

Уровни облучения пациентов при проведении рентгеновской компьютерной томографии в медицинских организациях Санкт-Петербурга и Ленинградской области

А.А. Братилова, В.Ю. Голиков, С.А. Кальницкий

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

В г. Санкт-Петербурге и Ленинградской области в 2009–2012 гг. проведено выборочное региональное исследование уровней облучения взрослых пациентов при проведении рентгенологических диагностических процедур на 17 компьютерных томографах в 15 медицинских организациях. Собраны сведения о технических параметрах проведения рентгеновских компьютерно-томографических исследований, влияющих на уровень облучения пациента. Рассчитаны эффективные дозы при сканировании различных областей тела пациента (череп, грудная клетка, брюшная полость и таз). Их значения оказались в диапазоне от 0,2 мЗв до 31 мЗв за исследование. Наибольшие дозы наблюдались при исследованиях брюшной полости и таза. Наименьшие дозы были при рентгеновских компьютерно-томографических исследованиях черепа. По результатам обследования предложены предварительные значения референтных диагностических уровней для медицинских организаций г. Санкт-Петербурга и Ленинградской области. Эти значения определили как 75% квантиль распределения значений произведения дозы на длину сканирования. Значения референтных диагностических уровней, полученные в данной работе, оказались соизмеримыми в сравнении с соответствующими значениями, принятыми в настоящее время в зарубежной медицинской практике.

Ключевые слова: рентгенологические исследования, компьютерная томография, пациенты, радиационная защита, произведение дозы на длину сканирования, эффективная доза, референтные диагностические уровни.

Введение

Рентгеновская компьютерная томография (РКТ) является высокоинформативным методом лучевой диагностики [1]. Доля РКТ-исследований в рентгенодиагностике постоянно возрастает. За последние 10 лет их число в России возросло в три раза и достигло 6,5 млн исследований в год, что составляет порядка 3% от общего количества (рис. 1). Вклад в коллективную дозу медицинского облучения населения России от РКТ-исследований в 2013 г. составил 35% (рис. 2) [2].

Мировая практика показывает, что широкое использование данного метода диагностики приводит к суще-

ственному возрастанию уровня облучения пациентов [3]. В ряде стран (США, Япония) в настоящее время вклад медицинского облучения в суммарную дозу облучения населения впервые превысил вклад от природных источников излучения (табл. 1).

В связи с этим представляют значительный интерес абсолютные значения индивидуальных доз облучения пациентов при проведении РКТ-исследований, их разброс в различных медицинских организациях (МО), изучение причин которого, как правило, позволяет оптимизировать процедуры проведения РКТ-исследований.



Рис. 1. Число РКТ-исследований в России за последние несколько лет по данным Формы 3-ДОЗ (тыс. шт./год)

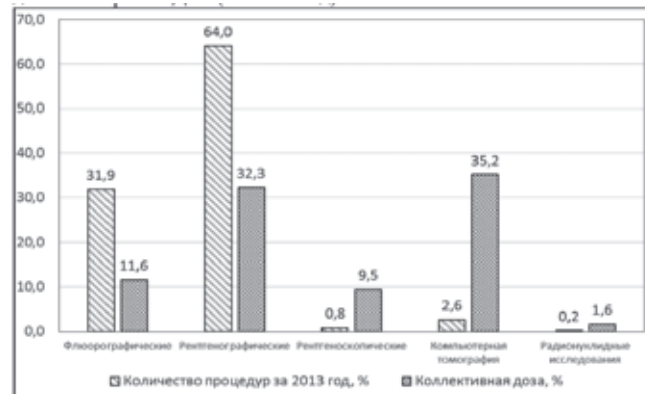


Рис. 2. Вклад различных видов рентгенологических исследований в количество процедур (%) и коллективную дозу в РФ в 2013 г. по данным Формы 3-ДОЗ

Таблица 1

Уровни облучения пациентов и населения от РКТ-исследований в разных странах в первой декаде 2000-х гг. [2, 3]

Страна	Население, млн человек	Число РКТ-процедур, ‰	СЭД*, мЗв/иссл.	СЭД, мЗв/чел.	Вклад медицинского облучения в суммарную годовую дозу, ‰
Россия	143	33	4,2	0,16	13
США	300	200	7,3	1,5	56
Япония	130	340	7,8	2,7	57
Германия	80	70	10	1,0	45
Англия	60	19	5,2	0,1	11

* СЭД – средняя эффективная доза.

