

Анализ уровней облучения взрослых пациентов при проведении наиболее распространенных рентгенографических исследований в Российской Федерации в 2009–2014 гг.

А.В. Водоватов, В.Ю. Голиков, С.А. Кальницкий, И.Г. Шацкий, Л.А. Чипига

Санкт-Петербургский научно-исследовательский институт радиационной гигиены имени профессора П.В. Рамзаева, Федеральная служба по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека, Санкт-Петербург, Россия

Референтные диагностические уровни являются одним из основных и наиболее эффективных инструментов оптимизации защиты пациентов от медицинского облучения. Для установления референтных диагностических уровней необходимо провести сбор исходной информации для оценки распределений доз облучения пациентов в выбранной дозовой величине для выбранных рентгено-радиологических исследований. Целью данной работы являлась оценка параметров распределений стандартных эффективных доз пациентов от 13 наиболее распространенных рентгенографических исследований. Материалы и методы: данные были собраны в 203 рентгеновских кабинетах в 101 медицинской организации в шести регионах Российской Федерации в период 2009–2014 гг. Был использован дифференцированный подход к сбору исходных данных для определения стандартной эффективной дозы в зависимости от технологии получения рентгеновского изображения. Эффективные дозы определялись с использованием программного обеспечения «EDEREX» (Россия). Результаты и обсуждение: результаты анализа собранных данных указывают на отсутствие значимых различий между региональными распределениями стандартных эффективных доз для большинства рентгенографических исследований, что позволяет проводить анализ общей (объединенной) выборки. Для всех 13 выбранных рентгенографических исследований отношения максимальной стандартной эффективной дозы к минимальной составляют вплоть до двух порядков величины. Причинами аномально высоких стандартных эффективных доз являются выполнение рентгенографических исследований на высоких значениях экспозиции (150–600 мАс) и максимальных размерах полей облучения (до 40×40 см). Исключение значений стандартных эффективных доз ниже 5% и выше 95% перцентилей распределения позволит снизить среднюю стандартную эффективную дозу для каждого рентгенографического исследования вплоть до 30%; 75% перцентиль распределения стандартной эффективной дозы – вплоть до 15%. Для общей выборки отсутствуют достоверные различия между распределениями аналоговых и цифровых рентгеновских аппаратов по стандартным эффективным дозам для всех рентгенографических исследований, за исключением исследования органов грудной клетки в задне-передней проекции. Выводы: все данные обстоятельства необходимо учитывать при установлении и применении региональных и национальных референтных диагностических уровней, а также при прогностической оценке эффективности проведения оптимизационных мероприятий в рентгенографии.

Ключевые слова: оптимизация, эффективная доза, рентгенографические исследования, пациент.

Введение

Основными принципами радиационной защиты пациентов от медицинского облучения являются обоснование проведения исследования и оптимизация защиты пациента. Одним из основных инструментов оптимизации защиты пациента является использование референтных диагностических уровней (РДУ) [1–3]. РДУ для выбранного исследования – установленное значение выбранной дозовой величины (произведения

дозы на площадь (ПДП), входной дозы (ВД) или эффективной дозы (ЭД)), численно равное определенному перцентилю распределения рентгеновских кабинетов по данной дозовой величине для отдельного региона или страны.

Неотъемлемым этапом установления РДУ является сбор информации, позволяющей оценить распределение СЭД в рентгеновских кабинетах (аппаратах) для выбранных РРИ. Сбор соответствующих данных

Водоватов Александр Валерьевич

Санкт-Петербургский научно-исследовательский институт радиационной гигиены имени профессора П.В. Рамзаева.
Адрес для переписки: 197101, Россия, Санкт-Петербург, ул. Мира, д. 8. E-mail: vodovatoff@gmail.com

должен проводиться по единой методике в репрезентативном количестве медицинских организаций (МО).

Для характеристики дозовых нагрузок пациентов от выбранного РРИ в данном рентгеновском кабинете используется стандартная доза (СД). СД является основой для установления РДУ для выбранного РРИ как определенного перцентиля распределения рентгеновских аппаратов по СД в выбранной дозовой величине. Согласно МР 2.6.1.0066-12 «Применение референтных диагностических уровней для оптимизации радиационной защиты пациента в рентгенологических исследованиях общего назначения» и [2], СД – средняя доза у взрослых пациентов обоего пола с массой тела 70±3 кг при проведении выбранного РРИ в типовом режиме работы данного рентгеновского аппарата с типовым протоколом его выполнения. Для первого установления РДУ в Российской Федерации целесообразно ограничиться определением стандартной дозы в величине эффективной дозы (СЭД) [2].

Цель исследования – оценка параметров распределения СЭД в рентгеновских кабинетах при проведении наиболее распространенных рентгенографических исследований с использованием аналоговых и цифровых рентгеновских аппаратов в различных регионах Российской Федерации.

Материалы и методы

Для оценки уровней облучения пациентов в период 2009–2014 г. были выбраны наиболее распространенные рентгенографические исследования, вклад которых в коллективную дозу от всей рентгенографии в Российской Федерации [4], по данным формы 3-ДОЗ* за 2014 г., составлял 75%. Их перечень представлен в таблице 1.

