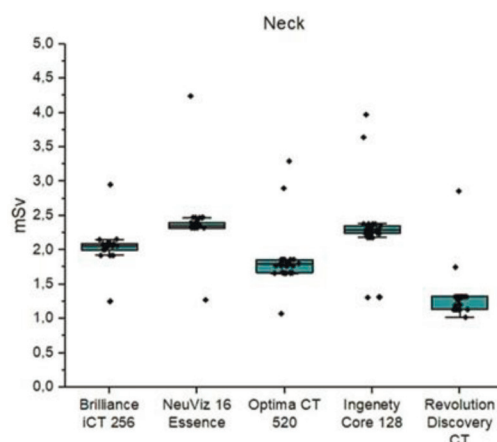
| Scan area<br>[Область сканирования] | Effective dose (average $\pm$ standard deviation), mSv<br>[Эффективная доза (среднее значение $\pm$ стандартное отклонение), мЗв] |                   |                |                   |                         |
|-------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------|----------------|-------------------|-------------------------|
|                                     | Brilliance iCT 256                                                                                                                | NeuViz 16 Essence | Optima CT 520  | Ingenety Core 128 | Revolution Discovery CT |
| Head [Голова]                       | 1,9 $\pm$ 0,2                                                                                                                     | 1,8 $\pm$ 0,2     | 1,6 $\pm$ 0,2  | 1,6 $\pm$ 0,3     | 1,32 $\pm$ 0,3          |
| Neck [Шея]                          | 1,9 $\pm$ 0,3                                                                                                                     | 2,4 $\pm$ 0,3     | 1,9 $\pm$ 0,3  | 2,3 $\pm$ 0,5     | 1,3 $\pm$ 0,3           |
| Chest [Грудная клетка]              | 6,3 $\pm$ 0,7                                                                                                                     | 5,3 $\pm$ 0,7     | 6,3 $\pm$ 0,8  | 6,6 $\pm$ 1,9     | 6,4 $\pm$ 1,8           |
| Abdomen [Живот]                     | 8,8 $\pm$ 1,6                                                                                                                     | 7,0 $\pm$ 1,0     | 8,8 $\pm$ 1,3  | 7,8 $\pm$ 1,0     | 8,0 $\pm$ 0,9           |
| Pelvis [Малый таз]                  | 7,8 $\pm$ 1,0                                                                                                                     | 10,8 $\pm$ 2,5    | 10,1 $\pm$ 1,5 | 8,5 $\pm$ 1,9     | 8,9 $\pm$ 1,5           |

to be the most illustrative, which reject the hypothesis about the normality of distributions (samples). These effective dose distribution charts are presented in Figures 2-6. Models of devices are indicated on the horizontal axis, and the obtained values of effective doses are indicated on the vertical axis.

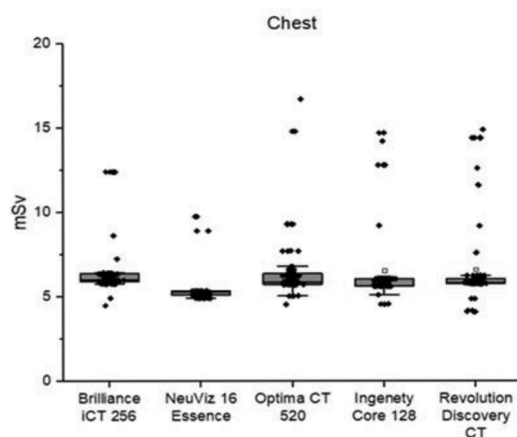
для решения конкретной клинической задачи. Для обследования области головы, учитывая технические возможности МСКТ-аппаратов, диагностические процедуры проводились при среднем анодном напряжении рентгеновской трубки – 80 kV, модуляции силы тока – 100 mAs,



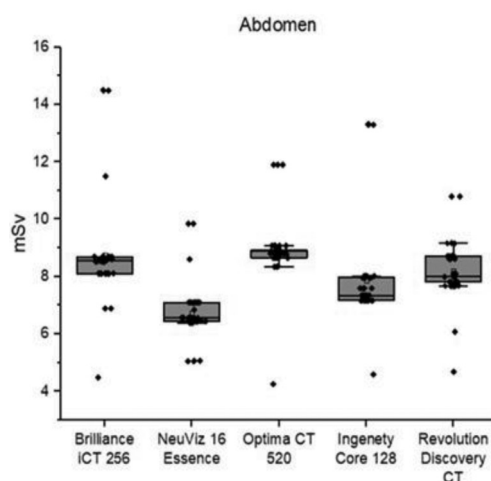
**Fig. 2.** Results of the distribution of effective doses received by patients when scanning the head area on various MSCT models  
[Рис. 2. Результаты распределения эффективных доз, полученных пациентами при сканировании области головы на различных моделях МСКТ]



