

С.А. Смолин<sup>1,2</sup>**ЛУЧЕВАЯ НАГРУЗКА НА МЕДИЦИНСКИЙ ПЕРСОНАЛ, СОПРОВОЖДАЮЩИЙ ПАЦИЕНТА ПРИ БЛИЗКОФОКУСНОЙ РЕНТГЕНОТЕРАПИИ ДЕТЕЙ**

1. Областной онкологический диспансер, Иркутск. E-mail: millennium\_s@mail.ru;  
2. Иркутский государственный медицинский университет Минздрава России, Иркутск

С.А. Смолин – медицинский физик отделения лучевой терапии, аспирант

**Реферат**

**Цель:** Оценка радиационной обстановки в процедурном кабинете близкофокусной рентгенотерапии в процессе облучения детей с целью информирования о лучевых нагрузках на медицинский персонал и на родственников пациента.

**Материал и методы:** Смоделирована процедура близкофокусной рентгенотерапии с имитирующим тело облучаемого ребенка тканезквивалентным фантомом размером 250×250×150 мм. На основании СанПиН 2.6.1.1192-03 составлен протокол радиационного контроля при облучении на аппарате «Рентген ТА-02». С помощью прямопоказывающего клинического дозиметра ДКС-АТ1123 измеряли мощность амбиентной дозы одновременно действующего рентгеновского излучения. Измерения осуществляли непосредственно около аппарата на участках размерами 60×60 см в точках, расположенных на высотах, соответствующих уровню головы взрослого человека ( $160 \pm 20$  см), груди ( $120 \pm 20$  см), гонад ( $80 \pm 20$  см) и ног ( $30 \pm 20$  см). На основании полученных данных для каждого участка было вычислено значение мощности эффективной дозы рентгеновского излучения в теле человека. С учетом характеристик используемого режима облучения рассчитали суммарную эффективную дозу, получаемую сопровождающим лицом за весь курс лучевой терапии.

**Результаты:** Составлена схема, иллюстрирующая радиационную обстановку в процедурном кабинете близкофокусной рентгенотерапии. Показано, что лучевая нагрузка на сопровождающее лицо при проведении близкофокусной рентгенотерапии детских гемангиом не превышает ограничение по дозе, указанное в пункте 5.4.4 СанПиН 2.6.1.2523-09.

**Заключение:** Показано, что в исключительных случаях для поддержки пациента в процедурном кабинете может ходиться медицинский персонал.

**Ключевые слова:** *близкофокусная рентгенотерапия, радиационный контроль, дети, гемангиомы, радиационная безопасность*

Поступила: 03.12.2018. Принята в печать: 19.07.2019

**Введение**

Метод близкофокусной рентгенотерапии применяется при лечении детей, чаще всего детей с гемангиомами. Наиболее эффективной лучевая терапия оказывается в первый год жизни ребенка. Основными показаниями к проведению рентгенотерапии является наличие биологически активной сосудистой опухоли, обширность поражения, невозможность применить операцию или другой метод лечения [1, 2].

Изучение механизма действия ионизирующего излучения на доброкачественную сосудистую опухоль показало, что биологическая трансформация, происходящая в гемангиоме под влиянием облучения, во многом совпадает с процессом спонтанной регрессии, но отличается быстрым завершением процесса [3, 4].

Одним из важных направлений повышения качества лучевой терапии является контроль точности позиционирования пациента во время процедуры. Крайне важно, чтобы во время каждой процедуры пациент, а значит и облучаемый объем, занимал по отношению к аппарату одинаковое положение, установленное при планировании облучения. С этой целью используют иммобилизирующие приспособления или фиксаторы, которые настраиваются индивидуально под каждого пациента. Это характерно как для взрослых пациентов, так и для детей. Однако далеко не во всех клиниках есть специальные фиксаторы для детей младшего возраста, поэтому контроль за их иммобилизацией и положением в процессе лучевой терапии поручается медицинскому персоналу или родственнику не моложе 18 лет. Лица, присутствующие в процедурном кабинете, должны быть предварительно проин-

структурированы, оповещены о степени радиационного воздействия на них в процессе лучевого лечения и снабжены средствами индивидуальной защиты [5]. Также в российском законодательстве предусмотрено ограничение дозы, которую они могут получить в процессе поддержки пациента. Согласно НРБ-99/2009, «лица, оказывающие помощь в поддержке пациентов (тяжелобольных, детей и др.) при выполнении рентгено-радиологических процедур, не должны подвергаться облучению в дозе, превышающей 5 мЗв в год» [6].

Поэтому при лечении детских гемангиом методом близкофокусной рентгенотерапии в особых случаях требуется присутствие родителя или медицинского персонала в процедурном кабинете.

Цель исследования – оценка радиационной обстановки в процедурном кабинете близкофокусной рентгенотерапии в процессе облучения, чтобы можно было информировать о лучевых нагрузках медицинский персонал и родственников пациента. Проведен расчет суммарной дозы, полученной персоналом (или родственником) за весь курс лучевой терапии детских гемангиом.