Параметры проведения рентгенографических исследований и эффективные дозы пациентов определяли в период с 2009 по 2014 г. в МО шести регионов Российской Федерации: г. Санкт-Петербурге, Архангельской, Белгородской, Брянской, Мурманской и Тюменской областях [5]. Информация о сроках и объемах сбора данных представлена в таблице 2.

Выбранные рентгенографические исследования

Таблица 1

[Table 1

Selected radiographic examinations]

Область исследования [Anatomic region]	Проекция ¹ [Projection ¹]	Вклад в коллективную дозу от рентгенографии, % ² [Contribution to the collective dose from radiography, % ²]
Череп [Skull]	ПЗ, Б [AP, Lat]	3%
Органы грудной клетки (ОГК) [Chest]	ЗП, Б [PA, Lat]	17%
Ребра [Ribs]	ПЗ [AP]	4%
Шейный отдел позвоночника (ШОП) [Cervical spine (CS)]	ПЗ, Б [AP, Lat]	4%
Грудной отдел позвоночника (ГОП) [Thoracic spine (TS)]	ПЗ, Б [AP, Lat]	7%
Пояснично-крестцовый отдел позвоночника (ПОП) [Lumbar spine (LS)]	ПЗ, Б [AP, Lat]	21%
Таз [Pelvis]	ПЗ [AP]	7%
Брюшная полость (БП) [Abdomen]	ПЗ [AP]	12%

¹ ПЗ – передне-задняя проекция; ЗП – задне-передняя проекция; Б – боковая проекция

² По данным формы 3-ДОЗ за 2014 г.

[¹AP – anterior-posterior projection; PA – postero-anterior projection. Lat – lateral projection;

²according to data from the 3-DOZ form for 2014].

* Заполнение форм федерального государственного статистического наблюдения №3-ДОЗ. Методические рекомендации № 0100/1659-07-26. М.: Роспотребнадзор, 2007. 23 с. [Results of the radiation-hygienic passportisation in different subjects of Russian Federation in 2014: Radiation-hygienic passport of Russian Federation. M.: Federal center of hygiene and epidemiology of Rospotrebnadzor, 2015. 134 p. (In Russ.)]

Таблица 2

Сроки и объемы сбора данных в регионах РФ

[Table 2]

Overall information on dose surveys in Russian Federation]

Регион [Region]	Число МО [Number of hospitals]	Число обследованных аппаратов [Number of surveyed X-ray units]						Итого [Total]
		2009	2010	2011	2012	2013	2014	
Санкт-Петербург [St-Petersburg]	48	17	35	33	25	15	–	125
Архангельская область [Arkhangelsk region]	17	–	–	20	–	–	–	20
Белгородская область [Belgorod region]	8	–	–	–	–	–	17	17
Брянская область [Bryansk region]	9	–	–	–	12	5	–	17
Мурманская область [Murmansk region]	11	–	–	–	12	–	–	12
Тюменская область [Tumen region]	8	–	–	–	12	–	–	12
Итого [Total]	101	17	35	53	61	20	17	203

Для каждого рентгеновского аппарата была получена следующая описательная информация:

- состояние на момент сбора данных (марка аппарата, производитель, год выпуска, год капитального ремонта, тип приемника рентгеновского изображения и его характеристики, наличие клинического дозиметра);
- технические характеристики (радиационный выход, толщина полной фильтрации, характеристики отсеивающей решетки);
- параметры проведения рентгенографических исследований.

Сбор параметров проведения рентгенографических исследований осуществляли следующими способами [2, 5]:

1. Для аналоговых рентгеновских аппаратов, работающих без автоматического контроля экспозиции, данные собирали путем анкетирования персонала рентгеновского кабинета (рентген-лаборантов и врачей-рентгенологов). Для каждого вида исследований фиксировали один режим, соответствующий стандартным пациентам-нормостеникам с массой тела 70 ± 3 кг [2, 8].

2. Для аналоговых и цифровых аппаратов, работающих с автоматическим контролем экспозиции, без доступа к электронной базе рентгеновских снимков и данных пациентов, данные собирали путем анкетирования персонала рентгеновских кабинетов (рентген-лаборантов и врачей-рентгенологов) и регистрации индивидуальных параметров проведения исследований для 10–20 стандартных пациентов-нормостеников или 30–50 пациентов без учета их индивидуальных антропометрических особенностей [2, 8]. В последнем случае стандартные режимы проведения исследований и стандартные значения ПДП определяли как средние значения для выборки.

3. Для цифровых рентгеновских аппаратов, работающих с автоматическим контролем экспозиции, с возмож-

ностью доступа к электронной базе данных пациентов, последние экспортировали из базы за текущий год для 50–100 пациентов без учета их индивидуальных антропометрических особенностей с предварительной анонимизацией. Стандартные режимы проведения исследований и стандартные значения ПДП определяли как средние значения для выборки.

В процессе сбора данных текущее качество рентгеновского изображения не оценивали и полагали удовлетворительным для постановки диагноза.

