АНАЛИЗ И ИНТЕРПРЕТАЦИЯ ЭФФЕКТИВНЫХ ДОЗ МЕДИЦИНСКОГО ОБЛУЧЕНИЯ ПО РЯЗАНСКОЙ ОБЛАСТИ

А.В. Алехнович[1], Н.А. Акопова[1], Ю.В. Дружинина[1], Е.П. Ермолина[1], С.В. Логинова[1], В.И.Чередникова[2]

[1] Российская медицинская академия непрерывного профессионального образования Минздрава России, Москва

[2] Управление Роспотребнадзора по Рязанской области, Рязань

Проведен анализ эффективных доз облучения пациентов с целью оптимизации лучевых нагрузок путем установления референсных диагностических уровней на уровне одного из субъектов Российской Федерации. Исследования проводились в период 2016–2018 гг. в 15 медицинских организациях Рязанской области на 40 рентгенодиагностических аппаратах общего назначения, из которых 22 представлены стационарными и 18 передвижными установками. Все аппараты работали в режиме рентгенографии. Для анализа взята выборка рентгенологических исследований пациентов старше 19 лет. Определение эффективных доз проведено в соответствии с Методическими указаниями МУ 2.6.1.2944-11 “Контроль эффективных доз облучения пациентов при проведении медицинских рентгенологических исследований”. Оценка доз была основана на использовании измеренных величин радиационного выхода рентгеновского излучателя. По результатам измерений и расчетов проведен анализ эффективных доз, получаемых при рентгенографии на стационарных и передвижных аппаратах в зависимости от режима исследования и модели аппарата, типа аппарата, срока эксплуатации, для нескольких наиболее распространенных режимов исследования. Результаты показали, что эффективные дозы облучения пациентов существенно зависят от типа аппарата и выбранного режима исследования. Сравнение доз при одинаковых исследованиях, проведенных на различных аппаратах, не выявило четкой корреляции между эффективными дозами облучения пациентов и сроком эксплуатации рентгенодиагностического аппарата. Для дальнейшей оптимизации лучевых нагрузок на пациента были получены значения референсных диагностических уровней для большинства используемых процедур в Рязанской области на стационарных рентгенодиагностических аппаратах общего назначения. Данная работа может рассматриваться как этап на пути оптимизации медицинского облучения посредством установления региональных, а затем и национальных референсных диагностических уровней.

Ключевые слова: *медицинское облучение, пациенты, эффективная доза, референсный диагностический уровень, рентгенодиагностический аппарат*

Введение

Медицинское диагностическое облучение пациентов требует детального обоснования процедур, оптимизации их проведения для защиты пациента. Для реализации этих принципов необходима достоверная информация о лучевых нагрузках пациентов. За последние десятилетия силами специалистов Санкт-Пе-

тербургского НИИ радиационной гигиены имени профессора П.В. Рамзаева (СПб НИИРГ) [1–3], кафедры радиационной гигиены РМАНПО [4, 5] и других организаций [6] проделана большая работа по оптимизации радиационной защиты пациентов при рентгенодиагностических исследованиях. Созданы и аккредитованы испытательные лаборатории и лабораторные центры, налажена их работа по контролю эксплуатационных параметров рентгеновских аппаратов, оценке лучевых нагрузок пациентов.

В настоящее время действует ряд нормативно-методических документов, в которых приводятся рекомендации и/или методики по определению лучевой нагрузки пациента [7–13].

Мерой риска возникновения отдаленных последствий облучения всего тела человека и отдельных его органов и тканей с учетом их радиочувствительности является эффективная доза. При расчете ее значения нужно учитывать технические характеристики рентгеновской аппаратуры, геометрические и дозиметрические характеристики рентгенологического исследования.

Одним из направлений по оптимизации медицинского облучения является внедрение в практику рентгенологии, в том числе в нашей стране, референсных диагностических уровней [3, 14–16].