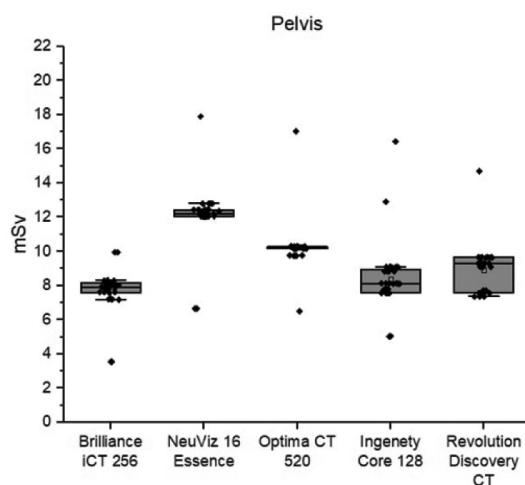
**Fig. 3.** Results of the distribution of effective doses received by when scanning the neck area on various models of MSCT  
[Рис. 3. Результаты распределения эффективных доз, полученных пациентами при сканировании области шеи на различных моделях МСКТ]



**Fig. 4.** Results of the distribution of effective doses received by patients when scanning the chest area on various models of MSCT  
 [Рис. 4. Результаты распределения эффективных доз, полученных пациентами при сканировании области грудной клетки на различных моделях МСКТ]



**Fig. 5.** Results of the distribution of effective doses received by patients when scanning the abdomen area on various models of MSCT  
 [Рис. 5. Результаты распределения эффективных доз, полученных пациентами при сканировании области живота на различных моделях МСКТ]



**Fig. 6.** Results of the distribution of effective doses received by patients when scanning the pelvis area on various models of MSCT  
 [Рис. 6. Результаты распределения эффективных доз, полученных пациентами при сканировании области малого таза на различных моделях МСКТ]

The radiation risks of patients were estimated based on the values of effective doses according to MR 2.6.1.0098-15 (RF)3. The results are presented in Table 5.

### Discussions

Currently, there are no typical protocols for conducting CT examinations in Uzbekistan. Specialists of medical centers use protocols recommended by manufacturers of CT devices. Table 3 presents the results of specific dosimetry indicators (CTDI and DLP), which were used to calculate the effective doses of patients when scanning various anatomical areas on multislice spiral computed tomographs using low-dose scanning protocols. Table 4 shows that when examining different areas of the body on the same tomograph, the patient receives different doses of radiation. Person receives the highest doses of radiation when examining the pelvic area. Such values were obtained on all computed tomographs participating in the research, except for the "Brilliance iCT 256" model, in which the maximum effective dose was observed during examination of the abdominal area. When examining the area of the abdomen, chest, neck, head, the radiation doses received by the patients decreased accordingly.

If we consider the radiation doses received by patients when examining the head area using various CT models, then the minimum and maximum values of effective doses were 0,9 and 2,4 mSv, neck areas – 1,0 and 4,2 mSv, chest – 4,1 and 16,1 mSv, abdomen – 4,3 and 14,5 mSv, small pelvis – 3,9 and 17,4 mSv. The values of effective doses received by patients during CT scanning of the same anatomical areas on different devices differ by 2,5 – 4,5 times.

The determination of significant differences between the samples was carried out using the nonparametric Mann-Whitney U test. The obtained values of the asymptotic significance in the samples are less than 0.05 ( $p < 0.05$ ), which indicates significant differences between the samples.

To maintain image quality during MSCT scanning of people with a larger body weight higher values of voltage or cur-

области шеи – 100 kV, 100 mAs, грудной клетки – 100 kV, 80 mAs, живота – 120 kV, 150 mAs, малого таза – 110 kV, 200 mAs. Сведения о CTDI и DLP представлены в таблице 3.

В таблице 4 приведены рассчитанные средние эффективные дозы пациентов со стандартными отклонениями для различных областей сканирования в зависимости от модели аппарата МСКТ.