ЭД вычисляли для каждого пациента с использованием ПО «EDEREX» (Россия) [6] для взрослого фантома с использованием взвешивающих коэффициентов из 60 Публикации МКРЗ. Для определения эффективной дозы использовали следующие исходные данные:

- анодное напряжение на рентгеновской трубке, кВ;
- толщину и материал полной фильтрации пучка рентгеновского излучения (мм Al и/или Cu);
- значение экспозиции (мАс) и радиационный выход рентгеновского аппарата;
- произведение дозы на площадь, сГр·см²;
- расстояние от фокуса рентгеновской трубки до приемника рентгеновского изображения, см.;
- проекция и размер поля облучения (высота и ширина поля на приемнике рентгеновского изображения), см·см.

СЭД для данного исследования в рентгеновском кабинете определялась как среднее значение из распределения ЭД пациентов или для среднего режима проведения данного исследования для аналоговых аппаратов без автоматического контроля экспозиции [2, 8].

Статистическая обработка собранных данных была выполнена с использованием программного обеспечения «Statistica 10» (Россия). Проверка гипотезы о нормальном распределении выборок проводилась с использованием

тестов Колмогорова – Смирнова (с поправкой на значимость Лиллефорса) и Шапиро – Вилка [7]. Распределения стандартных эффективных доз сравнивались с помощью однофакторного дисперсионного анализа с использованием критериев Краскелла – Воллиса и медианного теста [7]. При подтверждении различий между выборками в дальнейшем проводилось попарное сравнение выборок с использованием теста Манна – Уитни [7]. Для всех тестов различия считались статистически значимыми при $p < 0,05$.

В качестве дополнительной характеристики выборок стандартных эффективных доз для каждого рентгенографического исследования использовалось отношение максимальной стандартной эффективной дозы к минимальной, $O_{m/m}$, рассчитанное с использованием следующего выражения:

$$O_{m/m} = \frac{СЭД_{\max}}{СЭД_{\min}}$$

где:

$O_{m/m}$ – отношение максимальной стандартной эффективной дозы к минимальной стандартной эффективной дозе для выбранного рентгенографического исследования для региональной или общей выборок;

$СЭД_{\max}$ – максимальное значение стандартной эффективной дозы для выбранного рентгенографического исследования для региональной или общей выборок;

$СЭД_{\min}$ – минимальное значение стандартной эффективной дозы для выбранного рентгенографического исследования для региональной или общей выборок.

Результаты и обсуждение

Для полученных распределений рентгеновских кабинетов по значениям СЭД для региональных выборок была выполнена проверка гипотезы о нормальном распределении выборок с целью выбора дальнейших методов статистического анализа. Результаты тестов для всех рентгенографических исследований для всех регионов свидетельствуют о явно выраженном отклонении от нормальной формы распределений ($p < 0,05$). Полученные распределения лучше всего описываются логнормальной функцией. Результаты тестов подтверждают нормальность распределений логарифмов доз для всех видов исследований ($p < 0,05$).

Для большинства видов исследований как медианный тест, так и однофакторный дисперсионный анализ показали отсутствие статистически значимых различий между региональными выборками, что позволило использовать для дальнейшего анализа объединенную (общую) выборку. Статистически значимые различия были выявлены для исследований органов грудной клетки в задне-передней проекции, шейного отдела позвоночника в передне-задней и боковой проекциях, грудного отдела позвоночника в передне-задней проекции в Архангельской, Брянской и Мурманской областях [5]. Данные различия предположительно обусловлены малыми размерами выборок (12–20 рентгеновских аппаратов) и наличием аномально высоких доз. Тем не менее, в дальнейшем проводили анализ общей выборки. Результаты описательной статистики для общей выборки представлены в таблице 3.

Таблица 3

Описательная статистика для общей выборки рентгеновских аппаратов

[Table 3

Descriptive statistics for the pooled sample of X-ray units]

Область исследования [Anatomic region]	Число рентгеновских аппаратов [Number of X-ray units]	Стандартная ЭД, мЗв [Typical effective dose, mSv]					$O_{m/m}$ ¹ [R _{m/m}]
		Среднее [Mean]	Медиана [Median]	Минимум [Minimum]	Максимум [Maximum]	75% перцентиль [75% percentile]	
Череп ПЗ [Skull AP]	167	0,07	0,05	0,005	0,35	0,09	70
Череп Б [Skull Lat]	157	0,03	0,02	0,003	0,16	0,04	64
ОГК ЗП [Chest PA]	189	0,10	0,05	0,008	1,6	0,10	200
ОГК Б [Chest Lat]	162	0,19	0,10	0,010	4	0,18	400
Ребра ПЗ [Ribs AP]	138	0,33	0,23	0,010	1,7	0,42	170
ШОП ПЗ [CS AP]	173	0,08	0,05	0,004	0,63	0,11	158
ШОП Б [CS Lat]	159	0,06	0,04	0,005	0,32	0,07	64
ГОП ПЗ [TS AP]	163	0,39	0,22	0,024	4	0,44	167
ГОП Б [TS Lat]	155	0,29	0,19	0,015	1,9	0,34	127
ПОП ПЗ [LS AP]	172	0,66	0,45	0,077	3,7	0,86	48
ПОП Б [LS Lat]	158	0,72	0,49	0,060	6,7	0,87	112
БП ПЗ [Abdomen AP]	123	0,80	0,50	0,05	6,7	0,96	134
Таз ПЗ [Pelvis AP]	159	0,74	0,52	0,03	5,2	0,86	173

