

К разработке референтных диагностических уровней облучения пациентов в отечественной рентгеновской диагностике

А.В. Водоватов¹, С.А. Кальницкий¹, М.И. Балонов¹, И.Г. Камышанская²

¹ Санкт-Петербургский научно-исследовательский институт имени профессора П.В. Рамзаева, Санкт-Петербург

² Городская Мариинская больница, Санкт-Петербург

Представлена система референтных диагностических уровней облучения пациентов при рентгенологических исследованиях для внедрения в практику отечественного здравоохранения. Референтные диагностические уровни являются эффективным средством радиационной защиты пациента путем оптимизации медицинского облучения. В работе рассмотрены и сопоставлены различные методики определения референтных диагностических уровней на основе измеряемых и/или рассчитываемых дозиметрических показателей у пациентов: произведения дозы на площадь, входной поверхностной дозы и эффективной дозы. На примере исследования органов грудной клетки в задне-передней проекции приведены распределения различных дозовых величин в клиниках Санкт-Петербурга. Полученные результаты сопоставлены с данными из других источников. Предложены значения региональных референтных диагностических уровней для Санкт-Петербурга.

Ключевые слова: рентгенологическое исследование, радиационная защита, оптимизация, референтный диагностический уровень, входная доза, произведение дозы на площадь, эффективная доза, пациент.

Введение

Особенностью защиты пациента от медицинского облучения является неприменимость принципа нормирования дозы излучения, получаемой пациентом [1]. Мировое сообщество исходит из того, что нормирование может ограничивать возможности диагностики и лечения пациентов [2]. Международная концепция радиационной защиты пациентов с середины 1990-х гг. строится на ее оптимизации путем использования референтных диагностических уровней (РДУ) и системы обеспечения качества (ОК) медицинских процедур [3–5].

В медицинской рентгеновской диагностике РДУ представляют собой установленный уровень дозы или иного дозиметрического показателя при типовых исследованиях пациентов (или стандартных фантомов) с помощью распространенного оборудования. РДУ служат критерием для оценки: не является ли доза у пациента существенно большей или меньшей, чем нужно для получения необходимой диагностической информации. РДУ не связаны с пределами дозы и не применяются в отношении детерминированных эффектов облучения в лучевой терапии и интервенционной радиологии. РДУ обычно устанавливают для наиболее распространенных и/или высокодозных процедур на уровне региона, где имеется орган управления здравоохранением и надзора и/или общий методический орган и/или общество рентгенологов.

В мировой практике РДУ устанавливают по результатам экспериментального изучения дозиметрических характеристик рентгенологических исследований (РИ) и/или процедур (РП)¹ в рентгеновских кабинетах региона как 75% квантиль числа распределения аппаратов по значениям дозы. Для представительной оценки значе-

ния РДУ число исследованных рентгеновских кабинетов в регионе должно быть не менее нескольких десятков. РДУ следует устанавливать и применять на практике к измеренным и/или расчетным дозиметрическим величинам. Если определяемые значения этих величин на исследуемом аппарате превышают установленное значение РДУ для конкретной РП, необходимо рассмотреть условия (режим) проведения исследования, степень защиты пациента и принять меры по их оптимизации. РДУ служат средством достижения показателей современной образцовой практики и должны пересматриваться по мере совершенствования соответствующей технологии и методик.

Отдельное превышение РДУ при исследовании конкретных пациентов не является нарушением требований радиационной защиты. Однако неоднократные и значительные превышения РДУ могут указывать на наличие существенных недостатков в проведении данного вида исследования. В таких случаях требуется исследование и коррекция режимов исследования и/или защиты пациента.

Внедрение РДУ в практику отечественной рентгенологии является частью работы по оптимизации уровней медицинского облучения в России. Соответствующие требования введены в новую редакцию Основных санитарных правил по радиационной безопасности ОСПОРБ-99/2010 [7] и будут раскрыты в новой редакции санитарных правил «Радиационная безопасность при обращении с медицинскими рентгеновскими аппаратами и проведении рентгенологических процедур». Более детально данный метод представлен в недавно разработанных методических рекомендациях МР 2.6.1.0066-12 «Применение ре-

¹ Одно исследование (РИ) может включать несколько процедур (РП), например, исследование органов грудной клетки включает снимки в прямой и боковой проекции.

ферентных диагностических уровней для оптимизации радиационной защиты пациента в рентгенологических исследованиях общего назначения».

Цель исследования – постепенное внедрение в практику отечественного здравоохранения концепции РДУ как инструмента радиационной защиты пациента.

В работе решались следующие задачи применительно к рентгенографическим процедурам:

– определить факторы, влияющие на дозу у пациента, обосновать выбор дозовых показателей, подходящих для установления РДУ;

– изучить распределение различных дозовых показателей по рентгеновским кабинетам региона и выбрать наиболее оптимальные из них для установления РДУ;

– дать пример РДУ для г. Санкт-Петербурга и рассмотреть перспективы их внедрения в России.

Мы не рассматривали зависимость дозы рентгеновского излучения от возраста пациента и связанный с ней риск для здоровья. Этот важный аспект радиационной защиты от медицинского облучения не связан напрямую с применением РДУ для оптимизации защиты, поскольку устанавливаются и применяются разные значения РДУ для разных возрастных групп пациентов.

