

Оценка эффективной дозы у детей в интервенционной кардиологии

С.С. Сарычева

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

Данная работа посвящена оценке эффективной дозы у детей при интервенционных исследованиях сосудов сердца. Рассчитаны коэффициенты перехода от измеряемой величины произведения дозы на площадь к величине эффективной дозы в рамках утвержденной методики оценки эффективной дозы (МУ 2.6.1. 2944-11). Коэффициенты перехода [мЗв/(Гр • см²)] для новорожденных и детей 1 года, 5, 10 и 15 лет и (диапазон) составили 2,5 (1,8–3,2); 1,1 (0,8–1,3); 0,6 (0,4–0,7); 0,4 (0,3–0,5); и 0,22 (0,18–0,30) соответственно. Для расчета дозовых коэффициентов использовали специальную компьютерную программу РСХМС 2.0, разработанную в Финляндии. На основании собранной статистики возможных изменений физико-технических и геометрических параметров проведения исследований выполнены серии расчетов для различных значений параметров с учетом их реально существующего диапазона значений и рассчитаны значения коэффициентов перехода от напрямую измеряемой величины произведения дозы на площадь к эффективной дозе для всех возрастных групп. Рассчитаны коэффициенты перехода, соответствующие наиболее характерным значениям параметров проведения исследований. Данные о параметрах проведения исследований были получены при анализе 153 детских интервенционных исследований, проведенных в двух клиниках города Санкт-Петербурга за период одного года с лета 2015 г. В рамках работы была рассмотрена зависимость дозовых коэффициентов перехода от возраста пациента и от параметров проведения исследования. Изучена зависимость коэффициентов перехода от качества излучения, определяемого фильтрацией пучка рентгеновского излучения и напряжением на трубке рентгеновского аппарата, и показана зависимость коэффициентов перехода от возраста пациента. Чем младше пациент, жестче фильтрация и выше напряжение, тем выше значение дозового коэффициента. Дозовые коэффициенты в младшей (новорожденные) и старшей (15 лет) возрастных группах отличаются между собой на порядок величины. Показано, что изменения геометрических параметров проведения процедуры слабо влияют на значение эффективной дозы, не превышая допустимых для целей радиационной защиты 30–50%. Оценены значения эффективных доз детей при проведении кардиологических интервенционных исследований. В сложных случаях доза за исследование может достигать нескольких десятков мЗв.

Ключевые слова: интервенционная радиология, эффективная доза, дети, программа РСХМС 2.0.

Введение

Интервенционные рентгенологические исследования (ИРЛИ), включая исследования детей, характеризуются сложностью и длительностью проведения, а также высокими уровнями облучения пациентов. С развитием технического оснащения становится все более возможным проведение ИРЛИ, недоступных ранее из-за малых размеров сосудов пациентов. Большинство детских ИРЛИ призваны диагностировать либо излечить различные врожденные пороки сердечно-сосудистой системы (пороки сердца, артериовенозные мальформации и пр.), и при возникновении технической возможности данный вид рентгенологических ис-

следований все сильнее смещается в сторону младших возрастных категорий. Учитывая высокую радиационную чувствительность детей, необходимо уделять повышенное внимание радиационной защите пациентов в педиатрии.

В действующих на данный момент МУ 2.6.1.2944-11 «Контроль эффективных доз облучения пациентов при проведении медицинских рентгенологических исследований» нет данных для оценки эффективной дозы детей при проведении ИРЛИ. Целью данного исследования было рассчитать коэффициенты перехода от измеряемой величины произведения дозы на площадь (ПДП) к величине эффективной дозы (Е) для наиболее востребован-

Сарычева Светлана Сергеевна

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: Svetlana2003@mail.ru

ного вида детских ИРЛИ – исследований сосудов сердца, в рамках утвержденной методики оценки эффективной дозы.