При проверке распределений на нормальность по Колмогорову – Смирнову значения асимптотической значимости в выборках получались менее 0,05 ( $p < 0,05$ ). Данные расчеты позволяют сделать вывод о том, что распределение рассматриваемых выборок асимметричное, не подчиняется нормальному (Гауссовому) закону распределения и для анализа необходимо использовать непараметрические критерии статистики.

В наших исследованиях из методов графического анализа для проверки распределений на нормальность наиболее показательными оказались диаграммы Тьюки (Boxplot), которые опровергают гипотезу о нормальности распределений (выборок). Эти графики распределения эффективной дозы представлены на рисунках 2–6. По горизонтальной оси указаны модели устройств, по вертикальной – полученные значения эффективных доз. На основании полученных значений эффективных доз оценивали радиационные риски пациентов при однократном сканировании на компьютерном томографе согласно МР 2.6.1.0098-15 (РФ)3. Результаты представлены в таблице 5.

### Обсуждение

В настоящее время в РУЗ отсутствуют типичные протоколы проведения КТ-исследований. В медицинских организациях используются протоколы, рекомендованные производителем КТ-аппаратов. В таблице 3 представлены результаты специфических дозиметрических показателей (CTDI и DLP), которые использовались для

**Radiation risks of adult patients during multislice spiral computed tomography, depending on the scanning area and the computed tomograph model**

Table 5

[Таблица 5]

**Радиационные риски взрослых пациентов при мультисрезовой спиральной компьютерной томографии в зависимости от области сканирования и модели компьютерного томографа]**

| Scan area<br>[Область сканирования] | «Brilliance iCT 256»                                               | «NeuViz 16<br>Essence»                                             | «Optima CT 520»                                                    | «Ingenety Core<br>128»                                             | «Revolution<br>Discovery CT»                                       |
|-------------------------------------|--------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------|
| Head [Голова]                       | $10^{-5} - 10^{-3}$<br>(very low – low)<br>[очень низкий – низкий] | $10^{-5} - 10^{-3}$<br>(very low – low)<br>[очень низкий – низкий] | $10^{-5} - 10^{-3}$<br>(very low – low)<br>[очень низкий – низкий] | $10^{-5} - 10^{-3}$<br>(very low – low)<br>[очень низкий – низкий] | $10^{-5} - 10^{-3}$<br>(very low – low)<br>[очень низкий – низкий] |
| Neck [Шея]                          | $10^{-5} - 10^{-3}$<br>(very low – low)<br>[очень низкий – низкий] | $10^{-5} - 10^{-3}$<br>(very low – low)<br>[очень низкий – низкий] | $10^{-5} - 10^{-3}$<br>(very low – low)<br>[очень низкий – низкий] | $10^{-5} - 10^{-3}$<br>(very low – low)<br>[очень низкий – низкий] | $10^{-5} - 10^{-3}$<br>(very low – low)<br>[очень низкий – низкий] |
| Chest [Грудная клетка]              | $10^{-4} - 10^{-3}$<br>(low) [низкий]                              | $10^{-4} - 10^{-3}$<br>(low)<br>[низкий]                           | $10^{-4} - 10^{-3}$<br>(low) [низкий]                              | $10^{-4} - 10^{-3}$<br>(low) [низкий]                              | $10^{-4} - 10^{-3}$<br>(low)<br>[низкий]                           |
| Abdomen [Живот]                     | $10^{-4} - 10^{-3}$<br>(low) [низкий]                              | $10^{-4} - 10^{-3}$<br>(low)<br>[низкий]                           | $10^{-4} - 10^{-3}$<br>(low) [низкий]                              | $10^{-4} - 10^{-3}$<br>(low) [низкий]                              | $10^{-4} - 10^{-3}$<br>(low)<br>[низкий]                           |
| Pelvis [Малый таз]                  | $10^{-4} - 10^{-3}$<br>(low) [низкий]                              | $10^{-4} - 10^{-3}$<br>(low)<br>[низкий]                           | $10^{-4} - 10^{-3}$<br>(low) [низкий]                              | $10^{-4} - 10^{-3}$<br>(low) [низкий]                              | $10^{-4} - 10^{-3}$<br>(low)<br>[низкий]                           |

rent were used, depending on the technical capabilities of the devices, compared to patients with a lower body weight. Accordingly, this led to an increase in specific dosimetric parameters and effective dose. The X-ray capture area is larger in patients with larger body weight, so the effective dose is also higher.

