

Уровни медицинского облучения детей в г. Санкт-Петербурге и возможность применения референтных диагностических уровней

И.Г. Шацкий

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

Региональное исследование проведено в 12 детских специализированных медицинских организациях в г. Санкт-Петербурге для оценки уровней облучения детей (новорожденные, 1, 5, 10 и 15 лет) при наиболее распространенных рентгенографических исследованиях. Представлены средние значения эффективных доз для каждой возрастной группы, а также минимальные и максимальные средние эффективные дозы для рентгеновского аппарата для каждого вида исследований и квантили распределений доз. Отношение максимального и минимального значений доз для различных рентгеновских аппаратов в среднем составляет 15 раз. Проведено сравнение средних эффективных доз за проекцию в больницах Санкт-Петербурга с аналогичными данными из итальянских больниц.

Ключевые слова: пациенты, дети, медицинское облучение, рентгенологические исследования, эффективная доза.

Введение

Риск развития у детей стохастических радиогенных эффектов медицинского облучения значительно выше, чем у взрослых вследствие как более высокой радиочувствительности ряда органов и тканей, так и большей продолжительности предстоящей жизни для возможности реализации этих эффектов. Так, для детей младшего возраста радиационный риск облучения всего тела в 2–3 раза выше, чем для всей популяции [1–3]. С учетом этих обстоятельств обеспечение радиационной защиты в педиатрии требует особого внимания. Поэтому очень важно, чтобы медицинское воздействие ионизирующего излучения на детей было обосновано и по возможности оптимизировано с учетом требований радиационной защиты. Для всех рентгенологических исследований детей дозы должны быть определены количественно и использованы для целей защиты.

Ценным и хорошо зарекомендовавшим себя инструментом оптимизации радиационной защиты пациентов являются референтные диагностические уровни (РДУ). Однако концепция РДУ во многих случаях не находит применения в детской рентгенологии по различным причинам. В большинстве случаев причинами являются трудности, возникающие при исследовании доз и определении соответствующих референтных уровней для детей. Вероятно, только незначительное количество данных о детских дозах доступно в литературе, потому что число медицинских обследований детей, как правило, ниже, чем взрослых, и при этом данные должны быть разделены на возрастные группы, чтобы правильно отразить физические параметры пациента. Тем не менее, оптимизация диагностических рентгенологических процедур с учетом требований радиационной защиты является чрезвычайно важной для детей, проходящих медицинские обследования.

Цели исследования:

— оценка дозовых нагрузок детей для наиболее распространенных рентгенографических исследований общего назначения;

— сравнение полученных данных с литературными;
— предложение проекта референтных диагностических уровней для ряда распространенных рентгенографических исследований.

Материалы и методы

В связи с особенностями аппаратного оснащения и практики отечественной рентгеновской диагностики определение дозовых нагрузок и 75% квантиля распределения осуществлялись в терминах и единицах эффективной дозы.

В рамках работы были обследованы 14 рентгенодиагностических аппаратов в 12 детских специализированных медицинских организациях в г. Санкт-Петербурге: 8 многопрофильных больниц, 2 детские поликлиники, 1 роддом, 1 восстановительный центр детской ортопедии и травматологии. Для 4 аппаратов собирали индивидуальные параметры проведения процедур для отдельных пациентов, для остальных аппаратов – средние для каждой возрастной группы, путем анкетирования врачей и лаборантов.

Расчет эффективных доз осуществляли по данным о режимах проведения рентгенологической процедуры и радиационном выходе аппарата. Входные параметры для расчета эффективной дозы пациентов – физические и технические параметры рентгеновского аппарата (ток и время экспозиции, напряжение, фильтрация, радиационный выход) и геометрические параметры исследования (размер и проекция области исследования, расстояние источник-приемник и т.д.). На основании индивидуальных параметров проведения процедур определяли эффективные дозы пациентов, из которых затем вычисляли средние дозы. Последние объединяли с результатами расчетов эффективных доз у стандартных пациентов по средним режимам для возрастных групп для остальных аппаратов и использовали для статистической обработки, в том числе для определения 75% квантиля распределения.

Сбор данных был стандартизирован. Во всех учреждениях для каждого аппарата информацию о средних параметрах проведения процедур заносили в анкетные

бланки. Перед статистическим анализом все представленные данные были проверены на достоверность. С целью получения достаточной точности расчетных значений доз проводили выборочные проверки. Исходные данные были объединены с измерениями радиационного выхода.