Материалы и методы

Экспериментальные исследования вначале проводили в отдельной медицинской организации (МО) (Городская Марининская больница), а затем на региональном уровне в различных клиниках и поликлиниках г. Санкт-Петербурга с участием сотрудников данных МО. Всего были обследованы 46 МО со 110 стационарными рентгеновскими аппаратами общего назначения

В данной работе в качестве примера РП рассматривается стандартная рентгенография органов грудной клетки в прямой (задне-передней) проекции. Выбор этой процедуры обусловлен ее большой частотой: в Санкт-Петербурге рентгенография органов грудной клетки составляет 20% от общего числа рентгенологических исследований [2]. Среди всех пациентов была выделена когорта стандартных пациентов с массой тела 70 ± 3 кг, чтобы исключить зависимость дозы от массы тела, которая наблюдается на практике [10].

Было обследовано более тысячи пациентов обоего пола старше 18 лет. Для определения дозиметрических характеристик собирали следующие показатели: напряжение на рентгеновской трубке (кВ), произведение тока на экспозицию (мА·с), фильтрация излучения (мм Al), кожно – фокусное расстояние (см), размеры поля облучения на поверхности тела пациента (см·см). Для использованных значений напряжения измеряли радиационный выход рентгеновского аппарата (мГр·м²/мА·с).

Для сбора физико-технических параметров проведения РИ использовали различные методики. В том случае, когда исследуемый рентгеновский аппарат был оборудован клиническим дозиметром с проходной ионизационной камерой

ДРК-1, записывали дозиметрические параметры процедуры и измеренное произведение дозы на площадь (ПДП²) для каждого пациента. Эти параметры собирали для выборки, состоящей из 20–30 стандартных пациентов. При отсутствии ионизационной камеры данные собирали путем анкетирования персонала рентгеновских кабинетов. При этом указывали типовые параметры проведения процедур для стандартных пациентов. Использовали также сведения, полученные аккредитованными лабораториями радиационного контроля г. Санкт-Петербурга.

По результатам обследования определяли либо средние значения дозиметрических показателей во всей выборке пациентов, либо их стандартные значения, т.е. средние значения у взрослых пациентов обоего пола, с массой тела 70 ± 3 кг, при типовых режимах работы рентгеновских аппаратов с типовыми протоколами выполнения. В качестве дозиметрических характеристик облучения пациентов, пригодных для установления РДУ, рассматривали следующие показатели: ПДП, входная доза (ВД) в воздухе на поверхности тела пациента и эффективная доза пациента (ЭД). РДУ определяли как 75% квантиль распределения³ рентгеновских аппаратов по значениям указанных дозиметрических показателей [5].

Индивидуальные значения ПДП у пациентов определяли с помощью проходной ионизационной камеры, установленной на световом центраторе трубки рентгеновского аппарата. Прибор регистрировал суммарное значение ПДП за все время исследования. Положение пациента не мешало проведению измерения [11, 12]. Однако лишь около 20% обследованных рентгеновских аппаратов в МО Санкт-Петербурга было оснащено исправными и реально функционирующими клиническими дозиметрами.

Если измерение ПДП на рентгеновском аппарате не проводится из-за отсутствия проходной ионизационной камеры или по другим причинам, его значение можно вычислить по радиационному выходу рентгеновского аппарата. При этом радиационный выход каждого аппарата регулярно определяется в рамках контроля эксплуатационных параметров в соответствии с требованиями п.2.8 СанПиН 2.6.1.1192-03 [13] по методике [18]:

$$\text{ПДП} = R \cdot Q \cdot S / r^2 \quad (1)$$

где R – радиационный выход рентгеновского аппарата, (мГр·м²)/(мА·с),

Q – произведение тока на время облучения, мА·с,

S – площадь поля пучка излучения, см²,

r – расстояние от фокуса трубки до поверхности тела пациента, см.

Однако при определении ПДП расчетными методами теряется актуальность информации и специфика отдельного исследования.

Второй показатель, пригодный для установления РДУ, ВД в воздухе на поверхности тела пациента измеряют с помощью термолюминесцентных дозиметров (ТЛД), расположенных на поверхности тела пациента в центре

² ПДП – произведение средней дозы в воздухе по площади поперечного сечения пучка рентгеновского излучения на эту площадь. ПДП инвариантно по отношению к расстоянию от фокуса рентгеновской трубки до поверхности тела пациента. Единицей ПДП является Гр·м².

³ 75% квантиль распределения – значение дозы у пациентов, ниже которого попадают 75% значений стандартной дозы от всех исследованных рентгеновских аппаратов.

падающего пучка рентгеновского излучения, либо вычисляют по величине радиационного выхода аппарата с учетом геометрических условий проведения процедуры. Напротив, вычисление ВД на основе радиационного выхода для конкретной РП, проводимой стандартному пациенту на данном рентгеновском аппарате, является вполне рутинной операцией:

$$D_{вх} = k \cdot R \cdot Q / r^2, \text{ мГр}, \quad (2)$$

где k – коэффициент обратного рассеивания, равный 1,4 отн. ед. [18].

Остальные величины определены в формуле (1).