Figure 7 shows the positive correlation dependence of effective doses on the patient's body weight.

One of the factors that determine the high values of radiation doses for patients is the length of the scan (the size of the anatomical region). Based on the definition of DLP, the correlation between these parameters will also be positive. At the next stages of our work, we plan to collect this data.

Figure 8 shows the results of the calculated mean effective doses for MSCT in comparison with similar values presented in the documents of the European Union (EU) [21], the National Radiation Protection Board of Great Britain (NRPB) [22] and with the proposed values of the diagnostic reference levels (RDU) St. Petersburg Research Institute of Radiation Hygiene (NIIRG) named after Professor P.V. Ramzaev RF [23,24]. The results of the average effective doses received by patients in this work are higher than in the EU, NRPB and are comparable with the RDU RF.

The obtained values of effective doses confirm the need for measures to optimize the radiation protection system: accounting and control of patient exposure doses, control of the justification for the appointment of CT studies, informing patients about possible radiation risks, development of CT scanning protocols taking into account the specifics of the study, annual quality control of X-ray equipment, professional development of personnel.

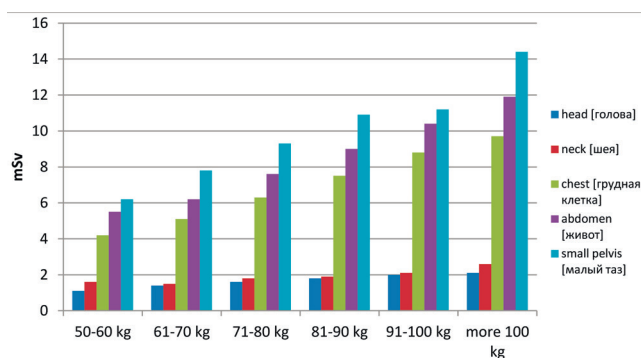
расчета эффективных доз пациентов при сканировании различных анатомических областей на многосрезовых спиральных компьютерных томографах с использованием низкодозовых протоколов сканирования. Таблица 4 показывает, что при обследовании различных участков тела на одном томографе пациент получает разные дозы облучения. Самые высокие дозы радиации пациент получает при обследовании области малого таза.

Такие значения были получены на всех компьютерных томографах, участвовавших в исследовании, за исключением модели «Brilliance iCT 256», в которой максимальная эффективная доза наблюдалась при обследовании области живота. При обследовании области живота, груди, шеи, головы получаемые пациентами дозы облучения уменьшались.

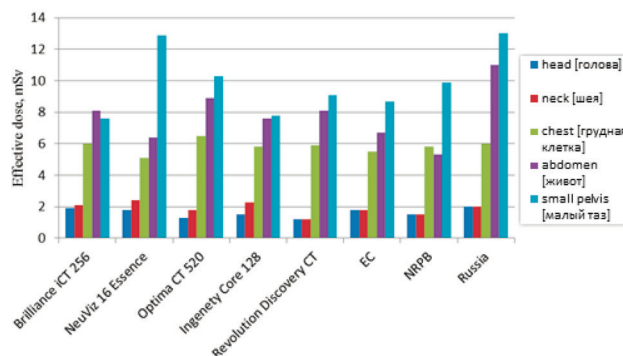
Если рассматривать дозы облучения пациентов, полученные на различных моделях КТ при обследовании области головы, то минимальные и максимальные значения эффективных доз составили 0,9 и 2,4 мЗв, области шеи – 1,0 и 4,2 мЗв, грудной клетки – 4,1 и 16,1 мЗв, брюшной полости – 4,3 и 14,5 мЗв, малого таза – 3,9 и 17,4 мЗв. Значения эффективных доз пациентов, полученных при сканировании одних и тех же анатомических областей на разных моделях МСКТ, различаются в 2,5–4,5 раза.

Определение значимых различий между выборками проводилось с помощью непараметрического U-критерия Манна – Уитни. Полученные значения асимптотической значимости в выборках меньше 0,05 ( $p < 0,05$ ), что свидетельствует о значимых различиях между выборками.