¹ Отношение максимальной стандартной эффективной дозы к минимальной
[Ratio of maximum typical effective dose to minimum typical effective dose]

Примеры распределений рентгеновских кабинетов по СЭД для исследования органов грудной клетки в задне-передней проекции и исследования пояснично-крестцового

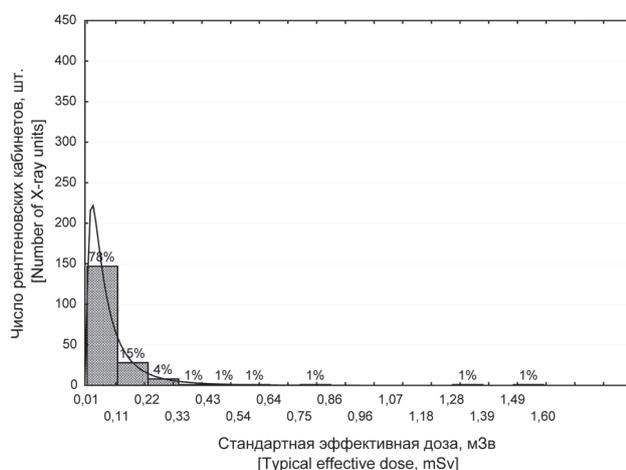


Рис. 1. Распределение рентгеновских аппаратов по СЭД, мЗв, для исследования органов грудной клетки в задне-передней проекции

[Fig. 1. Typical effective dose distribution for the pooled sample for the examination of chest in PA projection, mSv]

отдела позвоночника в передне-задней проекции для общей выборки представлены на рисунках 1 и 2 соответственно. Гистограммы представлены с логнормальной аппроксимацией.

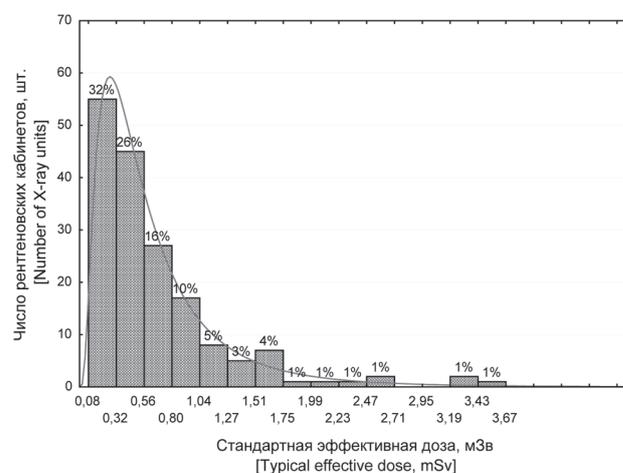


Рис. 2. Распределение рентгеновских аппаратов по СЭД, мЗв, для исследования пояснично-крестцового отдела позвоночника в передне-задней проекции

[Fig. 2. Typical effective dose distribution for the pooled sample for the examination of lumbar spine in AP projection, mSv]

Значения $O_{m/m}$ свидетельствуют о наличии существенных (от 50 до 400 раз) различий в средних уровнях облучения пациентов для выбранных видов исследований в различных рентгеновских кабинетах. Наибольшие различия наблюдаются для исследования ОГК в прямой и боковой проекциях; наименьшие – для исследования ПОП в передней проекции. Экстремальные значения $O_{m/m}$ обусловлены наличием устаревших рентгеновских аппаратов, техниче-

ские характеристики которых изменились с течением времени. Дополнительными причинами являются выполнение рентгенографических исследований с использованием высоких значений экспозиции (150–600 мАс) и максимальными размерами поля облучения (до 40×40 см). Пример распределений СЭД пациентов для исследования органов грудной клетки в задне-передней проекции с отмеченными выбросами представлен на рисунке 3.

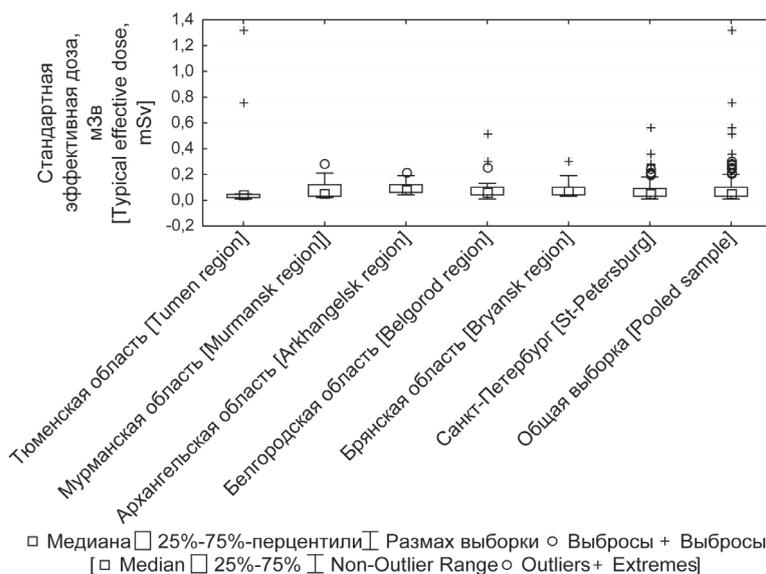


Рис. 3. Распределения СЭД пациентов для исследования органов грудной клетки в задне-передней проекции для региональных и общей выборки