Третий дозиметрический показатель, пригодный для установления РДУ, – эффективная доза (ЭД), определяется расчетным способом. В отечественной практике ЭД используют в рамках единой системы контроля индивидуальных доз (ЕСКИД) на основе формы медицинской статистики 3-ДОЗ для мониторинга медицинского облучения [16, 17]. Значения ЭД у пациентов вычисляют по измеренным дозиметрическим характеристикам рентгеновских аппаратов (ПДП или радиационного выхода и произведения тока на время экспозиции) и режимам проведения РП.

В данной работе значения ЭД для выбранной процедуры и конкретного рентгеновского аппарата рассчитывали с помощью программы EDEREX по радиационному выходу и средним режимам проведения исследований [12, 18, 19].

Результаты и обсуждение

Характеристика исследований в Мариинской больнице

При рентгенографии легких 309 взрослых пациентов обоего пола на трех рентгеновских аппаратах Мариинской больницы Санкт-Петербурга были собраны данные, указанные в разделе 2, в том числе измерены значения ПДП с помощью проходной ионизационной камеры ДРК-1. Характеристики пациентов и режимов проведения процедуры, а также средние значения ПДП и вычисленные значения ЭД приведены в таблице 1. Представлены данные раздельно для всех 309 пациентов и для 69 человек с массой тела в пределах 67–73 кг.

При близости демографических и анатомических характеристик групп пациентов, обследованных на 3 аппаратах, обращает на себя внимание существенное различие режимов проведения РП (напряжения на рентгеновской трубке и произведения тока на время облучения) и значений дозиметрических показателей ПДП и ЭД.

Средние характеристики всей группы обследуемых и пациентов со стандартной массой, исследованных на каждом аппарате, различаются незначительно. Так, у всех пациентов с массой от 45 до 113 кг средние значения ПДП для РУМ-20, Сирескоп и КРТ составили: 26 сГр·см²; 9,5 сГр·см² и 21,6 сГр·см² соответственно (см. табл. 1). При стандартизации веса пациентов эти значения для меньшей выборки изменились незначительно, соответственно до: 26 сГр·см²; 8,6 сГр·см² и 18,7 сГр·см².

Таблица 1

Характеристика рентгенографии органов грудной клетки взрослых пациентов в прямой проекции на различных рентгеновских аппаратах Мариинской больницы Санкт-Петербурга

Пациенты	Показатель	РУМ-20	Сирескоп-СХЗ	КРТ-Электрон
Все	Число пациентов	109	101	99
	Масса тела, кг	73,2±1,41 ¹ (40–115)	71,9±1,5 (42–113)	71,2±1,4 (45–112)
	Процентная доля мужчин, %	48	42	32
	Рост, см	169±0,9 (147–190)	169±0,1 (150–190)	168±0,9 (152–190)
	Возраст, лет	53±1,7 (16–89)	47±1,8 (19–88)	42±1,4 (20–78)
	Напряжение на трубке, кВ	76	125	64
	Произведение тока на время облучения, мА·с	7,9±0,3 (1,5–18)	1,5±0,07 (0,9–5,6)	1,8
	ПДП, сГр·см ²	26,0±0,8 (6–48)	9,5±0,5 (3,6–25,8)	21,6±1,3 (3–70)
	Средняя эффективная доза, мЗв	0,04	0,02	0,02
	Со стандартной массой тела	Число пациентов	27	22
Масса тела, кг		70,0±0,3 (67–73)	69,7±0,3 (67–73)	69,8±0,4 (67–73)
Процентная доля мужчин, %		45	36	45
Рост, см		167±1,7 (152–183)	167±2,1 (150–185)	167±1,8 (157–182)
Возраст, лет		52±3,5 (25–84)	53±4,5 (20–88)	42±3,7 (20–78)
Напряжение на трубке, кВ		76	125	64
Произведение тока на время облучения, мА·с		8,3±0,6 (4,5–15)	1,5±0,1 (1,1–3,2)	1,8
ПДП, сГр·см ²		26,0±1,5 (15–45)	8,6±0,6 (4,6–15)	18,7±1,6 (7–30)
Средняя эффективная доза, мЗв	0,04	0,02	0,02	

Параметры аппаратов: дополнительный фильтр 2 мм Al, расстояние «источник – приемник» 150 см, размер поля облучения 35х35 см, для КРТ-Электрон диаметр кругового поля 33 см.

¹ Здесь и далее в таблице данные приводятся в следующем виде: среднее± стандартная ошибка среднего, диапазон выборки.

Зависимость ПДП от массы тела

Зависимость произведения дозы на площадь (ПДП) от массы тела 309 пациентов, обследованных на рентгеновских аппаратах Сирескоп, РУМ-20 и КРТ-Электрон, показана на рисунке 1. Зависимость аппроксимирована линейной функцией регрессии с наклоном 0,22, 0,32 и 0,50 сГр·см²/кг для Сирескопа, РУМ-20 и КРТ-Электрон соответственно. Наряду со значительной зависимостью ПДП

от массы тела, наблюдается существенный разброс значений ПДП и у разных пациентов с близкой массой тела. Этот разброс объясняется погрешностями в определении массы тела, различиями в конституции пациентов, применением диафрагмирования пучка, особенностями автоматического контроля экспозиции и характеризуется значительным средним коэффициентом вариации 49%, 33% и 59% для Сирескопа, РУМ-20 и КРТ-Электрон соответственно.