Для сохранения качества изображения во время МСКТ-исследования людей с большей массой тела ис-



**Fig. 7.** An increase of the effective dose of patients radiation in depending on the increase of their weight  
[Рис. 7. Увеличение эффективной дозы облучения пациентов в зависимости от увеличения их веса]



**Fig. 8.** Average values of effective doses during MSCT in comparison with similar data of the EU, NRPB, RF  
[Рис. 8. Средние значения эффективных доз при МСКТ в сравнении с аналогичными данными ЕС, Национального совета по радиологической защите Великобритании (NRPB), РФ]

## Conclusions

The results of the study showed that the effective doses differ significantly from each other depending on the anatomical area of study of the patients. A person receives the highest doses of radiation when examining the pelvic and abdominal area, and smaller ones when examining the head area.

The difference in the values of effective doses in the study of the same anatomical parts of the human body mainly depended on the weight of the patients, the length of the studied anatomical area, the model of the computer tomograph.

The lifetime risk of long-term stochastic consequences for the health of a patient from 18 to 65 years old during MSCT examination of the head and neck area is classified as very low (10<sup>-5</sup> – 10<sup>-4</sup>), of the chest, abdomen, pelvis area – as low (10<sup>-4</sup> – 10<sup>-3</sup>). These radiation risks are related to a single scan. In the case of double scans, the radiation risks become low and moderate (10<sup>-3</sup> – 3.10<sup>-3</sup>), respectively.

## References

1. Samei E, Pelc NJ. Computed Tomography: Approaches, Applications, and Operations. Springer: Switzerland; 2020. 469 p.
2. International Atomic Energy Agency. IAEA human health series № 19: Quality Assurance Programme for Computed Tomography: Diagnostic and Therapy Applications. IAEA: Vienna; 2012. 192 p.
3. Berkovich GV, Chipiga LA, Vodovatov AV, Trufanov GYe. Comparison of the different approaches to assessing the diagnostic quality of computed tomography of the chest organs. *Radiation diagnostics and therapy*. 2020; 11(3): 44-55. <https://doi.org/10.22328/2079-5343-2020-11-3-44-55> (In Russian).
4. Berkovich GV, Chipiga LA, Vodovatov AV, Silin AYU, Karatetsky AA, Trufanov GYe. Optimization of a low-dose chest scanning protocol in the diagnosis of ground-glass lesions using iterative reconstruction algorithms. *Luchevaya diagnostika i terapiya = Radiation diagnostics and therapy*. 2019;10(4): 20-32. <https://doi.org/10.22328/2079-5343-2019-10-4-20-32> (In Russian).
5. Kotlyarov PM, Sergeev NI, Solodkiy VA, Soldatov DG. Multislice computed tomography in early diagnosis of SARS-CoV-2 pneumonia. *Russian Pulmonology Journal*. 2020;30(5): 561-68. DOI: 10.18093/0869-0189-2020-30-5-561-568 (In Russian).
6. Kotlyarov PM. Post-processing processing of multispiral computed tomography data in the refined diagnosis of pathological changes in diffuse lung diseases. *Pulmonologiya = Pulmonology*. 2017;27(4): 472-477. DOI: 10.18093/0869-0189-2017-27-4-472-477 (In Russian).
7. Kotlyarov PM, Yudin AL, Georgiadi SG. Differential X-ray diagnostics of diffuse lung diseases. Part 2. *Медицинская визуализация = Medical imaging*. 2004; 1: 34-40 (In Russian).
8. Marusina MYa, Kaznacheeva AO. Modern types of tomography. Textbook. Saint Petersburg: St-Petersburg GU; 2006. 132 p. (In Russian).
9. European Commission. Radiation protection № 180 part, 1/2. Medical Radiation Exposure of the European Population. European Commission: Luxembourg; 2014. 181 p.
10. OECD Indicators. Health at a Glance 2019: OECD Indicators, OECD Publishing. Paris; 2019. 243 p.
11. Sources and effects of ionizing radiation. UNSCEAR Report. 2008;1: 32-34.
12. Golikov VYu, Chipiga LA, Vodovatov AV, Sarycheva SS. Additions and changes in the assessment of effective doses of external exposure to patients in medical research. *Radiatsionnaya Gygiena = Radiation Hygiene*. 2019;12(43): 120-132. <https://doi.org/10.21514/1998-426X-2019-12-3-120-132> (In Russian).