[Fig. 3. Typical effective dose distributions for the regional and pooled samples for the examination of chest in PA projection, mSv]

$O_{m/m}$ в 200 раз для этого исследования обусловлено наличием 12 рентгеновских аппаратов с аномально высокими дозами (выбросами). Аналогично объясняются причины разброса доз и для других видов исследований.

В таблице 4 представлены значения $O_{m/m}$, средние значения и 75% перцентили распределений СЭД пациентов до и после исключения из общей выборки аппаратов с СЭД менее 1% и более 99% перцентилей; менее 5% и более 95% перцентилей.

Как следует из таблицы 4, устранение 1% рентгеновских аппаратов с самыми высокими и низкими дозами приведет к снижению $O_{m/m}$ в полтора – два раза; 5% аппаратов – к снижению $O_{m/m}$ в 6–12 раз по сравнению с ис-

ходной выборкой. Снижение средних значений распределений СЭД составит 3–13% и 10–29% при устранении 1% и 5% рентгеновских аппаратов с самыми высокими и низкими дозами соответственно. При этом 75% перцентили распределений СЭД пациентов изменятся менее значительно; при устранении 5% рентгеновских аппаратов с самыми высокими и низкими дозами снижение составит от 1% до 15%.

Рентгеновские кабинеты с аномально высокими и низкими СЭД нецелесообразно исключать из общей статистики. После проведения сбора данных и установления РДУ именно в этих кабинетах в первую очередь должно быть проведено расследование причин выбросов СЭД.

Таблица 4

Сравнение $O_{m/m}$, средних значений и 75% перцентилей распределений СЭД пациентов для выбранных рентгенографических исследований до и после устранения экстремальных значений

[Table 4

Comparison of $R_{m/m}$, means and 75% percentiles of typical effective dose distributions for the selected radiographic examinations before and after removing the outliers]

Область исследования [Anatomic region]	Общая выборка до устранения выбросов [Pooled sample before removing the outliers]			Общая выборка после устранения выбросов менее 1% и более 99% перцентилей [Pooled sample after removing the outliers lower than 1% and higher than 99% percentile]			Общая выборка после устранения выбросов менее 5% и более 95% перцентилей [Pooled sample after removing the outliers lower than 5% and higher than 95% percentile]		
	$O_{m/m}^1$ [Rm/m]	Среднее [Mean]	75% перцентиль [75%-percentile]	$O_{m/m}^1$ [Rm/m]	Среднее [Mean]	75% перцентиль [75% percentile]	$O_{m/m}^1$ [Rm/m]	Среднее [Mean]	75% перцентиль [75% percentile]
Череп ПЗ [Skull AP]	70	0,07	0,09	62	0,07	0,09	16	0,06	0,08
Череп Б [Skull Lat]	64	0,03	0,04	54	0,03	0,04	18	0,03	0,04
ОГК ЗП [Chest PA]	200	0,10	0,10	132	0,09	0,10	21	0,08	0,09
ОГК Б [Chest Lat]	400	0,19	0,18	153	0,16	0,18	30	0,13	0,17
Ребра ПЗ [Ribs AP]	170	0,33	0,42	52	0,33	0,41	17	0,30	0,40
ШОП ПЗ [CS AP]	158	0,08	0,11	83	0,08	0,11	22	0,07	0,09
ШОП Б [CS Lat]	64	0,06	0,07	50	0,05	0,06	17	0,05	0,06
ГОП ПЗ [TS AP]	167	0,39	0,44	54	0,37	0,43	24	0,31	0,40
ГОП Б [TS Lat]	127	0,29	0,34	66	0,28	0,33	24	0,25	0,31
ПОП ПЗ [LS AP]	48	0,66	0,86	37	0,65	0,85	12	0,58	0,78
ПОП Б [LS Lat]	112	0,72	0,87	92	0,69	0,87	17	0,60	0,85
БП ПЗ [Abdomen AP]	134	0,80	0,96	53	0,76	0,95	18	0,67	0,87
Таз ПЗ [Pelvis AP]	173	0,74	0,86	75	0,72	0,85	22	0,65	0,82

¹Отношение максимальной стандартной эффективной дозы к минимальной
[Ratio of maximum typical effective dose to minimum typical effective dose]

При невозможности провести коррекцию режимов проведения рентгенографических исследований необходимо рассмотреть возможность замены рентгеновского аппарата на современный. Как следует из сравнения средних значений выборок до и после устранения выбросов, устранение причин выбросов позволит снизить среднее значение СЭД на 10–30% (см. табл. 4).