Материалы и методы

Уровни облучения пациентов при исследованиях сосудов сердца у детей изучались на базе Детской городской больницы № 1 г. Санкт-Петербурга (1-я ДГБ), аппарат Siemens Artis Zee, и в перинатальном центре Северо-Западного федерального медицинского исследовательского центра имени В.А. Алмазова (СЗФМИЦ им. Алмазова), аппарат Philips Allura Xper FD10.

В ходе работы были собраны и проанализированы следующие данные:

– *параметры излучения*: материал и толщина фильтра рентгеновской трубки, характеристики работы аппарата в режимах рентгеноскопии (импульсный/непрерывный) и рентгенографии (частота снимков – кадров/с); диапазон изменения напряжения на аноде трубки в ходе проведения процедуры;

– *геометрические параметры исследований*: расстояния «источник – приемник» и «источник – пациент», положение рентгеновской трубки по отношению к пациенту, размер рабочего поля, степень дополнительной коллимации;

– *дозиметрические данные*: суммарное значение ПДП за исследование, время облучения пациента в режимах рентгеноскопии и рентгенографии, количество сделанных за исследование снимков.

Всего в течение года, начиная с лета 2015 г., были собраны сведения о 153 проведенных коронарных ИРЛИ: 79 пациентов из 1-й ДГБ и 74 пациента из СЗФМИЦ им. Алмазова. На лето 2016 г. это – единственные клиники в Северо-Западном регионе, где на постоянной основе проводится данный вид медицинского вмешательства.

В таблице 1 представлены значения основных физико-технических и геометрических параметров проведения коронарных ИРЛИ пациентам разных возрастных групп. Даны значения расстояний от источника до приемника (РИП) в сантиметрах, диаметра рабочего поля на приемнике (Image Intensifier (II)), см и напряжения на трубке U, кВ. Данные по основным используемым проек-

циям представлены в формате LAO (угол наклона трубки влево)/ CRA (угол краниального наклона трубки). Детские коронарные исследования характеризуются гораздо меньшими вариациями в позиционировании пучка по сравнению с исследованиями взрослых пациентов [1, 2]: основными положениями трубки являются задне-передняя (0/0) и несколько левых боковых (LAO/0) и правых боковых (-RAO/0) проекций. Краниальные наклоны (0, CRA) используются только у старших возрастных групп.

Расчеты эффективной дозы в соответствии с ее определением [3] проводились для условного человека, имеющего полный набор мужских и женских органов. В качестве моделей были использованы антропоморфные гетерогенные фантомы тела детей в возрасте: новорожденного (младенец до 6 месяцев), 1 год (0,5–2 года), 5 лет (3–7 лет), 10 лет (8–12 лет), 15 лет (13–17 лет), рекомендованные в качестве стандартных для проведения такого рода расчетов. Значения роста и массы тела данных фантомов также представлены в таблице 1.

Согласно МУ 2.6.1.2944-11, оценку значения эффективной дозы у пациента можно выполнить, проводя измерения ПДП в ходе исследования и используя заранее рассчитанные дозовые коэффициенты перехода от значения ПДП к эффективной дозе в зависимости от физических и геометрических параметров исследования.

Для расчета дозовых коэффициентов использовали специальную компьютерную программу РСХМС 2.0, разработанную в Финляндии. Данная программа имеет хорошее согласие с общепризнанными методиками оценки эффективных доз [4–6]. На основании собранной статистики выполнены серии расчетов для различных значений параметров проведения исследования с учетом их реально существующего диапазона значений и рассчитаны значения коэффициентов перехода от ПДП к эффективной дозе для всех возрастных групп.