Распределение аппаратов по дозиметрическим характеристикам

Для обоснования выбора дозиметрических характеристик, подходящих для установления РДУ, а также в качестве примера определения РДУ для выбранной рентгенографической процедуры в Санкт-Петербурге по данному обследованию 46 МО со 110 стационарными рентгеновскими аппаратами различного вида и срока эксплуатации были построены распределения числа аппаратов по стандартным значениям соответствующих характеристик: ПДП, ВД и ЭД (рис. 2).

Распределения имеют резко асимметричный убывающий характер. Для удобства анализа они аппроксимированы логнормальными кривыми. Средние арифметические значения характеристик составили 33,4 сГр·см², 2,65 мГр и 0,08 мЗв, медианы – 16,6 сГр·см², 1,32 мГр и 0,05 мЗв соответственно. Вне 75% квантиля ПДП, ВД и ЭД попадают 26, 26 и 26 рентгеновских аппаратов соответственно. Преимущественно это одни и те же аппараты (см. рис. 2).

Стандартизация дозиметрических характеристик

В общей рентгенодиагностике РДУ применяются к дозиметрическим характеристикам рентгеновского аппарата и методике исследования, но не отдельного пациента. Для стандартизации этих характеристик следует по возможности избавляться от влияния на них свойств отдельных пациентов, в первую очередь, массы тела и роста пациента.

Получение хорошего качества рентгенографического изображения требует облучения приемника изображения в определенной дозе. Поскольку поглощение излучения между источником и приемником существенно зависит от толщины поглощающего слоя ткани, то как входные дозиметрические характеристики (ПДП и ВД), так и ЭД также от нее зависят.

Эта закономерность показана в работе на примере зависимости ПДП от массы тела пациентов при исследованиях на трех аппаратах разного типа в Мариинской больнице (см. рис. 1). Такая зависимость существенна, откуда вытекает естественный вывод об ограничении группы пациентов относительно узким диапазоном массы тела. По аналогии с европейской методикой мы также приходим к оценке стандартных дозиметрических характеристик для установления РДУ в диапазоне массы тела взрослых пациентов обоего пола 70±3 кг [10, 12]. Из литературы известно, что зависимость других дозиметрических характеристик от роста и пола при равной массе тела менее значительна и поэтому не включается в условия стандартизации.

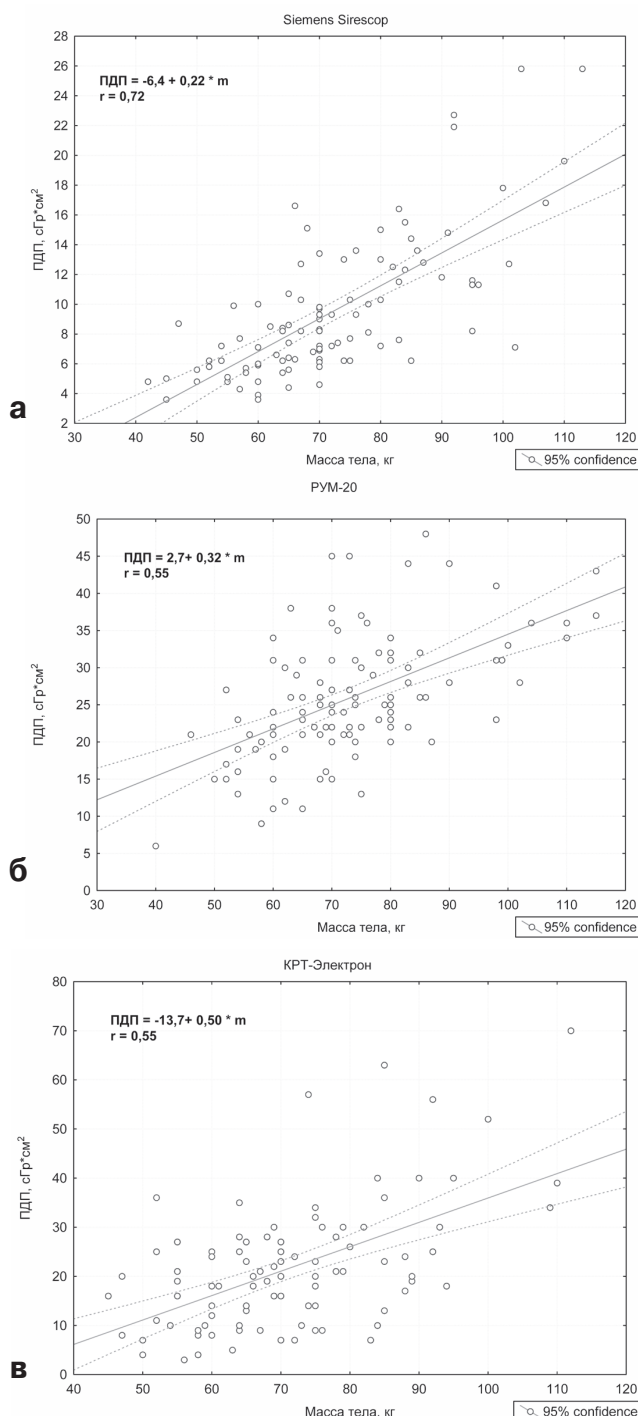


Рис. 1. Зависимость произведения дозы на площадь от массы тела пациентов для рентгеновских аппаратов Сирескоп (а), РУМ-20 (б) и КРТ-Электрон (в) в Мариинской больнице Санкт-Петербурга