В Швеции РДУ установлены для рентгенологических исследований общего назначения у взрослых: грудной клетки, коронарной ангиографии, урографии с бариевой клизмой, поясничного отдела позвоночника, таза. Во Франции установлены РДУ для 9 типов рентгенографии общего назначения взрослых пациентов (включая маммографию), 2 типов рентгенографии общего назначения для детей (0–5 лет), 7 типов рентгенографии общего назначения для детей (5–15 лет). В Швейцарии РДУ установлены, кроме указанных процедур, также и для 8 типов интервенционных процедур в радиологии для взрослых пациентов, 4 типов интервенционных процедур в кардиологии для взрослых пациентов, 48 типов исследований ядерной медицины для взрослых пациентов и детей [14, 15].

В Российской Федерации в рамках действующей единой государственной системы контроля и учёта индивидуальных доз облучения граждан (ЕСКИД) в СПб НИИРГ создан Федеральный банк данных по дозам медицинского облучения, куда из всех регионов направляются заполненные формы статистической отчетности № 3-ДОЗ, данные которых анализируются для принятия мер по оптимизации медицинского облучения [13].

В настоящем сообщении нами представлены результаты анализа эффективных доз, полученных на рентгеновских установках общего назначения в Рязанской области, и значения РДУ для процедур облучения взрослых пациентов на стационарных рентгенодиагностических аппаратах общего назначения, которые могут быть использованы в качестве региональных для Рязанской области.

Цели исследования

- ✓ оценка и анализ доз облучения взрослых пациентов Рязанской области при проведении рентгенологических исследований на аппаратах общего назначения;
- ✓ рекомендации значений РДУ при проведении наиболее распространенных рентгенологических исследований для медицинских организаций Рязанской области.

Материал и методы

Исследования проводились на аппаратах Сараевской Центральной районной больницы (ЦРБ), Спасской ЦРБ, Клепиковской ЦРБ, Старожилоской ЦРБ, Новомичуринской ЦРБ, Шиловской ЦРБ, Ермишинской ЦРБ, Захаровской ЦРБ, Михайловской межрайонной больницы (МРБ), Ряжского межрайонного медицинского центра (ММЦ), Скопинского ММЦ, Рязанской областной клинической больницы, Городской поликлиники № 2 города Рязани, Областного клинического перинатального центра и Областного клинического диспансера города Рязани в период 2016–2018 гг.

Объектами исследования явились 40 рентгеновских аппаратов общего назначения, из которых 22 представлены стационарными установками: (“Медикс-Р-Амико” (Россия), “СД-РА” (Россия), “Moviplan” (Италия), “EDR-750 B” (Россия), “PROTEUS XR/a” (Китай/Испания), “РУМ-20” (Россия), “Аполло” (Россия), “DIG-360” (Корея) и 18 передвижными аппаратами (“Practice 160” (Германия), “12 Л7 УР” (Россия), “10 Л 01” (Россия), “10 Л 6” (Россия), АРП-ОКО (Россия), Mobildrive (Италия)). Все исследования проводились при единственном режиме

Рис. 1. *Дозиметр Unfors Xi и схема расположения дозиметра при исследовании*

работы – рентгенографии, возраст пациентов старше 19 лет.

Сбор и обработка параметров проведения рентгенологических исследований проводились в соответствии с [12] в реальных условиях проведения рентгенологической процедуры (либо экспорт данных из цифровой базы программного обеспечения аппарата, либо опрос рентгенолаборантов при работе на аналоговых аппаратах). При этом использовали режимы, которые совпадали с представленными в [12], или были максимально к ним приближенными.

Измерения радиационного выхода осуществлялись в соответствии с [17] с использованием универсального дозиметра для контроля характеристик рентгеновских аппаратов Unfors Xi (Швеция) (рис. 1), предназначенного для измерения поглощенной дозы и мощности поглощенной дозы с диапазоном измерения дозы при использовании детекторов R/F для режима рентгенографии – от 10 нГр до 9999 Гр, диапазоном измерения мощности дозы при использовании детектора R/F low – от 10 нГр/с до 1 мГр/с, при использовании детектора R/F high – от 20 мкГр/с до 1000 мГр/с.

Коэффициент перехода (K_e) от измеренного значения радиационного выхода рентгеновского излучателя к эффективной дозе облучения пациента определяли с учетом возраста пациента, вида проведенного исследования, проекции, размеров поля, фокусного расстояния и анодного напряжения на рентгеновской трубке.