Результаты и обсуждение

Особенностью ИРЛИ младенцев является применение больших форматов изображения относительно размера тела. При исследовании новорожденных и маленьких детей приемник полностью перекрывает пациента, использование же цифрового увеличенного изображения не

Таблица 1

Физико-технические и геометрические параметры кардиологических интервенционных процедур для пациентов пяти возрастных групп

[Table 1

Physical and geometrical parameters of cardiac interventional procedures for five age groups of patients]

Возраст, лет [Age, year]	Рост фантома, см [growth, cm]	Масса тела фантома, кг [Weight, kg]	РИП*, см [SPD*, cm]	II**, см [II, cm]	U, кВ [U, kV]	Основные проекции [Main projection] LAO/CRA
Новорожденный [newborn]	51	3,5	70–90	16–20	60 – 65	0/0, 30/0, 90/0
1	76	10	70–90	20–25	60–70	0/0, 30/0, 60/0, 90/0
5	109	19	70–90	25	60–70	0/0, 20/0, 90/0
10	138	32	70–80	25	60–80	0/0, 30/30, 90/0
15	164	54,4	70–80	25	70–90	0/0, 60/15, 90/0

* Расстояние источник – пациент (РИП) [source-patient distance (SPD)].

** Image Intensifier (II) – заданный диаметр рабочего поля на приемнике [the supplied diameter of the input field on the Image Intensifier].

рекомендовано, т.к. это может сильно увеличить дозу без достаточного на то обоснования. В связи с этим исследование преимущественно проводят на больших полях, ограничивая зону интереса лишь с помощью коллимации [4]. Как видно из таблицы 1, большинство исследований, рассматриваемых в данной работе, также проводились при наибольшем размере рабочего поля приемника (25 см), за исключением совсем маленьких пациентов, где особенно важно было получить хорошее разрешение ввиду малых размеров исследуемых объектов. Реальные размеры поля излучения задавались непосредственно с помощью шторок коллимации, однако данная информация о степени коллимации при проведении ИРЛИ на экранах не отображалась. Исходя из данных соображений и особенностей программы РСХМС 2.0, которая позволяет оценить, какие органы попадают в рентгеновский снимок при заданном значении поля на теле пациента, расчеты проводились с использованием значения поля на теле пациента. Размер поля на теле пациента подбирался методом сопоставления картинки в программе с реальным изображением, получаемым в ходе проведенных исследований. Расчеты проводились для размеров диаметра поля на теле пациента (\varnothing) в 7, 9, 11, 13, 15, 17 и 19 см (разные степени коллимации поля в зависимости от возраста/размера пациента). Также при расчетах учитывали разброс в позиционировании пучка относительно тела человека. Центрирование пучка в области сердца (основное положение при исследовании) в программе РСХМС 2.0 при исследовании фантома новорожденного соответствует координатам (0.0.16), при возрастах 1 год, 5, 10 и 15 лет – (0.0.22), (0.0.30), (0.0.36) и (0.0.44) соответственно. Также оценивали влияние смещения центра поля на 2 см в каждую из сторон на величину коэффициента перехода.

Результаты расчетов дозовых коэффициентов перехода [значения эффективной дозы на единицу ПДП, мЗв/(Гр·см²)] для коронарных ИРЛИ новорожденных при напряжении 60 кВ и фильтрации (3 мм Al +0,1 мм Cu) при возможных изменениях значений параметров представлены в таблице 2. В качестве характерного значения коэффициента перехода было установлено значение коэффициента при наиболее характерных для данной процедуры значениях параметров.

Для данной возрастной группы (новорожденные) была выявлена наибольшая чувствительность коэффициентов перехода к изменениям параметров проведения исследований, по сравнению с остальными возрастными группами. Слабое использование коллимации (работа с относительно большими изображениями) приводит к уменьшению коэффициента перехода. Изменения в расстояниях источник – пациент практически не влияют на дозу пациента, а смещение поля облучения приводит как к уменьшению, так и к увеличению дозы, чем было решено пренебречь ввиду сложности учета данного фактора и того, что основное положение поля центруется в зоне интереса.