Целями настоящей работы являлись:

- оценка и анализ доз облучения пациентов при проведении РКТ-исследований в медицинских организациях г. Санкт-Петербурга и Ленинградской области,
- сравнение уровней облучения пациентов при проведении РКТ-исследований между отдельными МО г. Санкт-Петербурга и Ленинградской области;
- рекомендация предварительных значений референтных диагностических уровней при проведении РКТ-исследований для медицинских организаций г. Санкт-Петербурга и Ленинградской области.

Материалы и методы

В 2009–2012 гг. в г. Санкт-Петербурге и Ленинградской области было проведено исследование уровней облучения пациентов при выполнении рентгенологических диагно-

стических процедур на 17 компьютерных томографах в 15 МО. Аппараты, участвовавшие в исследовании, были произведены в 1997–2010 гг., изготовлены фирмами Siemens, Toshiba и General Electric. По режиму сканирования томографы разделялись на спиральные и мультиспиральные (многосрезовые). Многосрезовый режим сканирования отличается от обычной спиральной компьютерной томографии количеством одновременно сканирующих спиралей – по определению два или более. Распределение аппаратов по технологии сканирования представлено в таблице 2.

Технические параметры РКТ-исследования, влияющие на дозу облучения взрослых пациентов, определялись на основании протоколов исследований и опроса рентгенологов. Количество исследований с оцененными параметрами и подразделением их на области сканирования тела пациента указано в таблице 3.

Таблица 2

Характеристика томографов в МО г. Санкт-Петербурга и Ленинградской области, участвовавших в исследовании

№	МО	Изготовитель	Модель аппарата	Режим сканирования
1	СПб ГУЗ «Городская больница № 26»	Toshiba (Япония)	Aquilion	16
2	МЦ «Адмиралтейские верфи»	General Electric (США)	LightSpeed Plus	4
3	СПб ГУЗ «Мариинская больница»	Siemens (Германия)	Somatom Emotion	16
4	Ленинградская областная клиническая больница	General Electric (США)	ProSpeed	2
5	ФГУ «Федеральный центр сердца, крови и эндокринологии им. В.А. Алмазова»	Siemens (Германия)	Somatom Definition	128
6	СПб ГУЗ «Покровская больница»	Siemens (Германия)	Somatom AR-SP	1
7	Городской клинический онкологический диспансер	Siemens (Германия)	Somatom Duo	2
8	Елизаветинская больница	Toshiba (Япония)	Toshiba Aquilion	16
9	МУЗ «Выборгская городская больница»	General Electric (США)	Bright Speed Elite	16
10	Городская поликлиника № 60, г. Пушкин	Toshiba (Япония)	Aquilion	1
11	СПб ГУЗ «Больница №2»	Siemens (Германия)	Somatom Emotion	16
12	СПбГМА им. И.И. Мечникова	Toshiba (Япония)	Aquilion	64
13	ФГУ «Консультативно-диагностический центр с поликлиникой»	Siemens (Германия)	Somatom Sensation	16
14	Госпиталь ветеранов войн	Philips	Philips Электрон	16
15	Военно-медицинская академия имени С.М. Кирова, КТ № 1	Siemens (Германия)	Somatom Emotion Duo	2
16	Военно-медицинская академия имени С.М. Кирова, КТ № 2	Toshiba (Япония)	Toshiba Aquilion	64
17	Военно-медицинская академия имени С.М. Кирова, КТ № 3	Toshiba (Япония)	Toshiba Aquilion	16

Таблица 3

Количество РКТ-исследований с их подразделением на области сканирования тела взрослых пациентов в МО г. Санкт-Петербурга и Ленинградской области, участвовавших в исследовании

№	МО	Область исследования					Общее количество
		Брюшная полость	Грудная клетка	Таз и бедро	Череп	Шея	
1	СПб ГУЗ «Городская больница № 26»	30	30	7	30	5	102
2	МЦ «Адмиралтейские верфи»	28	32	26	45	–	131
3	СПб ГУЗ «Мариинская больница»	12	12	–	11	–	35
4	Ленинградская областная клиническая больница	17	25	23	15	3	83
5	ФГУ «Федеральный центр сердца, крови и эндокринологии им. В.А. Алмазова»	6	30	5	31	1	73
6	СПб ГУЗ «Покровская больница»	17	3	2	20	–	42
7	Городской клинический онкологический диспансер	16	29	6	16	11	78
8	Елизаветинская больница	–	–	–	20	–	20
9	МУЗ «Выборгская городская больница»	16	20	7	30	6	79
10	Городская поликлиника № 60, г. Пушкин	10	10	6	10	–	36
11	СПб ГУЗ «Больница № 2»	19	13	7	5	–	44
12	СПбГМА им. И.И. Мечникова	40	16	20	13	6	95
13	ФГУ «КДЦ с поликлиникой»	9	21	6	22	–	58
14	Госпиталь ветеранов войн	10	12	4	15	4	45
15	Военно-медицинская академия имени С.М. Кирова, КТ № 1	37	16	–	18	1	72
16	Военно-медицинская академия имени С.М. Кирова, КТ № 2	11	12	2	10	4	39
17	Военно-медицинская академия имени С.М. Кирова, КТ № 3	21	12	5	11	2	51
	Всего	300	294	126	322	43	1085