Из обширного перечня рентгенографических исследований в данную работу были включены 8 наиболее часто выполняемых: исследования черепа (ЗП, Бок), шейного отдела позвоночника (ПЗ, Бок), грудного отдела позвоночника (ПЗ, Бок), поясничного отдела позвоночника (ПЗ, Бок), грудной клетки (ПЗ/ЗП, Бок), брюшной полости (ПЗ), таза (ЗП), бедра (ПЗ). Было выделено пять возрастных групп детей: новорожденные (<0,5), 0,5–2, 3–7, 8–12 и 13–18 лет – со средним возрастом 0, 1, 5, 10 и 15 лет соответственно. Антропометрические данные для каждой возрастной группы были взяты в соответствии с параметрами набора математических антропоморфных гермафродитных фантомов [4] и приняты в качестве характеристик стандартного пациента в каждой группе (табл. 1) для сбора средних режимов проведения процедур и вычисления значений эффективных доз.

Типичные физико-технические и геометрические параметры для выбранных типов исследований стандартных пациентов были получены для каждого из 14 обследованных рентгеновских аппаратов из данных, собранных в 12 больницах Санкт-Петербурга. Соответственно, для каждого аппарата были определены эффективные дозы стандартных пациентов, которые в дальнейшем подверглись статистической обработке и использовались для определения 75% квантиля распределения. Всего было собрано 590 наборов параметров для указанных выше ви-

дов исследований и возрастных групп, необходимые для оценки эффективных доз.

Эффективные дозы (ЭД) у стандартных пациентов были оценены для всех 590 наборов параметров с использованием программы EDEREX [5].

Таблица 1
Антропометрические характеристики стандартных пациентов в каждой возрастной группе [4]

Возраст, лет	Масса тела, кг	Рост, см	Размер туловища, см	
			Передне-задний	Боковой
0 0–5 мес.	3,5	51,5	9,8	12,7
1 0,5–2	9,3	75	13	17,6
5 3–7	19	109	15	22,9
10 8–12	31,9	138,6	16,8	27,8
15 13–18	54,4	164	19,6	34,5

Результаты и обсуждение

Набор рентгеновских исследований варьируется в каждой больнице в зависимости от ее специализации. В таблице 2 представлены средние значения эффективных доз для каждой возрастной группы, а также минимальные и максимальные средние эффективные дозы для рентгеновского аппарата для каждого вида исследований и квантили распределений доз. Для ряда процедур квантили не были рассчитаны из-за малого количества кабинетов, предоставивших информацию.

Таблица 2
Средние, максимальные и минимальные значения и квантили эффективных доз

Проекция	Возрастная группа	Число кабинетов	Эффективная доза, мЗв					
			Средняя	Минимальная	Максимальная	25% квантиль	Медиана	75% квантиль
Череп								
Прямая	0	11	0,04	0,01	0,17	0,01	0,02	0,05
	1	10	0,03	0,004	0,07	0,01	0,02	0,07
	5	11	0,04	0,010	0,09	0,01	0,04	0,09
	10	11	0,04	0,019	0,07	0,03	0,04	0,06
	15	11	0,05	0,010	0,14	0,02	0,02	0,09
Боковая	0	11	0,03	0,004	0,08	0,01	0,01	0,05
	1	11	0,02	0,002	0,04	0,01	0,02	0,03
	5	10	0,02	0,002	0,04	0,00	0,02	0,03
	10	11	0,02	0,010	0,04	0,02	0,02	0,03
	15	10	0,03	0,010	0,07	0,01	0,02	0,03
Органы грудной клетки								
Прямая	0	13	0,03	0,010	0,08	0,01	0,02	0,05
	1	12	0,04	0,010	0,13	0,01	0,02	0,05
	5	13	0,03	0,010	0,14	0,01	0,02	0,03
	10	13	0,03	0,010	0,08	0,01	0,02	0,04
	15	13	0,03	0,005	0,08	0,01	0,03	0,04
Боковая	0	11	0,04	0,010	0,14	0,01	0,02	0,05
	1	10	0,04	0,010	0,15	0,02	0,03	0,05
	5	12	0,04	0,010	0,12	0,02	0,02	0,03
	10	13	0,04	0,010	0,15	0,01	0,03	0,04
	15	12	0,06	0,010	0,24	0,01	0,06	0,08