Подобные расчеты были произведены и для других возрастных групп. Коэффициенты перехода для пациентов 1 года, 5, 10 и 15 лет, характерное значение и (разброс) составили 1,1 (0,8–1,3); 0,6 (0,4–0,7); 0,4 (0,3–0,5); и 0,22 (0,18–0,3) соответственно. Коэффициенты перехода от значения ПДП к эффективной дозе для коронарных ИРЛИ в педиатрии, как и ожидалось, различаются в зависимости от возраста пациента.

Чаще всего коронарные ИРЛИ проводят детям до 7 лет, что отражено в зарубежных литературных источниках [7] и связано с тем, что детские ИРЛИ преимущественно направлены на коррекцию врожденных пороков. Проведение ИРЛИ новорожденных гораздо сложнее в техническом плане и требует специальных приспособлений, однако в нашей стране такие процедуры тоже проводятся.

Вместе с возрастной зависимостью дозовых коэффициентов перехода была выявлена их зависимость от качества излучения, а именно фильтрации и напряжения на рентгеновской трубке, характерная и для исследования взрослых пациентов [1]. Чем младше пациент, жестче фильтрация и выше напряжение, тем выше значение дозового коэффициента. В одной возрастной группе и при заданном качестве излучения результаты расчетов при вариации геометрических параметров отличаются от характерных значений в пределах 30% погрешности. Допустимой погрешностью при оценке доз для диагностических процедур для целей радиационной защиты является 30–50% [4], что позволяет использовать далее характерные значения коэффициентов, оставив лишь зависимость от возраста и качества излучения.

Таблица 2
Дозовые коэффициенты перехода [мЗв/(Гр·см²)] для коронарных ИРЛИ новорожденных детей (0–6 месяцев)
 [Table 2
Dose conversion coefficients [mSv/(Gy·cm²)] for coronary interventions on newborn infants (0–6 months)]

Проекция [Projection]	(0.0.16); РИП*80; 60 кВ [(0.0.16); SPD80; 60kV]			(0.0.16)**; 60кВ; Ø9см [(0.0.16); 60kV; Ø9 cm]			Ø 9 см; 60 кВ, РИП 80 [Ø9 cm; 60kV; SPD80]			
	Ø 7 см [cm]	Ø 9 см [cm]	Ø 11 см [cm]	РИП [SPD]70	РИП [SPD]80	РИП [SPD]90	(2.2. 18)	(-2.-2. 18)	(2.2. 14)	(-2.-2. 14)
0	2,6	2,5	2	2,6	2,5	2,6	1,8	1,8	2,2	2,2
LAO 30	2,3	2,3	1,9	2,2	2,3	2,3	1,9	1,8	2,6	2,3
LAO 90	2,4	2,6	1,9	2,5	2,6	2,6	1,8	2,1	2,5	3,2

Характерное значение коэффициента¹ при использовании коллимации – 2,5; диапазон значений: (1,8–3,2)
 [The main value of the conversion coefficient¹ with using a collimation – 2.5; Value range: (1,8–3,2)]

* Расстояние источник – пациент (РИП) [source-patient distance (SPD)].

** (0,0,16) – координаты центра пучка для программы РСХМС 2.0.

¹ Значения коэффициентов перехода при наиболее характерных для данной процедуры значениях параметров.
 [The values of the conversion coefficients which are obtained by using the most characteristic parameter values.]

Коэффициенты перехода для пациентов разных возрастов при различных параметрах напряжения на трубке и фильтрации излучения представлены в таблице 3.

Сравнения полученных нами коэффициентов перехода (K_d^E) от измеренного значения ПДП к эффективной дозе пациентов разных возрастов с аналогичными данными из литературных источников представлены в таблице 4. В ряде публикаций результаты приведены для

ангиографических аппаратов с двумя рентгеновскими трубками, в связи с чем значения коэффициентов рассчитаны отдельно для прямой (РА) и боковой (LAT) проекций, в таблице значения приведены через слеш – РА/LAT.