Основными дозиметрическими параметрами при проведении РКТ- исследования являются:

1. Компьютерно-томографический индекс дозы (Computed Tomography Dose Index) CTDI(мГр) – служит мерой поглощенной дозы излучения за один оборот рентгеновской трубки и является непосредственно измеряемым дозиметрическим параметром при РКТ-исследовании. Значение CTDI определяется техническими параметрами протокола РКТ-исследования (сила тока и напряжение в рентгеновской трубке, время ротации, коллимация среза), конструктивными особенностями сканера и не зависит от характеристик пациента [4].

2. Произведение дозы на длину сканирования (Dose Length Product) DLP(мГр·см) является мерой поглощенной дозы излучения за все РКТ-исследование с учетом длины сканируемой области тела пациента и количества сканирований. DLP является расчетным параметром от CTDI.

3. Эффективная доза E(мЗв) служит мерой биологического риска облучения. Позволяет проводить сравнение с дозой облучения пациентов при других видах рентгенодиагностических исследований. При РКТ-исследованиях является расчетным параметром от DLP.

Эффективные дозы облучения пациентов при проведении РКТ-исследований рассчитывались согласно МУ 2.6.1.2944-11[5].

Результаты и обсуждение

По результатам проведенного обследования были определены значения CTDI, DLP и E при проведении РКТ-исследований в различных МО г. Санкт-Петербурга и Ленинградской области.

На рисунках 3–6 представлены результаты сравнения оцененных на основе протоколов РКТ-исследований средних значений эффективной дозы в МО г. Санкт-Петербурга и Ленинградской области при сканировании различных областей тела пациента с аналогичными значениями, представленными в методических рекомендациях (МР) по заполнению статистической формы 3-ДОЗ [6]. При том что значения из МР по заполнению статистической формы 3-ДОЗ выше средних значений по г. Санкт-Петербургу и Ленинградской области, на практике для отдельных МО отмечаются превышения значений, указанных в МР, при сканировании брюшной полости, таза и черепа (в 17% случаев). Поэтому важно при оформлении формы 3-ДОЗ использовать реальные значения эффективных доз, оцененные на основе МУ 2.6.1.2944-11, а не использовать усредненные значения из МР по заполнению статистической формы 3-ДОЗ.

Следует также отметить, что вариабельность значений эффективной дозы при сканировании одинаковых областей тела пациента в различных МО достигает коэффициента 20, что связано в первую очередь с различиями протоколов РКТ-исследований в разных МО.

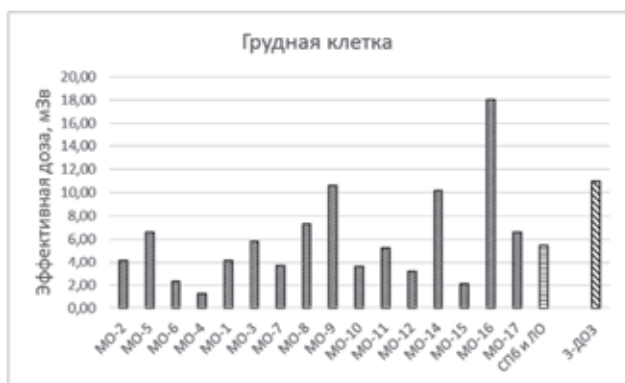


Рис. 3. Значения средней эффективной дозы при проведении РКТ-исследований грудной клетки в МО г. Санкт-Петербурга и Ленинградской области (для сравнения приведены аналогичные значения из МР по заполнению статистической формы 3-ДОЗ) (мЗв)