пользовались более высокие значения напряжения или силы тока в зависимости от технических возможностей КТ-аппаратов, чем для пациентов с меньшей массой тела. Соответственно, это приводило к увеличению специфических дозиметрических показателей и эффективной дозы. Поглощенная доза полных людей выше за счет большей площади захвата рентгеновских лучей, что также влияло на увеличение эффективной дозы.

На рисунке 7 показана положительная корреляционная зависимость эффективных доз от массы тела пациента.

Одним из факторов, обуславливающих высокие значения доз облучения пациентов, является длина сканирования (размер анатомической области). Исходя из определения DLP, корреляционная зависимость между этими показателями будет также положительной. На следующих этапах работы мы планируем сбор этих данных.

На рисунке 8 приведены результаты расчета средних эффективных пациентов при проведении МСКТ в сравнении с аналогичными значениями, представленными в документах Европейского Союза (ЕС) [21], Национального совета по радиологической защите Великобритании (NRPB) [22] и с предлагаемыми значениями референтных диагностических уровней (РДУ) Санкт-Петербургского научно-исследовательского института радиационной гигиены (НИИРГ) им. профессора П.В. Рамзаева [23, 24].

Результаты средних эффективных доз, полученных пациентами в этой работе, выше, чем в ЕС, НРПБ и соизмеримы с РДУ РФ.

Полученные значения эффективных доз подтверждают необходимость проведения мероприятий по оптимизации системы радиационной защиты: учет и контроль доз облучения пациентов, контроль обоснованности назначения МСКТ-исследований, индивидуальный подход к каждому пациенту, информирование о возможных радиационных рисках, разработка протоколов КТ-сканирования с учетом специфики исследования и с меньшей дозой облучения, ежегодный контроль качества рентгеновского оборудования, повышение квалификации персонала.

## Заклучение

Результаты исследования показали, что эффективные дозы существенно отличаются друг от друга в зависимости от анатомической области исследования пациентов. Наибольшие дозы облучения человек получает при обследовании области таза и живота, а меньшие – при обследовании области головы.

Разница в значениях эффективных доз при исследовании одних и тех же анатомических областей тела человека, в основном, зависела от веса пациентов, длины сканированной области, модели компьютерного томографа.

Пожизненный риск отдаленных стохастических последствий для здоровья пациента от 18 до 65 лет при МСКТ области головы и шеи классифицируется как очень низкий (10<sup>-5</sup>–10<sup>-4</sup>), грудной клетки, живота, малого таза – низкий (10<sup>-4</sup>–10<sup>-3</sup>). Эти радиационные риски связаны с одним сканированием. При двойном сканировании радиационные риски становятся низкими и умеренными (10<sup>-3</sup>–3,10<sup>-3</sup>) соответственно.

13. Kashcheev VV, Pryakhin YeA. Medical diagnostic exposure: the problem of radiation safety. *Radiatsiya i risk = Radiation and risk*. 2018;27(4): 49–64. DOI: 10.21870/0131-3878-2018-27-4-49-64 (In Russian).
14. Mattson S. Need for individual cancer risk estimates in X-ray and nuclear medicine imaging. *Radiation Protection Dosimetry*. 2016;169(1): 11–16. DOI: 10.1093/rpd/ncw034
15. Golikov VYu. Assessment of the risks of medical exposure based on the data of radiation-hygienic certification in the constituent entities of the Russian Federation. *Radiatsionnaya Gygiena = Radiation Hygiene*. 2015;8(4): 4–6 (In Russian).
16. Druzhinina PS, Chipiga LA, Ryzhkov SA, Vodovатов AV, Berkovich GV, et al. Modern approaches to ensuring the quality of diagnostics in computed tomography. *Radiatsionnaya Gygiena = Radiation Hygiene*. 2021;14(1):17–33. DOI: 10.21514/1998-426X-2021-14-1-17-33 (In Russian).
17. Chipiga LA. Comparison of calculated methods for determining effective and organ doses in patients with computed tomography studies. *Radiatsionnaya Gygiena = Radiation Hygiene*. 2017;10(1): 56–64. DOI: 10.21514/1998-426X-2017-10-1-56-64 (In Russian).
18. American Association of Physicists in Medicine. Performance of Evaluation of Computed Tomography Systems. The report of AAPM N233; 2019. 71 p.
19. International Atomic Energy Agency. Radiation Protection and Safety in Medical Uses of Ionizing Radiation. Specific Safety Guide №SSG-46. Vienna: IAEA; 2018. 318 p.
20. ICRP Publication №60 1990. Annals of the ICRP. The 1990 Recommendations of the International Commission on Radiological Protection.
21. EC. Radiation Protection 154. European guidance on estimating population doses from medical x-ray procedures. European Communities. Brussels, Luxembourg; 2008. P. 90–96.
22. NRPB. Shrimpton PC. Dose for computed tomography (CT). Examinations in UK – 2003 Review. Document NRPB-W67. Chilton; 2005:103–107.
23. Chipiga LA, Vodovатов AV, Golikov VYu, et al. Potential for the establishment of national CT diagnostic reference levels in the Russian Federation. Proceedings of International Conference on Radiation Protection in Medicine: Achieving Change in Practice. Vienne; 2017. IAEA, book of contributions. Available on: <https://www.iaea.org/sites/default/files/18/02/rpopsession2.pdf> [Accessed November 08, 2021].
24. Kanal KM, Butler PF, Sengupta D, Bhargavan-Chatfield M, Coombs LP, Morin RL. U.S. Diagnostic Reference Levels and Achievable Doses for 10 Adult CT Examinations. *Radiology*. 2017;284(1): 120–133.