Полученные нами дозовые коэффициенты перехода и данные из литературных источников наглядно демонстрируют зависимость коэффициентов от возраста пациента и качества излучения.

Таблица 3

Значения коэффициентов перехода (K_d^E) от измеренного значения ПДП к эффективной дозе пациентов разных возрастов при различных параметрах качества излучения (напряжение и фильтрация)

[Table 3]

The values of the conversion coefficient (K_d^E) from the measured DAP value to the effective dose of the patients of different ages with different parameters of the radiation quality (voltage and filtration)]

Фильтрация [Filtration]	Напряжение, кВ [U, kV]	Возрастная группа, лет [Age group, year]				
		0	1	5	10	15
Коэффициент перехода K_d^E , мЗв/(Гр×см ²) [Conversion coefficient K_d^E , mSv/(Gy×cm ²)]						
4,5 mm Al	60	2,2	0,9	0,49	0,33	0,15
	70	2,3	1,0	0,56	0,47	0,19
	80	–	–	–	0,42	0,22
3 mm Al + 0,1 mm Cu	60	2,5	1,0	0,56	0,37	0,18
	70	2,8	1,2	0,64	0,42	0,22
	80	–	–	–	0,47	0,26
3 mm Al + 0,3 mm Cu	60	3,1	1,3	0,7	0,46	0,24
	70	3,3	1,4	0,8	0,51	0,29
	80	–	–	–	0,56	0,33

Таблица 4

Сравнение коэффициентов перехода, полученных в данном исследовании, с данными из литературных источников [7–13]

[Table 4]

Comparison of the conversion coefficients obtained in this study with the data from the literature [7–13]

Источник [Reference]	Фильтрация [Filtration]	Возрастная группа, лет [Age group, year]				
		Новорожденные [Newborn]	1	5	10	15
Наши данные [Our data]	3 mm Al + 0,1 mm Cu (65 kV)	2,6	1,1	0,6	0,4	0,2
[8]	3 mm Al (65 kV)	1,97 / 2,34	0,87 / 1,15	0,45 / 0,64	0,27 / 0,38	0,16 / 0,22
[8]	6 mm Al + 0,4 mm Cu	3,7	1,9	1,0	0,6	0,4
[7]	2.5 mm Al	1,03-1,18 / 2,14-2,48	0,47 / 1,02	0,35 / 0,71	0,26 / 0,53	0,16 / 0,32
[9]	3 mm Al (58-70 kV)		1,8 / 1,4	0,9 / 0,7		
[10]	3 mm Al (65 kV)	2,05 / 2,34	0,82 / 1,16	0,42 / 0,64	0,24 / 0,38	0,13 / 0,22
[11]	1,5 mm Al + 0,2 (+0,4) mmCu		1,31 (1,59)			
[12]	Нет данных [no data]	1,67		0,35		0,13
[13]	3 mm Al (65 kV)	2,72	1,01	0,49	0,29	0,16

В таблице 5 приведены медиана и диапазон значений эффективных доз, которые получают дети при проведении коронарных ИРЛИ: даны средние значения массы тела и возраста для пяти групп. Данные по эффективной дозе получены с использованием рассчитанных в данной работе коэффициентов перехода и собранной статистики по величине ПДП для города Санкт-Петербурга.

Данные из литературных источников отражают те же порядки величин эффективных доз, что и полученные в данной работе. Численные значения эффективных доз в литературных данных преимущественно лежат в пределах 1–15 мЗв [7, 8, 13–16].

Заключение

При проведении высокодозных ИРЛИ пациентам-детям должны особенно соблюдаться принципы обоснования назначения и оптимизации радиационной защиты. Для обоснования медицинской процедуры необходимо учитывать риски от ее проведения, в том числе радиационный риск. Эффективная доза является мерой риска возникновения стохастических эффектов от проведения медицинских рентгенологических процедур.