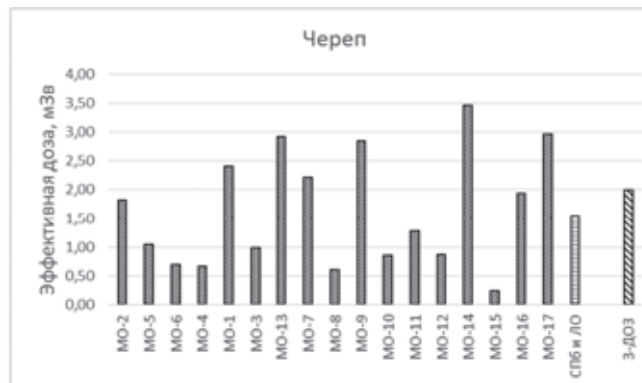


Рис. 4. Значения средней эффективной дозы при проведении РКТ-исследований черепа в МО г. Санкт-Петербурга и Ленинградской области (для сравнения приведены аналогичные значения из МР по заполнению статистической формы 3-ДОЗ) (мЗв)



Рис. 5. Значения средней эффективной дозы при проведении РКТ-исследований брюшной полости в МО г. Санкт-Петербурга и Ленинградской области (для сравнения приведены аналогичные значения из МР по заполнению статистической формы 3-ДОЗ) (мЗв)

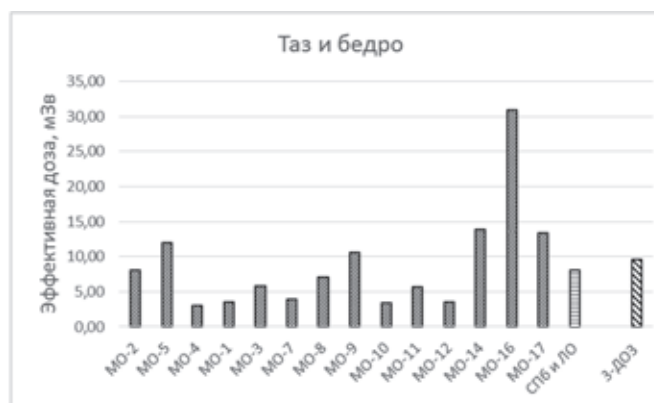


Рис. 6. Значения средней эффективной дозы при проведении РКТ-исследований таза в МО г. Санкт-Петербурга и Ленинградской области (для сравнения приведены аналогичные значения из МР по заполнению статистической формы 3-ДОЗ) (мЗв)

В таблице 4 представлены результаты сравнения средних значений CTDI, DLP и E при сканировании различных областей тела пациента в МО г. Санкт-Петербурга и Ленинградской области с аналогичными значениями, представленными в документах Европейского союза (ЕС) [7] и Национального комитета по радиационной защите Великобритании (NRPB) [8].

Средние значения исследуемых дозиметрических параметров в МО г. Санкт-Петербурга и Ленинградской области соответствуют среднеевропейским, наблюдавшимся в начале 2000-х гг. (см. табл. 4).

Однако это не отменяет необходимости оптимизации уровней облучения пациентов, тем более в свете грядущего увеличения числа РКТ-исследований в РФ.

Оптимизация проведения радиологических исследований, в частности, достигается путем внедрения

в практику концепции референтных диагностических уровней (РДУ), а также использования системы обеспечения качества медицинских процедур [9–11]. Такой подход показал свою высокую эффективность в зарубежных странах [12], разработан для рентгенографических исследований в отечественной практике [13] и нуждается в скорейшем внедрении при проведении РКТ-исследований. Контрольные уровни при проведении отдельных типов медицинских диагностических исследований представляют собой рекомендованные значения измеряемых на практике величин – томографический дозовый индекс, произведение дозы на длину. Эти значения относятся к однородным группам пациентов и широкому набору типов оборудования. Их численные значения, как правило, определяются на основании изучения статистического распределения.