Значение эффективной дозы облучения пациента данного возраста при проведении рентгенологического исследования определяется в соответствии с [12] с помощью выражения:

$$E = R \cdot i \cdot t \cdot K_e, \text{ мкЗв},$$

где: R – радиационный выход рентгеновского излучателя, равный мощности поглощенной дозы в воздухе на расстоянии 1 м от фокуса рентгеновской трубки на оси первичного пучка рентгеновского излучения при заданном значении анодного напряжения, приведенной к значению анодного тока 1 мА (мГр·м)/(мА·с); i – ток рентгеновской трубки, мА; t – время проведения исследования, с; K_e – коэффициент перехода от значения радиационного выхода рентгеновского излучателя к эффективной дозе облучения пациента данного возраста с учетом вида проведенного рентгенологического исследования, проекции, размеров поля, фокусного расстояния и анодного напряжения на рентгеновской трубке, мкЗв/(мГр·м).

Результаты и обсуждение

Анализ эффективных доз

По результатам измерений и расчетов были проведены анализ эффективных доз в зависимости от типа рентгеновского аппарата (стационарный или передвижной), на примере двух наиболее распространенных видов исследования (легкие и тазобедренные суставы) (табл. 1), анализ эффективных доз в зависимости от срока эксплуатации передвижных (табл. 2) и стационарных (табл. 3) рентгенодиагностических аппаратов и анализ эффективных доз в зависимости от модели аппарата и процедуры (табл. 4).

Снижение радиационного выхода излучателя в процессе эксплуатации приводит к уменьшению дозы на приемнике изображения

Таблица 1

Значения эффективных доз в зависимости от типов аппаратов

Аппараты	Эффективная доза, мЗв					
	Легкие, ЗП			Тазобедренный сустав		
	Среднее значение	Миним. значение	Максим. значение	Среднее значение	Миним. значение	Максим. значение
Стационарные	0,163	0,024	0,722	0,440	0,064	1,196
Передвижные	0,109	0,017	0,299	0,128	0,048	0,345

Для исследования "легкие" проведено 28 измерение на стационарных и 19 измерений на передвижных аппаратах; для исследования "тазобедренные суставы" – 29 измерений на стационарных и 9 измерений на передвижных аппаратах

Таблица 2

Значения эффективных доз в зависимости от срока эксплуатации передвижных рентгенодиагностических аппаратов

Срок эксплуатации аппаратов	Эффективная доза, мЗв							
	Легкие		Череп		Поясничный отдел		Таз, крестец	
	ЗП	Б	ПЗ	Б	ПЗ	Б	ПЗ	Б
3–6 лет	0,100	0,072	0,036	0,015	–	–	0,094	0,020
6–9 лет	0,103	0,082	–	–	0,039	0,023	0,101	0,038
Старше 9 лет	0,176	–	–	–	–	–	0,122	0,046

Исследования проводились на 12 аппаратах со сроком эксплуатации от 3 до 6 лет, 4 аппаратах – от 6 до 9 лет и 2 аппаратах, срок эксплуатации которых превышал 9 лет. ЗП – задне-передняя проекция, Б – боковая проекция, ПЗ – передне-задняя проекция

Таблица 3

Значения эффективных доз в зависимости от срока эксплуатации стационарных рентгенодиагностических аппаратов

Срок эксплуатации аппаратов	Эффективная доза, мЗв							
	Легкие		Череп		Поясничный отдел		Таз, крестец	
	ЗП	Б	ПЗ	Б	ПЗ	Б	ПЗ	Б
До 3-х лет	0,075	0,074	0,025	0,010	0,377	0,170	0,413	0,155
3–6 лет	0,135	0,117	0,056	0,023	0,638	0,349	0,531	0,216
6–9 лет	0,168	0,121	0,060	0,038	0,645	0,377	0,605	0,246
Более 9 лет	0,274	0,206	0,115	0,042	0,941	0,486	0,610	0,268

Исследования проводились на 2 аппаратах со сроком эксплуатации менее 3 лет, 5 аппаратах – от 3 до 6 лет, 3 аппаратах – от 6 до 9 лет и 12 аппаратах, срок эксплуатации которых составлял более 9 лет