Данная работа посвящена оценке значений эффективной дозы педиатрических пациентов: рассчитаны коэффициенты перехода от измеряемых значений ПДП к эффективной дозе с учетом реально существующего диапазона значений основных параметров проведения процедуры. Показано, что изменения геометрических параметров проведения процедуры влияют на значение эффективной дозы в пределах допустимых для целей радиационной защиты 30–50% [4].

Изучена зависимость коэффициентов перехода от качества излучения, определяемого фильтрацией пучка рентгеновского излучения и напряжением на трубке рентгеновского аппарата. Также показана зависимость коэффициентов перехода от возраста пациента: чем младше пациент, тем выше дозовый коэффициент перехода. Дозовые коэффициенты в младшей (новорожденные) и старшей (15 лет) возрастных группах отличаются между собой на порядок величины.

Оценены значения эффективных доз пациентов-детей при проведении кардиологических ИРЛИ. В сложных случаях доза за исследование может достигать нескольких десятков мЗв.

Литература

1. Голиков, В.Ю. Оценка доз облучения пациентов при проведении интервенционных рентгенологических исследований / В.Ю. Голиков, С.С. Сарычева, М.И. Балонов, С.А. Кальницкий // Радиационная гигиена. – 2009. – Т. 2, № 3. – С. 75-88.
2. Sarycheva S., Golikov V., Kalnitsky S. Studies of patient doses in interventional radiological examinations. Radiation Protection Dosimetry, 2010, Vol. 139, No 1-3, pp. 258-261.
3. ICRP, 1991. 1990 Recommendations of the International Commission on Radiological Protection. ICRP Publication 60. Ann. ICRP 21 (1-3).
4. ICRP, 1996. Conversion Coefficients for use in Radiological Protection against External Radiation. ICRP Publication 74. Ann. ICRP 26 (3-4).
5. Голиков, В.Ю. Оценка эффективных доз облучения пациентов при проведении рентгенологических исследований / В.Ю. Голиков, А.Н. Барковский, Н.К. Барышков, А.Ю. Власов // Радиационная гигиена: сб. науч. трудов. - СПб.: ФГУН НИИРГ им. Проф. П.В. Рамзаева, 2003. - С. 75-88.
6. Tapiovaara M. A. Monte Carlo program for calculating patient doses in medical x-ray examinations. Ed.: M. Tapiovaara, T. Siiskonen. STUK-A231. November 2008, 49 p.
7. Rassow J., Schmaltz A.A., Hentrich F., Steffer C. Effective doses to patients from pediatric cardiac catheterization. Br J Radiol, 2000, Vol. 73, pp. 172-183.
8. Karambatsakidou A. [et al.] Effective dose conversion factors in pediatric interventional cardiology. Br J Radiol, 2009, Vol. 82, pp. 748-755.
9. Axelsson B. [et al.] Estimating the effective dose to children undergoing heart investigations – a phantom study. Br J Radiol, 1999, Vol. 72, pp. 378-383.
10. Schmidt P.W.E. Conversion factors for the estimation of effective dose in pediatric cardiac angiography. Phys. Med. Biol., 2000, Vol. 85, pp. 3095-3107.
11. Bacher K. [et al.] Patient-specific dose and radiation risk estimation in pediatric cardiac catheterization. Circulation, 2005, Vol. 111, pp. 83-89.
12. Schultz F.W., Geleijns J., Spoelstra F.M., Zoete J. Monte Carlo calculations for assessment of radiation dose to patients with congenital heart defect and to staff during cardiac catheterizations. Br J Radiol, 2003, Vol. 76, pp. 638-647.
13. Onnasch D.G.W., Schroder F.K., Fischer G., Kramer H.H. Diagnostic reference levels and effective dose in pediatric cardiac catheterization. Br J Radiol, 2007, Vol. 80, pp. 177-185.
14. Miksys N., Gordon C.L., Thomas K., Connolly B.L. Estimating effective dose to pediatric patients undergoing interventional radiology procedures using anthropomorphic phantoms and MOSFET dosimeters. AJR, 2010, Vol. 194, pp. 1315-1322.