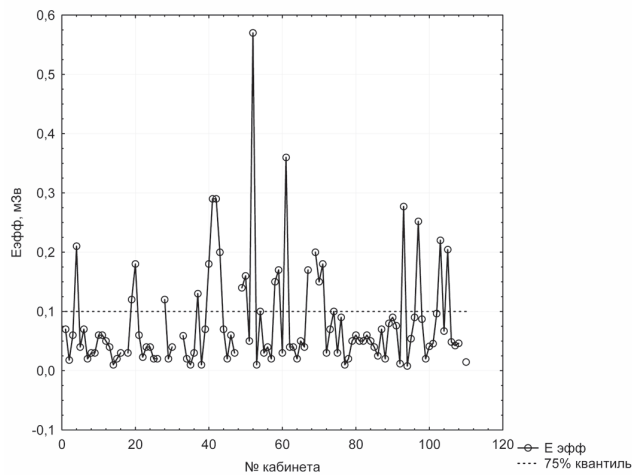
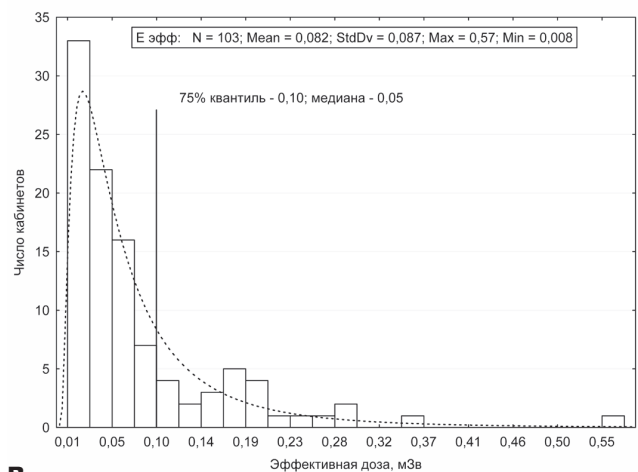
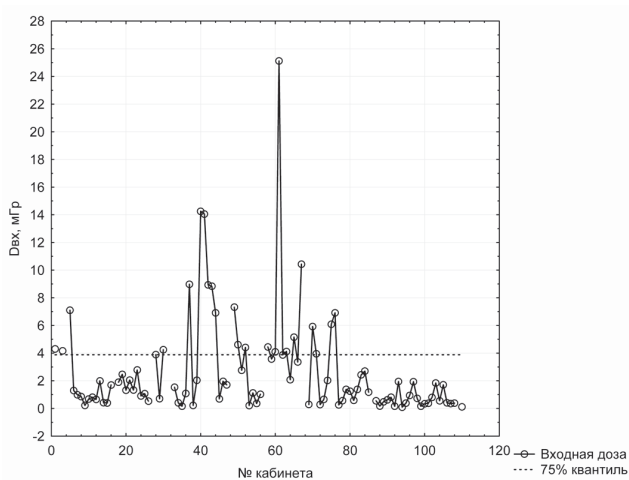
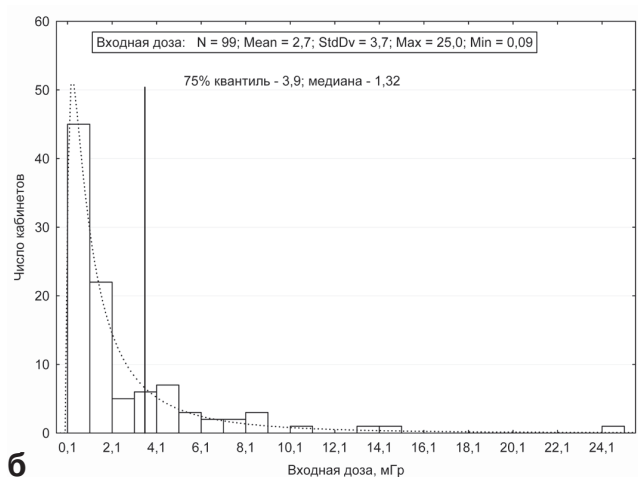
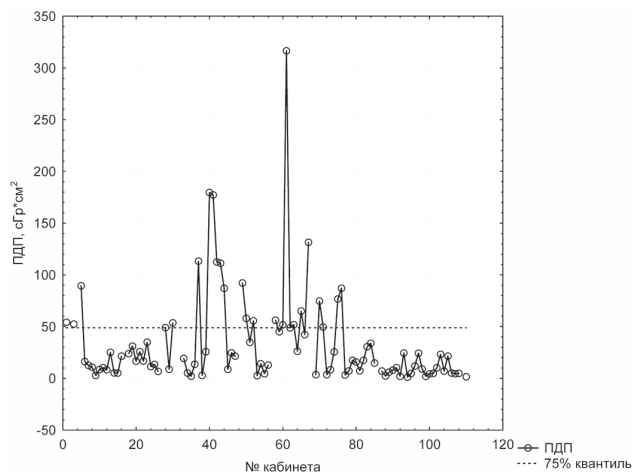
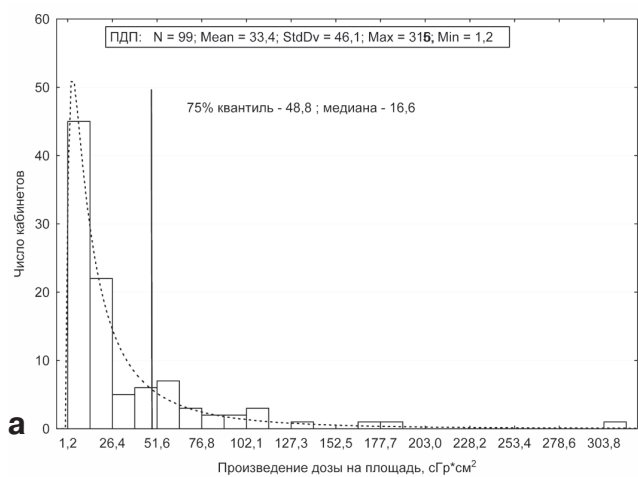