Таблица 4

Значения эффективных доз в зависимости от вида исследования и модели аппарата

Название	Эффективная доза, мЗв					
	Легкие, ЗП			Тазобедренный сустав		
	Среднее значение	Миним. значение	Максим. значение	Среднее значение	Миним. значение	Максим. значение
Медикс- Р- Амико	0,112	0,024	0,238	0,305	0,129	0,559
СД- РА	0,060	0,026	0,095	0,167	0,04	0,313
MOVIPLAN	0,244	0,093	0,298	0,993	0,856	1,196
12 Л7	0,109	0,017	0,299	0,161	0,048	0,345

Измерения проводились на 11 аппаратах "Медикс-Р-Амико", 2 – "СД–РА", 4 – "Moviplan" и 7 передвижных рентгенодиагностических аппаратах "12 Л 7"

и ухудшению качества снимка. Попытки улучшить качество снимка за счет увеличения напряжения и экспозиции приводят к увеличению лучевой нагрузки. Как видно из табл. 1 и 4, существует большой разброс в значениях эффективной дозы относительно среднего значения. Это подтверждает выводы [8]: "Оценка доз пациентов может проводиться постепенно, и ее следует всегда предпринимать параллельно с оценками качества изображения". Эта рекомендация оптимизации радиационной защиты пациентов учтена в НРБ-99/2009 в п.5.4.1: "Радиационная защита пациентов при медицинском облучении должна быть основана на необходимости получения полезной диагностической информации и/или терапевтического эффекта от соответствующих медицинских процедур при наименьших возможных уровнях облучения".

При изменениях параметров проведения исследования, а, следовательно, и изменении значений эффективной дозы необходимо не забывать о качестве получаемой диагностической информации. Текущий контроль параметров рентгенодиагностических аппаратов должен включать в себя контроль постоянства качества изображения с одновременным контролем стабильности дозы. В свою очередь, контроль постоянства качества изображения должен осуществляться по совокупности показателей, влияющих на качество изображения.

По результатам, представленным в табл. 2 и 3, прослеживается рост значения эффективной дозы с увеличением срока эксплуатации рентгеновского аппарата, но для подтверждения данной зависимости требуется бóльший объем исследований.

Референсные диагностические уровни

РДУ целесообразно устанавливать не для всего исследования в целом, а для каждой из проекций облучения пациента, в связи с отсутствием стандартов проведения рентгенодиагностических исследований [18]. Для установления РДУ в целях оптимизации защиты пациента в регионе или стране для конкретного рентгенографического исследования необходимо определить соответствующие значения стандартной дозы (СД) на большинстве эксплуатируемых рентгеновских аппаратах. Совокупность рентгеновских аппаратов для установления РДУ должна быть представительной в отношении географии их распределения, основных моделей и протоколов проведения процедур, используемых в регионе или стране [16, 18]. Следует придерживаться следующих минимальных требований к выборкам рентгеновских аппаратов или СД: не менее 20 рентгеновских аппаратов для установления РДУ на региональном уровне [16, 18]. Нами исследования проводились на 24 установках, охватывающих весь спектр процедур практически для всей Рязанской области (за исключением пары районов). Для передвижных рентгенодиагностических аппаратов требуется провести дополнительные измерения для возможности установления РДУ в соответствии с указанными требованиями [16, 18].

Основой для установления РДУ для выбранного рентгенологического исследования является СД – это средняя доза у взрослых пациентов обоего пола с массой тела 70±3 кг (стандартное телосложение) при проведении исследования в типовом режиме работы данного рентгеновского аппарата [16, 18]. СД можно определять с использованием как измеряемых (входная доза, произведение дозы на площадь), так и расчетных (эффективная доза) дозовых величин. В настоящее время в Российской Федерации наиболее доступной для практического использования дозовой величиной является эффективная доза, для определения которой, согласно МУ 2.6.1.2944-11, используют результаты измерения радиационного выхода рентгеновского аппарата. В данной работе для определения СД использовалось значение радиационного выхода, измеренного при установленных параметрах проведения исследования для пациентов стандартного телосложения. Измерения показали, что в разные годы на одном и том же аппарате значения эффективных доз могут отличаться, в связи с этим каждое расчетное значение эффективной дозы для конкретного аппарата принималось как новое значение СД. Если для выбранной процедуры рентгенологического исследования на данном аппарате было проведено однократное измерение радиационного выхода, то рассчитанное по нему значение эффективной дозы принималось за значение СД.