Проекция	Возрастная группа	Число кабинетов	Средняя	Эффективная доза, мЗв				
				Минимальная	Максимальная	25% квантиль	Медиана	75% квантиль
Шейный отдел позвоночника								
Прямая	0	2	0,12	0,020				
	1	5	0,04	0,010				
	5	10	0,05	0,004	0,21	0,01	0,02	0,06
	10	13	0,05	0,010	0,27	0,01	0,03	0,06
	15	10	0,05	0,005	0,16	0,01	0,03	0,08
Боковая	0	5	0,03	0,010				
	1	8	0,03	0,010	0,09	0,01	0,02	0,05
	5	12	0,03	0,002	0,20	0,01	0,01	0,02
	10	13	0,04	0,004	0,39	0,01	0,01	0,02
	15	11	0,05	0,003	0,44	0,00	0,01	0,03
Грудной отдел позвоночника								
Прямая	0	3	0,17	0,030				
	1	5	0,24	0,050				
	5	8	0,17	0,020	0,49	0,08	0,11	0,26
	10	9	0,24	0,040	0,72	0,06	0,17	0,32
	15	11	0,36	0,040	0,93	0,14	0,36	0,58
Боковая	0	3	0,14	0,020				
	1	5	0,15	0,040				
	5	8	0,14	0,010	0,41	0,05	0,12	0,18
	10	8	0,18	0,030	0,51	0,11	0,13	0,22
	15	11	0,27	0,020	0,72	0,18	0,21	0,32
Поясничный отдел позвоночника								
Прямая	0	3	0,14	0,013				
	1	6	0,21	0,010				
	5	11	0,29	0,020	0,73	0,17	0,23	0,36
	10	11	0,33	0,048	0,70	0,25	0,34	0,45
	15	12	0,36	0,040	0,60	0,22	0,40	0,50
Боковая	0	3	0,16	0,017				
	1	6	0,16	0,010				
	5	11	0,16	0,017	0,35	0,06	0,16	0,25
	10	11	0,20	0,045	0,35	0,13	0,19	0,30
	15	12	0,40	0,040	1,02	0,20	0,28	0,58
Таз								
Прямая	0	8	0,06	0,020	0,20	0,02	0,05	0,08
	1	8	0,06	0,010	0,19	0,02	0,03	0,11
	5	11	0,13	0,010	0,51	0,02	0,04	0,21
	10	10	0,25	0,060	0,63	0,06	0,24	0,33
	15	9	0,32	0,030	0,96	0,05	0,23	0,50
Бедро								
Прямая	0	3	0,02	0,010				
	1	3	0,02	0,010				
	5	8	0,09	0,010	0,46	0,02	0,03	0,06
	10	7	0,23	0,030				
	15	7	0,22	0,020				
Брюшная полость								
Прямая	0	6	0,10	0,020				
	1	9	0,12	0,020	0,44	0,04	0,05	0,07
	5	9	0,14	0,030	0,44	0,05	0,06	0,15
	10	8	0,34	0,135	0,68	0,21	0,31	0,43
	15	9	0,55	0,22	1,80	0,24	0,28	0,64

Установлено, что наибольшие значения средних эффективных доз характерны для исследований грудного и поясничного отделов позвоночника и брюшной полости: 0,14–0,36 мЗв, 0,14–0,4 мЗв и 0,1–0,55 мЗв соответственно. Рентгенографические же исследования черепа (0,02–0,05 мЗв), органов грудной клетки (0,03–0,06 мЗв) и шейного отдела позвоночника (0,03–0,12 мЗв) дают малые дозы, что связано с массой и набором радиочувствительных органов, которые попадают в поля облучения при тех и других видах исследований. Для таких исследований, как рентгенография грудного отдела позвоночника, поясничного отдела позвоночника, брюшной полости, таза, бедра, с возрастом при увеличении массы тела ребенка дозы увеличиваются почти монотонно. Для других (череп, грудная клетка, шейный отдел позвоночника) эффективная доза остается практически неизменной для всех возрастов.

Отношение максимального и минимального значений доз для различных рентгеновских аппаратов представлено в таблице 3. Оно является значительным и в среднем составляет 15 раз, при минимальном и максимальном значениях 4 и 85 раз соответственно.