Рис. 2. Распределение числа рентгеновских аппаратов по стандартным значениям произведения дозы на площадь ПДП (а), входных доз пациентов ВД (б) и эффективных доз ЭД (в) (справа) и значения тех же характеристик в отдельных кабинетах (слева) при рентгенографии органов грудной клетки в прямой проекции в МО г. Санкт-Петербурга

Выбор дозиметрических характеристик для установления РДУ

В международной практике принятым показателем для установления РДУ является ПДП [5]. Действительно, по ряду причин (измеряемый параметр, тесно связанный с дозой, точность измерения, простота использования оборудования, метрологическое обеспечение) ПДП является оптимальной величиной для РДУ при условии наличия соответствующей инструментальной и метрологической базы [19].

Однако в ходе выполнения настоящей работы в Санкт-Петербурге и Ленинградской области выяснилось, что дозиметры с проходными ионизационными камерами (ДРК-1) для измерения ПДП в рентгеновских кабинетах МО имеется незначительное количество. Из 110 обследованных действующих рентгеновских аппаратов дозиметры присутствовали и были пригодны для использования лишь у 22 из них (20%). Число реально используемых на постоянной основе дозиметров оказалось и того меньше. По нашим данным, подобная ситуация существует во многих регионах России. Поэтому рассчитывать на массовое использование измеренных ПДП для внедрения РДУ в отечественную практику не представляется возможным.

Для определения РДУ можно также использовать измеренную ВД. Однако против использования ее в России имеется ряд возражений. Если ПДП регулярно измеряется хотя бы в части регионов России, то подобные измерения ВД, например, с помощью термолюминесцентных дозиметров нам не известны. Во-вторых, ВД менее тесно связана с дозой и риском у пациента, чем ПДП. В-третьих, ВД официально не фигурирует в отечественных нормативных документах, в отличие от ПДП и ЭД. Учитывая определенный консерватизм специалистов, можно ожидать, что переход к новому дозиметрическому показателю (ВД) вызовет определенные трудности.

Третий возможный показатель для внедрения РДУ – это ЭД, которая широко используется в отечественной рентгенодиагностике для сбора статистических данных в форме 3-ДОЗ [1, 2, 16]. Имеются различные способы ее определения, основанные на измерениях ПДП или радиационного выхода [12, 17]. Поэтому нет принципиальных препятствий при ее использовании для установления

РДУ. Преимущества ЭД общеизвестны: она специально создана как дозиметрическая величина, тесно связанная с радиационным риском, и потому наиболее пригодна для целей радиационной защиты. ЭД имеет официальный статус – с ней знакомы специалисты, есть доступная методика ее вычисления [12].

Недостаток ЭД заключается в том, что она является величиной, принципиально не измеримой, а вычисляемой по результатам вспомогательных измерений. Этап вычисления вносит неизбежную дополнительную погрешность в конечный результат. Однако высокая точность определения индивидуальных или стандартных ЭД не требуется (поскольку дозы у пациентов не нормируются).

Таким образом, анализ материалов показывает, что наиболее оптимальными величинами РДУ для внедрения в отечественную практику являются ПДП и ЭД. Следует признать, что в мировой практике для этих целей обычно используются измеряемые дозиметрические характеристики, такие как ПДП или ВД, а не расчетная ЭД.

Тем не менее, для обоснования нашего выбора мы сравнили распределения числа рентгеновских аппаратов по стандартным значениям ВД и ЭД (см. рис. 2). Как видно, за пределами 75% квантиля этих показателей оказалось приблизительно одинаковое количество преимущественно одних и тех же аппаратов (26 и 26 соответственно), где требуется анализ условий защиты пациента. Таким образом, все дозиметрические показатели подтверждают наш выбор.

Анализ результатов исследования

По данным, частично приведенным в таблице 1 и на рисунке 2, были определены средние значения дозиметрических характеристик и РДУ (как 75% квантиль) для рентгенографии органов грудной клетки в прямой проекции в г. Санкт-Петербурге. Соответствующие сведения приведены в таблице 2. Здесь же для сравнения приведены аналогичные данные из официальных отечественных и международных источников.

Как видно из таблицы 2, средняя ЭД и соответствующий РДУ в исследуемом регионе составили 0,08 мЗв и 0,1 мЗв соответственно. Средние ЭД, полученные для разных аппаратов Мариинской больницы, оказались ниже РДУ.