Таблица 4

Средние значения (\pm ошибка среднего) CTDI, DLP и E для различных РКТ-исследований в МО г. Санкт-Петербурга и Ленинградской области в сравнении с аналогичными зарубежными данными

Область исследования	Параметр, единица измерения	Средние значения (\pm ошибка среднего), г. Санкт-Петербург и Ленинградская область	ЕС [7]	NRPB [8]
Череп	CTDI, мГр	55 \pm 2	–	56
	DLP, мГр \times см	670 \pm 28,7	787	690
	E, мЗв	1,54 \pm 0,1	1,8	1,5
Грудная клетка	CTDI, мГр	11,5 \pm 0,7	–	10
	DLP, мГр \times см	320 \pm 16	324	400
	E, мЗв	5,5 \pm 0,3	5,5	5,8
Брюшная полость	CTDI, мГр	19,2 \pm 1,3	–	12
	DLP, мГр \times см	523 \pm 29	449	350
	E, мЗв	7,9 \pm 0,4	6,7	5,3
Таз	CTDI, мГр	19,5 \pm 1,2	–	10
	DLP, мГр \times см	420 \pm 31	–	670
	E, мЗв	8,0 \pm 0,6	8,7	9,9

РДУ – это установленный уровень выбранного дозиметрического показателя при проведении диагностических исследований пациентов стандартного размера (веса) с помощью распространенного оборудования. РДУ служат критерием для оценки того, не является ли уровень облучения пациентов существенно большим или меньшим, чем это нужно для получения необходимой диагностической информации. Если обнаруживается, что установленное значение РДУ для рентгенологической процедуры систематически превышает в каком-либо рентгеновском кабинете, тогда необходимо провести локальное исследование с целью выяснения условий проведения процедуры и состояния оборудования в этом рентгеновском кабинете и принятия соответствующих корректирующих мер. Таким образом, установленное значение РДУ отражает состояние медицинской практики с точки зрения радиационной безопасности пациентов в МО региона.

Полученные в ходе обследования значения дозиметрических параметров позволили предварительно оценить РДУ для отдельных областей сканирования при проведении РКТ-исследований в регионе. По результатам обследования значения РДУ определяли как 75% квантиль распределения значений DLP, как это принято в мировой практике [14]. Результаты оценок приведены в таблице 5. Следует отметить, что значения РДУ в терминах DLP, полученные в данной работе, оказались соизмеримыми или даже меньшими по сравнению с соответствующими значениями, принятыми в настоящее время в Европе и в мире, что говорит об удовлетворительном в целом состоянии медицинской практики в отношении радиационной защиты пациента при проведении РКТ-исследований в г. Санкт-Петербурге и Ленинградской области.

Таблица 5

Значение 75% квантиля распределения значений DLP (РДУ) при различных РКТ-исследованиях в г. Санкт-Петербурге и Ленинградской области в сравнении с аналогичными зарубежными данными

Область исследования	г. Санкт-Петербург и Ленинградская область	МАГАТЭ [16]	ЕС [15]	NRPB [8]
Череп	1040	1050	1050	930
Грудная клетка	390	650	650	580
Брюшная полость	700	800	780	470
Таз	590	600	570	560

Еще раз подчеркнем, что уровни облучения пациентов при проведении РКТ-исследований достаточно высоки. Значения эффективной дозы по сравнению с рутинными методами получения изображения (рентгенография) в 10 и более раз выше (до 60 раз при сканировании грудной клетки). Поэтому при массовом применении данного метода диагностики следует ожидать значительного увеличения лучевой нагрузки на пациентов и население, как это произошло в ряде зарубежных стран. В связи с этим необходимым условием широкого внедрения данного метода лучевой диагностики в медицинскую практику должно стать снижение дозы облучения пациента в рамках процедуры оптимизации условий проведения исследований. Единственным способом ограничения и снижения дозы пациентов является использование принципа оптимизации облучения и, в частности, референтных диагностических уровней [13]. Такой подход показал свою эффективность в зарубежных странах, нашел применение в отечественной практике и нуждается во внедрении [11].

Заключение

В г. Санкт-Петербурге и Ленинградской области в 2009–2012 гг. на основе протоколов проведения РКТ-исследований на 17 компьютерных томографах и результатов опроса врачей-рентгенологов собраны и проанализированы материалы, касающиеся дозиметрических показателей проведения РКТ-исследований и рассчитаны эффективные дозы при сканировании различных областей тела пациента (череп, грудная клетка, брюшная полость и таз).

Рассчитанные средние значения эффективных доз за исследование оказались в диапазоне от 0,2 мЗв до 31 мЗв. Наибольшие дозы наблюдались при исследовании брюшной полости и таза, наименьшие – при исследовании черепа. Средние значения исследуемых дозиметрических параметров (CTDI, DLP, эффективная доза) в МО г. Санкт-Петербурга и Ленинградской области, как правило, соответствуют аналогичным значениям, установленным в Европе.