Рассчитанные значения эффективных доз для каждого аппарата занесены в табл. 5, на основании этих данных построены гистограммы (пример, рис. 2), по которым были получены значения РДУ для каждой проводимой рентгенодиагностической процедуры (табл. 6).

Таблица 5

Значения эффективных доз на стационарных рентгенодиагностических аппаратах, используемых при обосновании РДУ

№*	Аппарат, год ввода в эксплуатацию	Эффективная доза, мЗв														
		Легкие		Череп		ППН**	Шейный отдел		Грудной отдел		Поясничный отдел		Плечо	Таз, крестец		Тазб. суст.
		ЗП	Б	ПЗ	Б		ЗП	Б	ПЗ	Б	ПЗ	Б		ПЗ	Б	ПЗ
1	Медикс-Р- Амико, 2013	0,13	0,09	0,08	0,04	0,12	0,08	0,14	0,38	0,26	0,36	0,22	0,06	0,48	0,14	0,36
2	Медикс – Р- Амико, 2015	0,07	0,10	0,05	0,02	–	0,03	0,07	0,22	0,12	0,48	0,26	0,02	0,39	0,15	0,38
3	Медикс - Р- Амико, 2002	0,07	0,04	0,01	0,003	0,02	0,02	0,06	0,04	0,02	0,10	0,04	–	0,10	0,04	-
4	Медикс- Р -Амико, 2015	0,08	0,10	0,01	0,004	0,01	0,04	0,09	0,21	0,13	0,26	0,10	0,01	0,43	0,16	0,18
5	Медикс-Р- Амико, 2015	0,08	0,15	0,01	0,004	0,01	0,04	0,08	0,21	0,12	0,39	0,15	0,01	0,41	0,16	0,13
6	Медикс - Р- Амико, 2011	0,12	0,07	0,06	0,02	0,07	0,03	0,11	0,23	0,11	1,14	0,41	0,02	0,48	0,24	0,46
7	Медикс - Р -Амико, 2013	0,06	0,08	0,04	0,02	0,04	0,03	0,08	0,17	0,12	0,32	0,31	0,03	0,23	0,09	0,22
8	Медикс - Р- Амико, 2012	0,02	0,07	0,04	0,01	–	0,02	0,05	0,10	0,09	0,15	0,20	0,02	0,29	0,24	0,17
9	Медикс - Р - Амико, 2002	0,09	0,12	0,06	0,03	–	0,02	0,03	0,19	0,15	0,22	0,18	0,01	0,36	0,14	0,22
10	Медикс - Р- Амико, 2012	0,24	0,08	0,12	0,03	–	0,05	0,16	0,47	0,52	0,85	0,49	0,06	0,60	0,22	0,23
11	Медикс - Р- Амико, 2012	0,20	0,07	0,08	0,04	–	0,04	0,09	0,41	0,24	0,50	0,20	0,05	0,39	0,15	0,23
12	Медикс - Р -Амико, 2010	0,16	0,12	0,01	0,003	0,12	0,04	0,17	0,31	0,26	0,70	0,35	0,04	0,55	0,21	0,53
13		0,14	0,05	0,07	0,03		0,06	0,12	0,26	0,29	0,90	0,65	0,02	0,58	0,22	0,56
14	Медикс - Р- Амико, 2011	0,13	0,05	0,07	0,03		0,05	0,12	0,25	0,26	0,83	0,61	0,02	0,57	0,18	0,55
15	СД- РА 2007	0,10	0,07	0,08	0,04	0,08	0,11	0,09	0,16	0,15	0,47	0,23	0,01	0,33	0,12	0,31
16		0,08	0,06	0,06	0,03	0,06	0,03	0,06	0,11	0,11	0,42	0,21	0,01	0,23	0,09	0,22
17	СД- РА 2007	0,07	0,06	0,01	0,003	0,03	0,01	0,01	0,05	0,02	0,06	0,04	0,01	0,07		0,04
18		0,03	0,04	0,01	0,003	0,03	0,01	0,01	0,06	0,05	0,10	0,05	0,01	0,14	–	0,13
19		0,03	0,04	0,01	0,003	0,03	0,01	0,01	0,06	0,05	0,10	0,05	0,01	0,14		0,13
20	Moviplan, 2006	0,22	0,16	0,10	0,06	0,14	0,07	0,1	0,65	0,59	1,42	0,66	0,09	0,89	0,45	0,86
21	Moviplan, 2006	0,09	0,35	0,06	0,02	0,06	0,04	0,08	0,22	0,32	0,39	0,25	0,02	1,08	–	–
22	Moviplan, 2008	0,34	0,17	0,11	0,03	–	0,06	0,35	0,29	0,38	1,11	0,73		1,32	0,50	1,01
23		0,29	0,29	0,07	0,02	–	0,02	0,04	0,29	0,17	0,95	0,72	0,01	1,09	0,41	1,05
24	Moviplan, 2004	0,30	0,19	0,02	0,01	0,05	0,04	0,08	0,60	0,41	0,76	0,38	0,03	1,25	0,47	1,20
25	EDR- 750 B, 2004	0,72	0,65	0,22	0,08	0,30	0,17	0,37	0,70	0,49	1,01	0,47	0,16	1,05	0,40	–
26	EDR -750 B, 2004	0,48		0,09	0,04	–	0,10	0,23	0,53	0,33	0,61	0,28	0,01	0,45	–	0,43
27	PROTEUS XR/a, 2006	0,29	0,14	0,07	0,28	0,11	0,04	0,10	0,49	0,43	1,01	0,40	0,06	0,92	0,35	0,88
28	Аполло, 2005	0,01	0,10	0,01	0,006	0,05	0,02	0,04	0,18	0,13	0,50	0,21	0,02	0,34	0,10	0,26