Таблица 2

Средние значения дозиметрических характеристик и РДУ облучения пациентов при исследовании органов грудной клетки в г. Санкт-Петербурге

Данные	МО, источник данных	Показатель	ПДП, сГр·см ²	Входная доза, мГр	Эффективная доза, мЗв
Собственные	Мариинская больница: РУМ-20 Сирескоп КРТ	Среднее	26,0	2,4	0,04
			9,5	0,12	0,02
			21,6	2,2	0,02
	г. Санкт-Петербург	Среднее	33,4	1,2	0,08
	РДУ	48,8	1,4	0,1	
Официальные	МР «Заполнение формы федерального государственного статистического наблюдения 3-ДОЗ»	Среднее рекомендованное	–	–	0,26
	Данные из формы 3-ДОЗ за 2011 г.:	Среднее «измеренное»			0,23
	Санкт-Петербург, аналоговые аппараты				0,06
	Санкт-Петербург, цифровые аппараты				0,19
	Россия, аналоговые аппараты				0,05
	Россия, цифровые аппараты				0,05
	НКДАР ООН [1]	Среднее	22,3	0,45	0,03

В то же время средние ЭД из российских официальных источников значительно превышают полученные значения, что указывает либо на повышенное облучение пациентов, либо на консерватизм существующей системы сбора данных, по меньшей мере, для рассмотренного вида исследований. Данные НКДАР оказались несколько ниже отечественных (0,03 мЗв – средняя доза).

Доза, полученная пациентом в результате РИ, часто включающего две и более процедуры (разные проекции, изображения в динамике и т.д.), определяется дозой за одну процедуру и их числом. Поэтому важным условием оптимизации радиационной защиты пациента является как оптимизация самой дозы на процедуру с помощью РДУ, так и возможное снижение числа процедур и подготовительных манипуляций с пациентом (прицеливание в режиме рентгеноскопии и др.) без потери качества диагностической информации. Число процедур следует снижать путем исключения необоснованных повторов и передачей ранее сделанных рентгеновских снимков с пациентом в случае его перемещения из одной медицинской организации в другую. Длительность и число промежуточных манипуляций также должны быть снижены, насколько это возможно.

Региональные РДУ и перспектива внедрения

Опыт стран, где РДУ уже применяются в течение ряда лет, указывает на то, что внедрять их наиболее целесообразно на региональном уровне. Обоснованием этому служит, с одной стороны, сходный уровень экономического развития внутри региона и, следовательно, оснащение учреждений здравоохранения, а с другой – взаимодействие органов управления здравоохранением и медперсонала с учетом особенностей местной медицинской практики и характеристик доступного оборудования.

Для условий России с многочисленным и разнообразным парком рентгеновских аппаратов можно ожидать значительный разброс значений дозы между аппаратами. Начинать такую работу в России надо и в связи с бурным развитием современных медицинских технологий, некоторые из которых сопряжены с дозами пациентов, в десятки и сотни раз превосходящими те, которые получены в данной работе. Поэтому применение РДУ обещает эффективную оптимизацию защиты.

К настоящему времени использование РДУ впервые введено в отечественный ОСПОРБ-99/2010 как инструмент оптимизации защиты пациента [7]. Авторами данной работы разработаны и утверждены Роспотребнадзором соответствующие методические рекомендации МР 2.6.1.0066-12 [21]. Мы сознательно ограничили современное руководство по этому вопросу уровнем рекомендаций, понимая, что массовое обязательное внедрение вызовет значительные затруднения. На данном этапе авторы скорее рассчитывают на постепенное внедрение МР 2.6.1.0066-12 в тех регионах, где традиционно органами здравоохранения и/или санитарно-эпидемиологического надзора уделяется внимание радиационной защите пациента. Этот процесс предполагается направить, в первую очередь, на те медицинские учреждения, где превышение средней дозы над РДУ наиболее значительно.

Следует также иметь в виду, что наши исследования проводились в достаточно благополучном регионе с точ-

ки зрения оснащения рентгеновскими аппаратами и подготовки специалистов. Поэтому при применении РДУ в других регионах России отклонения от среднемирового уровня могут быть большими. РДУ будут служить индикаторами обстановки в регионе и объективно указывать на необходимость повышения внимания к радиационной защите пациентов, повышения уровня подготовки специалистов, а возможно, и замены аппаратного парка.

Другим важным вопросом является регулярность обновления РДУ. По опыту европейских стран это следует делать раз в 3–5 лет [5]. Эти же временные рамки целесообразно испытать и в России с учетом периодичности проведения контроля эксплуатационных параметров рентгеновских аппаратов.

Выводы

1. Рассмотрены и сопоставлены различные методики определения РДУ на основе измеряемых и/или рассчитываемых дозиметрических характеристик, включая произведение дозы на площадь – ПДП, входную поверхностную дозу – ВД и эффективную дозу – ЭД у пациентов.

2. В качестве основной величины для применения РДУ предполагается использовать эффективную дозу, рассчитанную на основе измерений радиационного выхода рентгеновского аппарата.

3. Показано существенное различие в дозах от медицинского облучения между существующими российскими системами сбора данных и полученными на основании собственного исследования. Причина – различный подход к расчету доз.