Таблица 5

Эффективные дозы детей при прохождении коронарных ИРЛИ в городе Санкт-Петербурге

[Table 5]

Effective doses of pediatric patients undergoing coronary intervention in St. Petersburg

Возраст, лет [Age, year]	Масса тела, кг [Weight, kg]	Число пациентов (общее (1-я ДГБ+СЗФМИЦ)) [Number of patients, (common (1st clinic+2nd clinic))]	Эффективная доза, мЗв [Effective dose, mSv]
1,5 месяца [months]	4	21 (14 + 7)	4 (0,8–26)
1,4	12	26 (14 + 12)	2 (0,3–12)
4,6	20	53 (25 + 28)	1 (0,2–16)
9,8	33	31 (9 + 22)	1 (0,2–24)
15,5	64,8	22 (12 + 10)	1 (0,1–16)

15. Radiological Protection of Patients in Diagnostic and Interventional Radiology, Nuclear Medicine and Radiotherapy. Proceeding of Intern. Conf. Malaga, Spain, 26-30 March 2001. Vienna, IAEA, 2001, 587 p.
16. Harbron R.W. [et al.] Patient radiation doses in pediatric interventional cardiology procedures: a review. J. Radiol. Prot., 2016, Vol. 36, No 4, pp. r131-R144.

Поступила: 01.02.2017 г.

Сарычева Светлана Сергеевна – 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. **Адрес для переписки:** 197101, Россия, Санкт-Петербург, ул. Мира, д. 8; E-mail: Svetlana2003@mail.ru

Для цитирования: Сарычева С.С. Оценка эффективной дозы у детей в интервенционной кардиологии // Радиационная гигиена. – 2017. – Т. 10, № 2. – С. 16–22. DOI: 10.21514/1998-426X-2017-10-2-16-22

Estimation of effective dose for children in interventional cardiology

Svetlana S. Sarycheva

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

This study is devoted to the estimation of effective dose for children undergoing interventional cardiology examinations. The conversion coefficients (CC) from directly measured dose area product (DAP) value to effective dose (ED) were calculated within the approved effective dose assessment methodology (Guidelines 2.6.1. 2944-11). The CC, K_d^E , [$mSv / (Gy \cdot cm^2)$] for newborn infants and children of 1, 5, 10 and 15 years old (main(range)) were calculated as 2.5 (1.8-3.2); 1.1 (0.8-1.3); 0.6 (0.4-0.7); 0.4 (0.3-0.5); and 0,22 (0,18-0,30) respectively. A special Finnish computer program PCXMC 2.0 was used for calculating the dose CC. The series of calculations were made for different values of the physical and geometrical parameters based on their real-existing range of values. The value of CC from DAP to ED were calculated for all pediatric age groups. This work included 153 pediatric interventional studies carried out in two hospitals of the city of St. Petersburg for the period of one year from the summer of 2015. The dose CC dependency from the patient's age and parameters of the examinations were under the study. The dependence from the beam quality (filtration and tube voltage) and age of the patient were found. The younger is the patient, stronger is the filtration and higher is the voltage, the higher is the CC value. The CC in the younger (newborn) and older (15 years) age groups are different by the factor of 10. It was shown that the changes of the geometric parameters (in the scope of their real existing range) have small effect on the value of the effective dose, not exceed 30-50% allowable for radiation protection purpose. The real values of effective doses of children undergoing cardiac interventions were estimated. In severe cases, the values of ED can reach several tens of mSv.

Key words: interventional cardiology, effective dose, pediatric patient, program PCXMC 2.0.