* в таблице указан порядковый номер значения эффективной дозы, так как для одного аппарата может быть рассчитано несколько значений эффективной дозы

** ППН – придаточные пазухи носа

Таблица 6

Значение РДУ для стационарных рентгенодиагностических аппаратов

Область исследования	Проекция	Значение РДУ, мЗв
Легкие	Задне-передняя	0,22
	Боковая	0,12
Череп	Передне-задняя	0,07
	Боковая	0,03
Придаточные пазухи носа	–	0,08
Шейный отдел	Задне-передняя	0,05
	Боковая	0,12
Грудной отдел	Передне-задняя	0,38
	Боковая	0,32
Поясничный отдел	Задне-передняя	0,85
	Боковая	0,41
Плечо	–	0,03
Таз, крестец	Передне-задняя	0,60
	Боковая	0,24
Тазобедренный сустав	Передне-задняя	0,55

Значение РДУ обычно устанавливают равным 75 % квантилю распределения стандартной лозы при проведении выбранной процедуры в различных медицинских организациях [16]. 75 % квантиль – это значение исследуемой величины, ниже которой расположено 75 % результатов наблюдений, измерений. На рис. 2 представлена гистограмма распределения значений СД при рентгенографии легких в задне-передней проекции на стационарных рентгенодиагностических аппаратах общего назначения, с помощью которой было установлено значение РДУ для данной процедуры.

Рис. 2 позволяет наглядно вычленить аппараты с аномально высокими значениями дозы, например, при рентгенографии органов грудной клетки на рентгенодиагностическом аппарате EDR -750 B. Анализ причин этому показал, что данный аппарат имеет длительный срок эксплуатации (более 15 лет), что приводит к снижению радиационного выхода. Это, в свою очередь, отражается на величине дозы в приемнике изображения, для коррекции которой при проведении исследования приходится повышать экспозицию. Как следствие – существенно возрастает лучевая нагрузка.