Для всех рентгенографических исследований были также проанализированы распределения СЭД с целью выявления различий между параметрами распределений для аналоговых и цифровых рентгеновских аппаратов. Анализ проводился с использованием однофакторного дисперсионного анализа с использованием критериев Краскелла – Воллиса и медианного теста. Результаты описательной статистики распределений стандартных СЭД для аналоговых и цифровых рентгеновских аппаратов для общей выборки представлены в таблице 5.

Достоверные различия ($p < 0,05$) между распределениями СЭД для цифровых и аналоговых аппаратов для общей выборки были обнаружены только для исследо-

вания ОГК в ЗП проекции. Медианы и 75% квантили распределений стандартных ЭД для всех исследований для аналоговых аппаратов превышают аналогичные значения для цифровых аппаратов не более чем на 40% (около 20% для большинства исследований). Минимальные значения СЭД наблюдаются в равной мере как для цифровых, так и для аналоговых аппаратов. Максимальные значения СЭД для ряда исследований (брюшная полость, таз), проводимых на цифровых аппаратах, превышают таковые для аналоговых аппаратов. Таким образом, можно сделать вывод о незначительном влиянии технологии получения изображения (выполнения рентгенографического исследования на цифровом или аналоговом оборудовании) на СЭД пациентов в указанный период времени в обследованных МО.

Заключение

В работе проведен сбор исходных данных и определены значения СЭД при выполнении наиболее распространенных рентгенографических исследований у взрос-

Таблица 5

Результаты анализа стандартных эффективных доз для цифровых и аналоговых рентгеновских аппаратов для общей выборки

[Table 5]

Comparison of typical effective dose distributions for analogue and digital X-ray units]

Область исследования [Anatomic region]	Число аппаратов [Number of X-ray units]		Среднее [Mean]		Медиана [Median]		Минимум [Minimum]		Максимум [Maximim]	
	Ц [D]	A [A]	Ц [D]	A [A]	Ц [D]	A [A]	Ц [D]	A [A]	Ц [D]	A [A]
Череп ПЗ [Skull AP]	48	119	0,07	0,07	0,05	0,06	0,01	0,01	0,34	0,35
Череп Б [Skull Lat]	45	112	0,03	0,03	0,02	0,02	0,003	0,003	0,15	0,16
ОГК ЗП [Chest PA]	56	133	0,08	0,11	0,05	0,06	0,01	0,01	0,52	1,60
ОГК Б [Chest Lat]	50	112	0,15	0,21	0,07	0,11	0,02	0,01	1,53	4,02
Ребра ПЗ [Ribs AP]	42	96	0,29	0,35	0,23	0,23	0,03	0,01	1,35	1,74
ШОП ПЗ [CS AP]	53	120	0,08	0,08	0,05	0,05	0,01	0,004	0,63	0,33
ШОП Б [CS Lat]	46	113	0,05	0,06	0,03	0,04	0,01	0,01	0,32	0,30
ГОП ПЗ [TS AP]	48	115	0,36	0,40	0,17	0,25	0,02	0,04	4,00	2,01
ГОП Б [TS Lat]	44	111	0,26	0,30	0,16	0,20	0,03	0,02	1,31	1,89
ПОП ПЗ [LS AP]	52	120	0,69	0,65	0,42	0,48	0,11	0,08	3,67	3,28
ПОП Б [LS Lat]	48	110	0,71	0,72	0,49	0,49	0,06	0,07	6,42	6,71
БП ПЗ [Abdomen AP]	35	88	0,88	0,77	0,38	0,52	0,05	0,09	6,71	4,48
Таз ПЗ [Pelvis AP]	49	110	0,72	0,75	0,46	0,55	0,06	0,03	5,19	3,74

Ц – цифровые рентгеновские аппараты; А – аналоговые рентгеновские аппараты.

[D – digital X-ray units; A – analogue X-ray units].

лых пациентов в шести регионах Российской Федерации. Собранные данные позволили определить эффективные дозы у пациентов с учетом параметров проведения рентгенографических исследований и физико-технических параметров аппаратуры. Использование единого подхода к определению эффективных доз пациентов обеспечивает их репрезентативность и достоверность.

Анализ региональных распределений рентгеновских аппаратов по значениям СЭД свидетельствует о их явно выраженном отклонении от нормальной формы распределения. Распределения лучше всего описываются лог-нормальной функцией. Сравнение региональных выборок показало отсутствие значимых различий в параметрах распределения СЭД между регионами для большинства исследований.

Для выбранных рентгенографических исследований отношения максимальной стандартной эффективной дозы к минимальной составляют вплоть до двух порядков величины. Устранение значений СЭД ниже 5% и выше 95% перцентилей распределения позволит снизить среднюю СЭД вплоть до 30%; 75% перцентиль распределения СЭД – вплоть до 15%.

Анализ общей выборки показал, что в настоящее время отсутствуют значимые различия между значениями СЭД для цифровых и аналоговых рентгеновских аппаратов для всех выбранных рентгенографических исследований.

Данные обстоятельства необходимо учитывать при установлении и применении региональных и национальных РДУ, а также при прогностической оценке эффективности проведения оптимизационных мероприятий в рентгенографии.