References

1. Golikov V., Sarycheva S., Balonov M., Kalnitsky S. The patient dose assessment during the interventional radiological examinations. Radiatsionnaya Gygiena = Radiation Hygiene, 2009, Vol. 2, №3, pp. 75-88. (In Russian)
2. Sarycheva S., Golikov V., Kalnitsky S. Studies of patient doses in interventional radiological examinations. Radiation Protection Dosimetry, 2010, Vol. 139, No 1-3, pp. 258-261.

Svetlana S. Sarycheva

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

Address for correspondence: Mira Str., 8, Saint-Petersburg, 197101, Russia; E-mail: Svetlana2003@mail.ru

3. ICRP, 1991. 1990 Recommendations of the International Commission on Radiological Protection. ICRP Publication 60. Ann. ICRP 21 (1-3).
4. ICRP, 1996. Conversion Coefficients for use in Radiological Protection against External Radiation. ICRP Publication 74. Ann. ICRP 26 (3-4).
5. Golikov V., Barkovsky A.N., Baryshkov N.K., Vlasov A.Yu. Evaluation of the effective doses to patients during radiological examinations. Radiatsionnaya Gygiena = Radiation Hygiene, SPb., 2003, pp. 75 – 88. (In Russian)
6. Tapiovaara M. A. Monte Carlo program for calculating patient doses in medical x-ray examinations. Ed.: M. Tapiovaara, T. Siiskonen. STUK-A231. November 2008, 49 p.
7. Rassow J., Schmaltz A.A., Hentrich F., Steffer C. Effective doses to patients from pediatric cardiac catheterization. Br J Radiol, 2000, Vol. 73, pp. 172-183.
8. Karambatsakidou A. [et al.] Effective dose conversion factors in pediatric interventional cardiology. Br J Radiol, 2009, Vol. 82, pp. 748-755.
9. Axelsson B. [et al.] Estimating the effective dose to children undergoing heart investigations – a phantom study. Br J Radiol, 1999, Vol. 72, pp. 378-383.
10. Schmidt P.W.E. Conversion factors for the estimation of effective dose in pediatric cardiac angiography. Phys. Med. Biol., 2000, Vol. 85, pp. 3095-3107.
11. Bacher K. [et al.] Patient-specific dose and radiation risk estimation in pediatric cardiac catheterization. Circulation, 2005, Vol. 111, pp. 83-89.
12. Schultz F.W., Geleijns J., Spoelstra F.M., Zoete J. Monte Carlo calculations for assessment of radiation dose to patients with congenital heart defect and to staff during cardiac catheterizations. Br J Radiol, 2003, Vol. 76, pp. 638-647.
13. Onnasch D.G.W., Schroder F.K., Fischer G., Kramer H.H. Diagnostic reference levels and effective dose in pediatric cardiac catheterization. Br J Radiol, 2007, Vol. 80, pp. 177-185.
14. Miksys N., Gordon C.L., Thomas K., Connolly B.L. Estimating effective dose to pediatric patients undergoing interventional radiology procedures using anthropomorphic phantoms and MOSFET dosimeters. AJR, 2010, Vol. 194, pp. 1315-1322.
15. Radiological Protection of Patients in Diagnostic and Interventional Radiology, Nuclear Medicine and Radiotherapy. Proceeding of Intern. Conf. Malaga, Spain, 26-30 March 2001. Vienna, IAEA, 2001, 587 p.
16. Harbron R.W. [et al.] Patient radiation doses in pediatric interventional cardiology procedures: a review. J. Radiol. Prot, 2016, Vol. 36, No 4, pp. R131-R144.

Received: February 01, 2017

For correspondence: Svetlana S. Sarycheva – Senior Scientific 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 (Mira Str., 8, St. Petersburg, 197101, Russia; E-mail: Svetlana2003@mail.ru).

For citation: Sarycheva S.S. Estimation of effective dose for children in interventional cardiology. Radiatsionnaya Gygiena = Radiation Hygiene, 2017, Vol.10, No 2, pp. 16–22. (In Russian) DOI: 10.21514/1998-426X-2017-10-2-16-22.