4. Разработаны и утверждены методические рекомендации МР 2.6.1.0066-12 «Применение референтных диагностических уровней для оптимизации радиационной защиты пациента в рентгенологических исследованиях общего назначения». Они содержат базовую информацию о концепции РДУ, методологию расчета и измерения доз, практические рекомендации по оптимизации защиты пациента.

Литература

1. Sources and Effects of Ionising Radiation. United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation. – UNSCEAR 2008 Report, Volume I. – NY: United Nations, 2010. – 220 p.
2. Публикация МКРЗ 105. Радиационная защита в медицине / ред. русского перевода М.И. Балонев. – СПб.: ФГУН НИИРГ, 2011. – 66 с.
3. 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. – 32 p.
4. Радиологическая защита при медицинском облучении ионизирующим излучением : руководство по безопасности № RS-G-1.5. – Вена: МАГАТЭ, 2004. – 208 p.
5. Guidance on Diagnostic Reference Levels (DRLs) for Medical Exposures. Radiation Protection 109. Directorate-General, Environment, Nuclear Safety and Civil Protection. – European Commission, 1999. – 30 p.
6. European Guidelines on Quality Criteria for Diagnostic Radiographic Images, European Commission, EUR 16260 EN. – June 1996. – 38 p.
7. Основные санитарные правила обеспечения радиационной безопасности (ОСПОРБ-99/2010) СП 2.6.1.2612-10. – 58 с.

8. 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.
9. Вишнякова, Н.М. Оптимизация радиационной защиты пациентов при медицинском диагностическом облучении : автореф. дис. ... докт. мед. наук / Н.М. Вишнякова. – СПб., 2010. – 44 с.
10. ICRP Publication 89. Basic Anatomical and Physiological Data for Use in Radiological Protection: Reference Values // Annals ICRP. – 2002. – V. 32 (3–4).
11. Временная инструкция по применению измерителей про-изведения дозы на площадь типа ДПК-1 //АНРИ. – 2003. – № 1. – С. 46–52.
12. Контроль эффективных доз облучения пациентов при медицинских рентгенологических исследованиях МУ 2.6.1.2944-11. – М.: Роспотребнадзор, 2011. – 40 с.
13. Гигиенические требования к устройству и эксплуатации рентгеновских кабинетов, аппаратов и проведению рентгенологических исследований. СанПиН 2.6.1.1192-03. – М.: Федеральный центр Госсанэпиднадзора Минздрава России, 2003. – 67 с.
14. International commission on radiation units and measurements, Patient Dosimetry for X Rays Used in Medical Imaging, ICRU Rep. 74, ICRU, Bethesda, MD (2006). – 220 p.
15. ICRP. Publication 103. Recommendations of the ICRP // Annals ICRP. – 2008. – V. 37/2–4. – 287 p.
16. Заполнение форм федерального государственного статистического наблюдения №3-ДОЗ : методические рекомендации. М.: Роспотребнадзор, 2007.
17. 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.
18. Определение радиационного выхода рентгеновских излучателей медицинских рентгенодиагностических аппаратов : методические рекомендации. М., СПб.: ФГУН НИИРГ Роспотребнадзор, 2008. – 10 с.
19. ГОСТ Р МЭК 61223-2-1-2001 «Оценка и контроль эксплуатационных параметров рентгеновских аппаратов в отделениях (кабинетах) рентгенодиагностики. ч.2-1. испытания параметров. Устройства для фотохимической обработки пленки». – 22 с.
20. Нурлыбаев К. Радиационная защита пациентов при рентгенодиагностике – дальнейшие шаги / К. Нурлыбаев, Ю.Н. Мартынюк // АНРИ. – 2010. – № 3. – С. 53–58.
21. Применение референтных диагностических уровней для оптимизации радиационной защиты пациента в рентгенологических исследованиях общего назначения : 2.6.1. Ионизирующее излучение, радиационная безопасность : методические рекомендации МР 2.6.1.0066-12. – М.: Роспотребнадзор, 2012. – 28 с.

A.V. Vodovатов¹, S.A. Kalnitsky¹, M.I. Balonov¹, I.G. Kamyshanskaja²

Development of diagnostic reference levels (DRL) of patients X-ray exposure in diagnostic radiology

¹ Saint-Petersburg Research Institute of Radiation Hygiene after Professor P.V.Ramzaev, Saint-Petersburg

² City Mariinskiy Hospital, Saint-Petersburg

Abstract. We introduce a system of Diagnostic Reference Levels (DRLs) for patients medical exposure for national health care practice implementation. DRLs are an effective way of the patient radiation protection through the optimization of the medical exposure. The paper discusses and compares different methods of determining the DRLs based on measured and/or calculated quantities of patient's dose: dose area product (DAP), entrance surface dose (ESD) and an effective dose. Distributions of different dose quantities in different Saint-Petersburg clinics are shown on the example of chest PA examinations. The results are compared with the data from other sources. Regional DRLs for Saint-Petersburg are proposed.

Key words: X-ray examinations, radiation protection, optimization, diagnostic reference level, entrance dose, dose area product, effective dose, patient.

Водоватов А.В.

Тел. 8(812)233-42-83

E-mail: vodovatoff@gmail.com

Поступила: 25.05.2013 г.