Литература

1. Вишнякова, Н.М. Методические аспекты установления референтных диагностических уровней облучения взрослых пациентов при рентгенологических исследованиях / Н.М. Вишнякова [и др.] // Вестник Российской Военно-медицинской академии. – 2010. – № 1 (29). – С. 96–102.
2. Водоватов, А.В. Практическая реализации концепции референтных диагностических уровней (РДУ) для оптимизации защиты пациентов при проведении стандартных рентгенографических исследований / А.В. Водоватов // Радиационная гигиена. – 2017. – Т. 10, №1. – С. 47–55.
3. ICRP, 201x. Diagnostic Reference Levels in Medical Imaging. ICRP Publication 1XX Ann. ICRP 4X(X-X). [http://www.icrp.org/docs/C3WPDRLDraftForPublicConsultation\(011116\).pdf](http://www.icrp.org/docs/C3WPDRLDraftForPublicConsultation(011116).pdf) (дата обращения: 04.08.2017).
4. Репин, В.С. Дозы облучения населения Российской Федерации по итогам функционирования ЕСКИД в 2002–2015 гг.: информ. сборник / В.С. Репин [и др.]. – СПб.: НИИРГ, 2015. – 40 с.
5. Vodovatov A.V., Balonov M.I., Golikov V.Yu. [et. al.] Proposals for the establishment of national diagnostic reference levels for radiography for adult patients based on regional dose surveys in Russian Federation. Rad. Prot. Dosim, 2017, Vol. 173, № 1-3, pp. 223-232.
6. Голиков, В.Ю. Оценка эффективных доз облучения пациентов при проведении рентгенологических исследований / В.Ю. Голиков [и др.] // Сборник научных трудов «Радиационная гигиена». – СПб., 2003. – С. 75–88.
7. Петри, А. Наглядная медицинская статистика / А. Петри, К. Сэбин; перевод с англ., под ред. В.П. Леонова. – 2-е изд. – М.: ГЭОТАР-Медиа, 2010. – 168 с.
8. Водоватов, А.В. Новый подход к определению стандартного пациента для оптимизации защиты пациентов от медицинского облучения / А.В. Водоватов, И.Г. Камышанская, А.А. Дроздов // Радиационная гигиена. – 2014. – Т. 7, № 4. – С. 104–116.

Поступила: 08.08.2017 г.

Водоватов Александр Валерьевич – научный сотрудник Санкт-Петербургского научно-исследовательского института радиационной гигиены имени профессора П.В. Рамзаева Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека. Адрес для переписки: 197101, Россия, Санкт-Петербург, ул. Мира, д. 8; E-mail: vodovatoff@gmail.com

Голиков Владислав Юрьевич – старший научный сотрудник Санкт-Петербургского научно-исследовательского института радиационной гигиены имени профессора П.В. Рамзаева Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека, Санкт-Петербург, Россия

Кальницкий Сергей Анатольевич – ведущий научный сотрудник Санкт-Петербургского научно-исследовательского института радиационной гигиены имени профессора П.В. Рамзаева Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека, Санкт-Петербург, Россия

Шацкий Илья Геннадьевич – научный сотрудник Санкт-Петербургского научно-исследовательского института радиационной гигиены имени профессора П.В. Рамзаева Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека, Санкт-Петербург, Россия

Чипига Лариса Александровна – инженер-исследователь Санкт-Петербургского научно-исследовательского института радиационной гигиены имени профессора П.В. Рамзаева Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека, Санкт-Петербург, Россия

Для цитирования: Водоватов А.В., Голиков В.Ю., Кальницкий С.А., Шацкий И.Г., Чипига Л.А. Анализ уровней облучения взрослых пациентов при проведении наиболее распространенных рентгенографических исследований в Российской Федерации в 2009–2014 гг. // Радиационная гигиена. – 2017. – Т. 10, № 3. – С. 66–75. DOI: 10.21514/1998-426X-2017-10-3-66-75

Evaluation of levels of exposure of adult patients from common radiographic examinations in the Russian Federation in 2009–2014

Alexandr V. Vodovатов, Vladislav Yu. Golikov, Sergey A. Kalnitsky, Ilya G. Shatsky, Larisa A. Chipiga

Saint-Petersburg Research Institute of Radiation Hygiene after Professor P.V. Ramzaev, Federal Service for Surveillance on Consumer Rights Protection and Human Well-Being, Saint-Petersburg, Russia