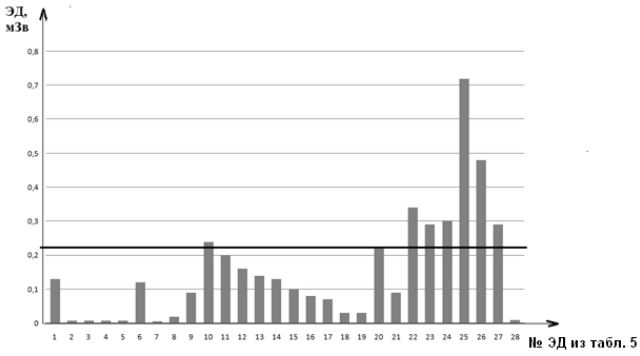

Рис. 2. *Гистограмма распределения эффективных доз при рентгенографии легких в задне-передней проекции на стационарных рентгенодиагностических аппаратах общего назначения*

Для задне-передней проекции легких на стационарных рентгенодиагностических аппаратах общего назначения было получено 28 значений стандартной дозы. Исходя из [16], 21полученное значение эффективных доз должно находиться ниже РДУ. Таким образом, было установлено, что РДУ для легких в задне-передней проекции для стационарных рентгенодиагностических аппаратов общего назначения должен составлять 0,22 мЗв. Аналогичным способом получены значения РДУ для остальных процедур, представленных в табл. 6.

В представленной таблице значения РДУ для исследований в передне-задней проекции превышают значения РДУ в боковой проекции. Это связано с тем, что K_e для прямой проекции в 2–2,5 раза превышает K_e для боковой проекции при сопоставимых значениях напряжения, мАс и времени экспозиции.

Согласно [16], РДУ не являются нормативом, а используются как референсное значение

в целях внутреннего контроля качества проведения процедур. Превышение РДУ не означает автоматически, что процедуры проводят некачественно, так как оно может быть обусловлено техническими особенностями используемой аппаратуры или протокола проведения процедуры. Первоочередным этапом процесса оптимизации является оценка текущей ситуации с медицинским облучением для выбранных рентгенологических процедур и ее анализ с целью установления границы между хорошей и плохой практиками проведения исследований [18].

Выводы

1. Анализ лучевых нагрузок пациентов при проведении наиболее часто применяемых рутинных рентгенографических процедур по нескольким областям исследования показал, что:
- ✓ эффективные дозы существенно зависят от типа аппарата и выбранного режима исследования;
- ✓ выявлена зависимость между эффективной дозой облучения пациента и сроком эксплуатации рентгенодиагностического аппарата.
2. Получены значения РДУ для часто используемых процедур в Рязанской области на стационарных рентгенодиагностических аппаратах общего назначения.
3. Требуется собрать больше информации и провести ее анализ совместно с контролем качества изображения с целью установления РДУ для всех типов применяемых рентгенодиагностических аппаратов данного региона.

Список литературы

1. Балонов М.И., Голиков В.Ю., Звонова И.А., Кальницкий С.А. и соавт. Современные уровни медицинского облучения в России // Радиационная гигиена. 2015. Т. 8. № 3. С. 67–79.
2. Вишнякова Н.М. Оптимизация радиационной защиты пациентов при медицинском диагностическом облучении: автореф. дисс. докт. мед. наук / Н.М.Вишнякова. – СПб., 2010. 44 с.
3. Водоватов А.В., Кальницкий С.А., Балонов М.И., Камышанская И.Г. К разработке референтных диагностических уровней облучения пациентов в отечественной рентгеновской диагностике // Радиационная гигиена. 2013. Т. 2. № 3. С. 29–36.
4. Акопова Н.А., Иванов С.И., Охрименко С.Е. Оптимизация доз облучения пациентов при проведении рентгенодиагностических исследований // Мед. радиол. и радиац. безопасность. 2016. Т. 61. № 4. С.48–51.
5. Акопова Н.А., Алехнович А.В., Ермолина Е.П., Охрименко С.Е. К вопросу об оценке доз медицинского облучения на примере флюорографии // В сб. “Актуальные вопросы радиационной гигиены”. – СПб. 2018. С. 6–8.
6. Стадник Л.Л., Шалепа О.Ю., Носик О.В. Оценка доз пациентов в рентгенографии и их оптимизация путем установления национальных диагностических рекомендованных уровней // Радиационная гигиена. 2014. Т. 7. № 4. С. 84–88.
7. Публикация МКРЗ 105. Радиационная защита в медицине Под ред. русского перевода М.И. Балонова. – СПб.: ФБУН НИИРГ. 2011. 66 с.
8. Радиологическая защита при медицинском облучении ионизирующим излучением: руководство по безопасности № RS-G-1.5. – Вена: МАГАТЭ, 2004. 208 с.
9. International Commission on Radiation Units and Measurements. Patient dosimetry for X Rays Used in Medical Imaging. Rep. 74. ICRU Bethesda. MD. 2006. 220 pp.
10. Основные санитарные правила обеспечения радиационной безопасности (ОСПОРБ-99/2010) СП 2.6.1.2612-10. – М.: Роспотребнадзор. 2010. 58 с.
11. Гигиенические требования к устройству и эксплуатации рентгеновских кабинетов, аппаратов и проведению рентгенологических исследований. СанПиН 2.6.1.1192-03. – М.: Минздрав России. 2003.76 с.
12. Контроль эффективных доз облучения пациентов при проведении медицинских рентгенологических исследований МУ 2.6.1.2944-11. – М.: Роспотребнадзор. 2011. 40 с.
13. Заполнение форм Федерального государственного статистического наблюдения № 3-ДОЗ: Методические рекомендации. – М.: Роспотребнадзор. 2007.
14. Guidance on Diagnostic Reference Levels (DRLs) for Medical Exposure. Radiation Protection 109. Directorate-General, Environ-