Received: November 08, 2021

## Литература

1. Samei E., Pelc N.J. Computed Tomography: Approaches, Applications, and Operations. Springer: Switzerland, 2020. 469 p.
2. International Atomic Energy Agency. IAEA human health series № 19: Quality Assurance Programme for Computed Tomography: Diagnostic and Therapy Applications. IAEA: Vienna, 2012. 192 p.
3. Беркович Г.В., Чипига Л.А., Водоватов А.В., Труфанов Г.Е. Сравнение различных подходов к оценке диагностического качества компьютерной томографии органов грудной клетки // Лучевая диагностика и терапия. 2020. Т. 11, № 3. С. 44–55. <https://doi.org/10.22328/2079-5343-2020-11-3-44-55>.
4. Беркович Г.В., Чипига Л.А., Водоватов А.В., и др. Оптимизация низкодозового протокола сканирования органов грудной клетки в диагностике очагов по типу «матового стекла» с применением алгоритмов итеративных реконструкций // Лучевая диагностика и терапия. 2019. Т. 10, № 4. С. 20–32. <https://doi.org/10.22328/2079-5343-2019-10-4-20-32>.
5. Котляров П.М., Сергеев Н.И., Солодкий В.А., Солдатов Д.Г. Мультиспиральная компьютерная томография вранней диагностики пневмонии, вызванной SARS-CoV-2 // Russian Pulmonology Journal. 2020. Т. 30, № 5. С. 561–568. DOI: 10.18093/0869-0189-2020-30-5-561-568
6. Котляров П.М. Постпроцессинговая обработка данных мультиспиральной компьютерной томографии в уточненной диагностике патологических изменений при диффузных заболеваниях легких // Пульмонология. 2017. Т. 27, № 4. С. 472–477. DOI: 10.18093/0869-0189-2017-27-4-472-477.
7. Котляров П.М., Юдин А.Л., Георгиади С.Г. Дифференциальная рентгенодиагностика диффузных заболеваний легких. Часть 2 // Медицинская визуализация. 2004. № 1. С. 34–40.
8. Марусина М.Я., Казначеева А.О. Современные виды томографии. Учебное пособие. СПб: СПбГУ ИТМО, 2006. 132 с.
9. European Commission. Radiation protection № 180 part, 1/2. Medical Radiation Exposure of the European Population. European Commission: Luxembourg, 2014. 181 p.
10. OECD Indicators. Health at a Glance 2019: OECD Indicators, OECD Publishing. Paris, 2019. 243 p.
11. Sources and effects of ionizing radiation. UNSCEAR Report, 2008. No 1. P. 32–34.
12. Голиков В.Ю., Чипига Л.А., Водоватов А.В., Сарычева С.С. Дополнения и изменения в оценке эффективных доз внешнего облучения пациентов при медицинских исследованиях // Радиационная гигиена. 2019. Т. 12, № 43. С. 49–64. <https://doi.org/10.21514/1998-426X-2019-12-3-120-132>.
13. Кашеев В.В., Пряхин Е.А. Медицинское диагностическое облучение: проблема радиационной безопасности // Радиация и риск. 2018. Т. 27, № 4. С. 49–64. DOI: 10.21870/0131-3878-2018-27-4-49-64.
14. Mattson S. Need for individual cancer risk estimates in X-ray and nuclear medicine imaging // Radiation Protection Dosimetry. 2016. Vol. 169, No 1. P. 11–16. DOI: 10.1093/rpd/ncw034.
15. Голиков В.Ю. Оценка рисков медицинского облучения на основе данных радиационно-гигиенической паспортизации в субъектах Российской Федерации // Радиационная гигиена. 2015. Т. 8, № 4. С. 4–6.
16. Дружинина П.С., Чипига Л.А., Рыжков С.А., и др. Современные подходы к обеспечению качества диагностики в компьютерной томографии // Радиационная гигиена. 2021. Т. 14, № 1. С. 17–33. DOI: 10.21514/1998-426X-2021-14-1-17-33.
17. Чипига Л.А. Сравнение расчетных методов определения эффективной и органных доз у пациентов при компьютерно-томографических исследованиях // Радиационная гигиена. 2017. Т. 10, № 1. С. 56–64. DOI: 10.21514/1998-426X-2017-10-1-56-64.