Diagnostic reference levels are the main and the most effective tools of optimization of the radiation protection of patients from medical exposure. Diagnostic reference levels should be established based on the results of dedicated dose surveys, allowing evaluating typical patient dose distributions in a selected dose quantity for the selected X-ray examinations. The aim of the current study was to assess the distributions of typical effective doses in representative Russian regions. Materials and methods: Typical patient effective doses for the 13 most common radiographic X-ray examinations were collected in 203 X-ray rooms in 101 hospitals in six regions of Russian Federation in 2009–2014. A differentiated approach was used for the estimation of the typical effective doses depending on the image acquisition technology. Effective doses were estimated using «EDEREX» (Russia) computational software. Results and discussion: Results of the dose data analysis indicate the lack of significant differences between the distributions of the typical effective doses between the selected regions, allowing merging the regional samples and further evaluating the pooled (joint) sample. A significant ratio of maximum to minimum (up to two orders of magnitude) due to a presence of X-ray units with abnormally high and low typical effective doses was observed for all 13 selected X-ray examinations. Abnormally high typical effective doses can be explained by performing the examinations using high values of tube current-time product (150–600 mAs) on a maximum field size (up to 40 × 40 cm). Removal of the typical effective doses below 5%-percentile and above 95%-percentile of typical effective dose distributions for all examinations would result in a reduction of a mean effective dose by up to 30% and reduction of a 75%-percentile of the distributions by up to 15%. No significant differences between the distributions of TED for analogue and digital X-ray units were observed for the pooled sample for selected examinations except for the examination of the chest in posterior-anterior projection. Conclusions: These results should be considered in the process of establishing and implementing DRLs as well as in the cost-benefit analysis of the optimization in radiography.

Key words: optimization, effective dose, radiography, patient.

References

- Vishnyakova N.M. [et al.] Methodical aspects of establishment of diagnostic reference levels for radiography for adult patients. *Vestnik Rossiyskoy Voenno-meditsinskoy akademii* = News of Russian Military Medical Academy, 2010, № 1 (29), pp. 96–102. (In Russian).
- Vodovатов A. V. Practical implementation of diagnostic reference levels (DRLs) concept for the common radiographic examinations. *Radiatsionnaya Gygiena = Radiation Hygiene*, 2017, Vol. 10, № 1, pp. 47–55. (In Russian).
- ICRP, 201x. Diagnostic Reference Levels in Medical Imaging. ICRP Publication 1XX Ann. ICRP 4X(X-X). – Available on: [http://www.icrp.org/docs/C3WPDRLDraftForPublicConsultation\(011116\).pdf](http://www.icrp.org/docs/C3WPDRLDraftForPublicConsultation(011116).pdf) (Accessed: 04.08.2017).
- Repin V.S. [et al.] Doses to the public of Russian Federation based on the ESKID results in 2002–2015. *Informatsionnyy sbornik = Information bulletin*. St-Petersburg, 2015, 40 p. (In Russian).
- Vodovатов A.V., Balonov M.I., Golikov V.Yu. [et. al.] Proposals for the establishment of national diagnostic reference levels for radiography for adult patients based on regional dose surveys in Russian Federation. *Rad. Prot. Dosim*, 2017, Vol. 173, № 1–3, pp. 223–232.
- Golikov V.Yu. [et al.] Assessment of effective doses of patients from diagnostic X-ray examinations. *Proceedings «Radiation Hygiene»*. St-Petersburg, 2003, pp. 75–88. (In Russian).
- Petrie A., Sabin C. *Medical Statistics at a Glance*. Moscow, GEOTAR-Media, 2010, 168 p. (In Russian).
- Vodovатов A.V., Kamysanskaya I.G., Drozdov A.A. New approach for the determination of the standard patient to be used for optimization of the medical exposure protection. *Radiatsionnaya Gygiena = Radiation Hygiene*, 2014, Vol.7, No 4, pp. 104–116. (In Russian).

Received: August 08, 2017

For correspondence: Aleksandr V. Vodovатов – Research scientist, Saint-Petersburg Research Institute of Radiation Hygiene after Professor P.V. Ramzaev, Federal Service for Surveillance on Consumer Rights Protection and Human Well-Being (Mira Str., 8, St. Petersburg, 197101, Russia; E-mail: vodovatoff@gmail.com)

Alexandr V. Vodovатов

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

Address for correspondence: Mira str., 8, Saint-Petersburg, 197101, Russia; E-mail: vodovatoff@gmail.com

Vladislav Yu. Golikov – Senior Researcher of Saint-Petersburg Research Institute of Radiation Hygiene after Professor P.V. Ramzaev, Federal Service for Surveillance on Consumer Rights Protection and Human Well-Being, Saint-Petersburg, Russia

Sergey A. Kalnitsky – Leading Researcher of Saint-Petersburg Research Institute of Radiation Hygiene after Professor P.V. Ramzaev, Federal Service for Surveillance on Consumer Rights Protection and Human Well-Being, Saint-Petersburg, Russia

Ilya G. Shatsky – Researcher of Saint-Petersburg Research Institute of Radiation Hygiene after Professor P.V. Ramzaev, Federal Service for Surveillance on Consumer Rights Protection and Human Well-Being, Saint-Petersburg, Russia

Larisa A. Chipiga – Engineer researcher of Saint-Petersburg Research Institute of Radiation Hygiene after Professor P.V. Ramzaev, Federal Service for Surveillance on Consumer Rights Protection and Human Well-Being, Saint-Petersburg, Russia

For citation: Vodovatov A.V., Golikov V.Yu., Kalnitsky S.A., Shatsky I.G., Chipiga L.A. Evaluation of levels of exposure of adult patients from common radiographic examinations in the Russian Federation in 2009–2014. Radiatsionnaya gygiena = Radiation Hygiene, 2017, Vol. 10, No. 3, pp. 66-75. (In Russian) DOI: 10.21514/1998-426X-2017-10-3-66-75