ment, Nuclear Safety and Civil Protection. European Commission. 1999.30 pp.
15. Council Directive 97/43/EURATOM of 30 June 1997 on health protection of individuals against the dangers of ionizing radiation in relation to medical exposure // Official journal of European Commission. NoL 180. 208 pp.
16. Применение референтных диагностических уровней для оптимизации радиационной защиты пациента в рентгенологических исследованиях общего назначения. МР 2.6.1.0066-12. 28 с.
17. ГОСТ Р МЭК 61223-1-2001 “Оценка и контроль эксплуатационных параметров рентгеновских аппаратов в отделениях (кабинетах) рентгенодиагностики”.
18. Водоватов А.В. Практическая реализация концепции референтных диагностических уровней для оптимизации защиты пациентов при проведении стандартных рентгенографических исследований // Радиационная гигиена. 2017. Т. 10. № 1. С. 47–55.

ANALYSIS AND INTERPRETATION OF EFFECTIVE DOSES OF MEDICAL RADIATION IN THE RYAZAN REGION

A.V. Alekhnovich[1], N.A. Akopova[1], U.V. Druzhinina[1], E.P. Ermolina[1], C.V. Loginova[1], V.I. Cherednikova[2]
[1] Russian Medical Academy of Continuous Professional Education, Moscow, Russia
[2] Department of Russian Consumer Supervision (Rospotrebnadzor) Ryazan region, Ryazan, Russia

The analysis of effective doses of radiation of patients in order to optimize radiation exposure by establishing reference diagnostic levels at the level of one of the subjects of the Russian Federation in presented. The studies were carried out in the period 2016–2018 in 15 medical organizations of the Ryazan region on 40 general purpose x-ray machines, 22 of which are stationary and 18 mobile units. All devices worked in the mode of radiography. For the analysis, a sample of x-ray examinations of patients older than 19 years was taken. Determination of effective doses was carried out in accordance with the Guidelines of MU 2.6.1.2944-11 “Control of effective doses of patients during medical x-ray examinations.” The dose assessment was based on the use of practically measured values of the radiation yield of the x-ray emitter. According to the results of measurements and calculations, the analysis of effective doses obtained by radiography on stationary and mobile devices, depending on the type of x-ray procedure and model of the device, the type of device, their service life for several of the most common procedures was carried out.. The results showed that the effective doses of patients significantly depend on the type of device and the selected mode of study. Comparison of doses in the same studies conducted on different devices did not reveal a clear correlation between the effective doses of radiation of patients and the life time of the x-ray machine. For further optimization of radiation loads on the patient, the values of reference diagnostic levels for most of the procedures used in the Ryazan region on stationary General-purpose x-ray machines were obtained. This work may be concerned as a step towards optimizing medical exposure by establishing regional and then national reference diagnostic levels.

Key words: *medical irradiation, patients, effective dose, reference diagnostic level, x-ray diagnostic machines*

E-mail: d.julia@bk.ru