18. American Association of Physicists in Medicine. Performance of Evaluation of Computed Tomography Systems // The report of AAPM N233. 2019. 71 p.
19. International Atomic Energy Agency. Radiation Protection and Safety in Medical Uses of Ionizing Radiation. Specific Safety Guide №SSG-46. Vienna: IAEA, 2018. 318 p.
20. ICRP Publication №60 1991. Annals of the ICRP. The 2007 Recommendations of the International Commission on Radiological Protection. Published for the International Commission on Radiological Protection by Elsevier.
21. EC. Radiation Protection 154. European guidance on estimating population doses from medical x-ray procedures. European Communities. Brussels, Luxembourg, 2008. P. 90-96.
22. NRPB. Shrimpton P.C. Dose for computed tomography (CT). Examinations in UK – 2003 Review. Document NRPB-W67. Chilton, 2005. P. 103-107.
23. Chipiga L.A., Vodovatov A.V., Golikov V.Yu., et al. Potential for the establishment of national CT diagnostic reference levels in the Russian Federation. Proceedings of International Conference on Radiation Protection in Medicine: Achieving Change in Practice. Vienne; 2017. IAEA, book of contributions. URL: <https://www.iaea.org/sites/default/files/18/02/rpopsession2.pdf> (Дата обращения: 08.11.2021).
24. Kanal K.M., Butler P.F., Sengupta D., et al. U.S. Diagnostic Reference Levels and Achievable Doses for 10 Adult CT Examinations // Radiology. 2017. Vol. 284, No 1. P. 120–133.

Поступила: 08.11.2021 г.

---

**Zaredinov Damir Arifovich** – DSc, professor, Chief radiologist of the Ministry of Health of the Republic of Uzbekistan. **Address for correspondence:** Navoi ul., 4, Shayxontoxurskiy rayon, Tashkent, Uzbekistan, 100004; E-mail: zda\_medic@mail.ru

**Marina V. Li** – PhD, head of the scientific research radiological laboratory of the Center for the development of professional qualifications of medical workers, Tashkent, Republic of Uzbekistan

**Адрес для переписки: Зарединов Дамир Арифович** – доктор медицинских наук, профессор, главный радиолог Министерства здравоохранения Республики Узбекистан. 100004, Узбекистан, Ташкент, Шайхонтохурский район, ул. Навои, 4; E-mail: zda\_medic@mail.ru

**Ли Марина Владимировна** – кандидат медицинских наук, руководитель научно-исследовательской радиологической лаборатории Центра развития профессиональной квалификации медицинских работников Министерства здравоохранения Республики Узбекистан, Ташкент, Республика Узбекистан

**For citation: Zaredinov D.A., Li M.V. Risk assessment based on effective patient radiation doses during multislice spiral computed tomography. *Radiatsionnaya Gygiena = Radiation Hygiene*. 2022. Vol. 15, No. 1, P. 68-79. DOI: 10.21514/1998-426X-2022-15-1-68-79**

**Для цитирования: Зарединов Д.А., Ли М.В. Оценка радиационных рисков облучения пациентов при проведении мультисрезовой спиральной компьютерной томографии на основе эффективных доз // Радиационная гигиена. 2022. Т. 15, № 1. С. 68-79. DOI: 10.21514/1998-426X-2022-15-1-68-79**