Таблица 3

Отношение максимальных и минимальных средних доз для аппаратов					
Проекция	Отношение максимальной и минимальной эффективных доз				
	0	1	5	10	15
Череп					
Прямая	17	7	9	4	14
Боковая	8	4	4	4	7
Шейный отдел позвоночника					
Прямая	11	7	21	27	32
Боковая	10	9	20	39	44
Грудной отдел позвоночника					
Прямая	10	8	25	18	23
Боковая	13	8	41	17	36
Органы грудной клетки					
Прямая	8	13	14	8	16
Боковая	14	15	12	15	24
Поясничный отдел позвоночника					
Прямая	21	85	37	15	15
Боковая	17	48	21	8	26
Брюшная полость					
Прямая	14	22	15	5	8
Таз					
Прямая	10	19	51	11	32
Бедро					
Прямая	5	4	46	16	22

При оценке разброса средних доз между рентгеновскими кабинетами внутри отдельных возрастных групп внимание привлекают регулярные превышения дозы в одних и тех же кабинетах от процедуры к процедуре. Выявление подобных случаев отклонений от хорошей практики является важной задачей оптимизации, и концепция РДУ разработана именно для ее решения [6]. Когда подобные

отклонения встречаются, следует обращать на них внимание и проводить дальнейший детальный анализ причин превышений. Одна из возможных и наиболее вероятная причина – недостаточная коллимация пучка и использование больших полей облучения.

Поскольку в зарубежной литературе мало данных об эффективных дозах медицинского облучения детей, и для установки РДУ в международной практике используются напрямую измеряемые дозиметрические величины (входная доза, произведение дозы на площадь), то возможности сравнения результатов данной работы с литературными данными в полном объеме были ограничены. Сравнение средних эффективных доз за проекцию в больницах Санкт-Петербурга с аналогичными данными из итальянских больниц [7] для новорожденных и детей до 5 лет представлено на рисунке. Эффективные дозы в Санкт-Петербургских больницах при всех видах исследований выше, чем в Италии, и разница может достигать 4 раз.

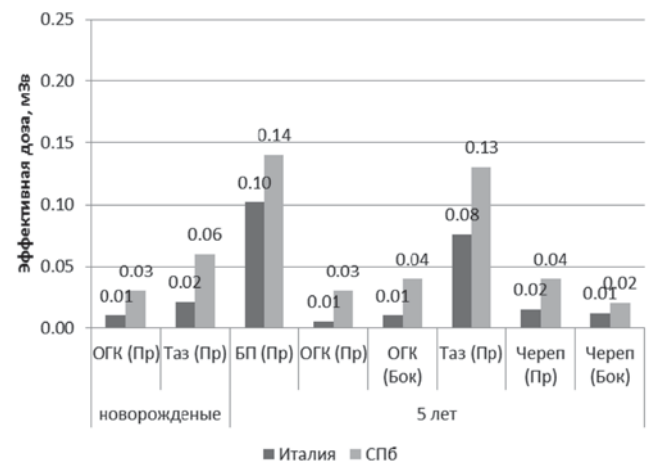


Рис. Сравнение средних доз в больницах Санкт-Петербурга и Италии

В данной работе представлены 75% квантили распределения эффективных доз для различных видов исследований (см. табл. 1). Данные значения по аналогии с МР 2.6.1.0066-12 «Применение референтных диагностических уровней для оптимизации радиационной защиты пациента в рентгенологических исследованиях общего назначения» [6] для взрослых могут быть предложены в качестве основы для определения детских референтных диагностических уровней в Санкт-Петербурге.

Заключение

Значительный разброс значений средних эффективных доз между различными рентгеновскими кабинетами и наличие аномально высоких значений эффективных доз в некоторых из них указывают на недостаточные стандартизацию для ряда рентгенографических методов исследования и контроль качества оборудования и процедур.

Высокие уровни облучения в Санкт-Петербурге в сравнении с Италией подтверждают реальную возможность снижения уровней облучения детей в обычной рентгенологии. Одним из первых шагов в этом направлении может стать введение в практику диагностических исследований концепции детских референтных уровней.