По результатам обследования предложены предварительные значения РДУ для МО г. Санкт-Петербурга и Ленинградской области. Эти значения определили как 75% квантиль распределения значений DLP. Значения РДУ в терминах DLP, полученные в данной работе, оказались соизмеримыми в сравнении с соответствующими значениями, принятыми в настоящее время в зарубежной медицинской практике.

Благодарность

Авторы статьи благодарят Комитет здравоохранения Правительства Санкт-Петербурга за помощь в доступе в МО, администрации и медицинских работников всех МО, предоставивших данные о технических параметрах проведения РКТ- исследований.

Литература

1. Календер, В. Компьютерная томография. – М.: Техносфера, 2006. – 344 с.
2. Барышков, Н.И. Дозы облучения населения Российской Федерации в 2012 г. : справочник / Н.И.Барышков, А.А. Братилова, Т.А. Кормановская [и др.]. – СПб., 2013. – 68 с.

3. United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation United Nations (UNSCEAR UN). Sources and Effects of Ionizing Radiation. UNSCEAR 2008 Report, Volume I, Annex A. – NY: United Nations, 2010. – 220 p.
4. ICRP. Managing patient dose in computed tomography. Publication ICRP 87 // Ann. ICRP. – 2000. – V. 30 (4)
5. Методические указания. Контроль эффективных доз облучения пациентов при проведении медицинских рентгенологических исследований (МУ 2.6.1.2944-11) – М.: Роспотребнадзор, 2011. – 32 с.
6. Методические рекомендации. Заполнение форм федерального государственного статистического наблюдения № 3-ДОЗ. – М.: Роспотребнадзор, 2007. – 23 с.
7. EC. Radiation Protection 154. European guidance on estimating population doses from medical x-ray procedures. European Communities. – Brussels, Luxembourg, 2008. – P. 90–96.
8. NRPB. Shrimpton, P.C. Dose for computed Tomography (CT). Examinations in UK – 2003 Review / P.C. Shrimpton – Document NRPB-W67. Chilton, 2005. – P. 103–107.
9. Council Directive 97/43/EURATOM of 30 June 1997 on health protection of individuals against the dangers of ionising radiation in relation to medical exposure // Official Journal of the European Commission. – No L 180. – P. 6.
10. Радиологическая защита при медицинском облучении ионизирующим излучением : руководство по безопасности № RS-G-1.5. – Вена: МАГАТЭ, 2004. – 75 с.
11. Guidance on Diagnostic Reference Levels (DRLs) for Medical Exposures. Radiation Protection 109. Directorate-General, Environment, Nuclear Safety and Civil Protection. – European Commission, 1999.
12. EC. Radiation Protection 118. Referral guidelines for imaging. European Communities. – Brussels, Luxembourg, 2001. – 160 p.
13. Методические рекомендации. Применение референтных диагностических уровней для оптимизации радиационной защиты пациента в рентгенологических исследованиях общего назначения (MP-2.6.1.0066-12). – М., 2012. – 25 с.
14. EC. European guidelines on quality criteria for computed tomography, Report EUR 16262 EN. European Commission. – Brussels, Luxembourg, 1999. – P. 107–114.
15. Требования безопасности: Радиационная защита и безопасность источников излучения. Международные основные нормы безопасности. Серия изданий МАГАТЭ по безопасности № 115. – Вена, 2011

A.A. Bratilova, V.Yu. Golikov, S.A. Kalnitsky

Exposure levels of patients during computed tomography in medical organizations of Saint-Petersburg and leningrad region

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

Abstract. Were carried out the selective investigation of the adult patients exposure levels during radiological diagnostic procedures with the use of 17 CT scanners in 15 medical organizations of Saint-Petersburg and Leningrad region in 2009–2012. We collected the data on technical parameters of the X-ray computed tomography examinations affecting the level of patient exposure. The effective doses were calculated for scanning of different areas of the patient's body (skull, thorax, abdomen and pelvis). Their mean values were in the range from 0,2 mSv to 31 mSv per examination. The highest doses were observed during the investigation of the abdomen and pelvis. Preliminary values of diagnostic reference levels are proposed for medical organizations of Saint-Petersburg and Leningrad region on the basis of investigation results. These values are defined as the 75% quantile in the distribution of dose length product values. Diagnostic reference levels values obtained in the investigation are comparable with the corresponding values currently accepted in the foreign medical practice.

Key words: radiological examinations, computed tomography, patients, radiation protection, dose length product, effective dose, diagnostic reference levels.

А.А. Братилова
E-mail: bratilova@gmail.com

Поступила: 25.08.2014 г.