Литература

1. International Commission on Radiological Protection «Radiological Protection in Medicine», ICRP Publication 105, Ann ICRP 37 (6). Elsevier; 2007.
2. United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation. Effects of Ionizing Radiation, UNSCEAR 2006 Report, Volume I, Annex A, NY, United Nations, 2008.
3. Balonov, M.I. Effective dose and risks from medical x-ray procedures / M.I. Balonov, P.C. Shrimpton // ICRP Publication (2012). – doi:10.1016/j.icrp.2012.06.002
4. Cristy, M. Mathematical phantoms representing children of various ages for use in estimates of internal dose / M. Cristy. – Oak Ridge National Laboratory, ORNL/NUREG/TM – 1980. – 367 p.
5. Голиков, В.Ю. Оценка эффективных доз облучения пациентов при проведении рентгенологических исследований / В.Ю. Голиков, А.Н. Барковский, Н.К. Барышков // Сборник научных трудов «Радиационная гигиена». – СПб, 2003. – С. 75–88
6. МР 2.6.1.0066-12. Применение референтных диагностических уровней для оптимизации радиационной защиты пациента в рентгенологических исследованиях общего назначения. – Введ. 2012-07-23. – М.: Федеральный центр гигиены и эпидемиологии Роспотребнадзора, 2012. – 20 с.
7. Compagnone, G. Effective dose calculations in conventional diagnostic X-ray examinations for adult and paediatric patients in a large Italian hospital / G. Compagnone, L. Pagan, C. Bergamini // Radiat. Prot. Dosim. – 2005. – V. 114 (1–3). – P. 164–167.

Шацкий И.Г.

E-mail: mcirosh@gmail.com

Поступила: 11.11.2014 г.

Levels of medical exposure of children in St. Petersburg's and the possibility of applying the diagnostic reference levels

I.G. Shatskii

IFBUN "Saint-Petersburg Research Institute of Radiation Hygiene after professor P.V.Ramzaev", Saint-Petersburg

Regional study was conducted in 12 specialized paediatric medical organisations in St. Petersburg to assess exposure levels of paediatric patients (newborns, 1, 5, 10 and 15 years) during the most common radiographic examinations. The average values of effective doses for each age group, as well as the minimum and maximum average effective dose for the X-ray machine for each type of examinations and quantiles of dose distributions are provided. The ratio of the maximum to minimum dose values for the different of X-ray apparatuses, in most cases, was found to be a factor of 15. The average effective doses for the projection in the hospitals of St. Petersburg are compared with the similar data from Italian hospitals.

Key words: patients, children, medical exposure, X-ray examination, effective dose.

Introduction

Radiation exposure of pediatric patients may result in an attributable fatal cancer risk three times greater than that for adults [1,2,3]. This is mainly attributed to their higher sensitivity to radiation and longer life expectancy over which any harmful effects may manifest. Therefore, it is vital that exposure with ionizing radiation to pediatric patients be justified and optimized as much as possible. For all radiological examinations the radiation dose of the exposed children should be determined for the purpose of radiation protection.

A valuable and well-accepted instrument in dose optimization are diagnostic reference levels (DRLs) [1]. However, the application of the concept to pediatric radiology has some particular problems. In most cases the primary causes are the difficulties encountered in conducting dose surveys and defining appropriate reference levels for children. Most likely only few data on pediatric doses are available because the number of medical examinations performed on children is generally lower than for adults, and the data need to be split into age groups to reflect physical properties of the patient correctly. However, it is obvious that optimization is extremely important for children undergoing medical examinations.

Objectives of the study

- assessment of the radiation dose for the pediatric patients for the most common conventional x-ray examinations;

- comparison of the collected data with the literature sources;
- proposal of the diagnostic reference levels draft for a number of common conventional x-ray examinations.

Materials and methods

Due to the specifics of the equipment and practice of national X-ray diagnostics, determination of the radiation dose and 75% quantile of the distribution were performed in terms and units of the effective dose.

14 X-ray units in 12 dedicated pediatric hospitals in St. Petersburg were surveyed throughout the study: 8 general practice hospitals, two pediatric polyclinics, 1 maternity hospital, 1 pediatric orthopedics and traumatology rehabilitation center. For 4 x-ray units we collected individual parameters of examinations for individual patients, for other units – the mean values for the each age group, by questioning the doctors and technicians.

The calculation of effective doses was performed according to the data on examination parameters and radiation output of the x-ray unit. The set of parameters necessary for the calculation of typical effective dose included physical and technical parameters of the X-ray machine (tube current and exposure time, tube voltage, filtration, radiation output,) and geometric parameters of examination (size and projection of examination field, source-detector distance, etc.). On the basis of the individual parameters of the procedure we assessed the effective doses of the patients, out of which mean doses were calculated. Mean