**Материал и методы**

Методика измерений и оценки лучевого воздействия основана на действующих санитарных правилах и нормативах СанПиН 2.6.1.1192-03 «Гигиенические требования к устройству и эксплуатации рентгеновских кабинетов, аппаратов и проведению рентгенологических исследований». Исследования необходимо

проводить в условиях, приближенных к реальной клинической ситуации:

Стандартный режим работы аппарата «Рентген ТА-02» при лечении детских гемангиом: анодное напряжение на трубке 30 кВ, сила анодного тока 5 мА, толщина дополнительного фильтра 0,3 мм А1.

Дозиметрические измерения проводились в тканеэквивалентном (водном) фантоме, имитирующем тело пациента, размерами 250×250×150 мм.

Измерения проводились клиническим дозиметром ДКС-АТ1123 (Атомтех, Белоруссия), с автоматическим учетом поправки на радиационный фон в единицах мощности амбиентной дозы краткодействующего рентгеновского излучения. Амбиентный эквивалент дозы – это физическая величина, измерения которой ведутся в процессе радиационного контроля клиническими дозиметрами типа ДКС-АТ1123. Ее впоследствии можно пересчитать в интересующую нас величину – эффективную дозу.

Радиационный контроль непосредственно около аппарата проводился на участках размерами 60×60 см в точках, расположенных на высоте, соответствующей:

- уровню головы – 160 ± 20 см;
- уровню груди – 120 ± 20 см;
- уровню нижней части живота, гонад – 80 ± 20 см;
- уровню ног – 30 ± 20 см.

Согласно руководству [7], широко принята следующая схема лучевого лечения гемангиом: разовая очаговая доза от 0,8 до 1,6 Гр в зависимости от возраста ребёнка, суммарная очаговая доза доводится до 3–5 Гр. Длительность сеанса облучения зависит от таких параметров как вид аппарата, тип трубки, комбинация анодного тока, напряжения и толщины дополнительного фильтра. Режим фракционирования облучения – 1 раз в месяц. Лучевое лечение проводится до появления симптомов регрессии гемангиомы в виде замедления её роста и побледнения поверхности.

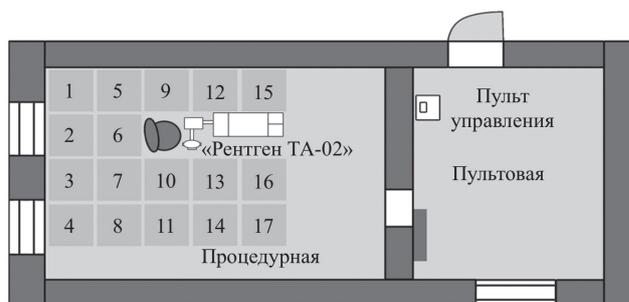


Рис. 1. Схема помещения процедурной и пультуевой близкофокусного рентгенотерапевтического аппарата «Рентген ТА-02»

### Результаты

В соответствии с описанной выше методикой, помещение процедурного кабинета вокруг рентгенотерапевтического аппарата было поделено на участки размерами 60×60 см, пронумерованные от 1 до 17 (рис. 1). На каждом участке, на всех четырех высотах (голова, грудь, гонады и ноги) было проведено по три измерения (стандартное среднеквадратичное отклонение 1,0 %) мощности амбиентной дозы рентгеновского излучения.

Далее следовало вычисление мощности поглощенной дозы, приведенной к рабочей нагрузке аппарата с учетом того, что в неделю он работает пять дней по шесть часов (одна смена):

$$D_{np} = \frac{D_{изм} \cdot W}{1800 \cdot I_{анод}}, \tag{1}$$

где  $D_{np}$  – значение мощности поглощенной дозы, приведенное к стандартной рабочей нагрузке аппарата;  $D_{изм}$  – значение мощности амбиентной дозы, полученное по результатам измерения;  $W$  – рабочая нагрузка (для близкофокусных рентгенотерапевтических аппаратов составляет 5000 (мА×мин)/нед); 1800 мин/нед – среднее время работы аппарата в неделю;  $I_{анод}$  –

Таблица 1

#### Результаты радиационного контроля при выключенном аппарате (фон)

№ участка	Результат измерений мощности амбиентного эквивалента дозы $D_{изм}$ , мкЗв/ч				Рассчитанное значение приведенной мощности поглощенной дозы $D_{np}$ , мкЗв/ч				Мощность эффективной дозы $E$ , мкЗв/ч
	Голова	Грудь	Гонады	Ноги	Голова	Грудь	Гонады	Ноги	
1	0,13	0,13	0,12	0,12	0,1	0,1	0,1	0,1	0,03
2	0,12	0,13	0,13	0,13	0,1	0,1	0,1	0,1	0,04
3	0,13	0,11	0,11	0,11	0,1	0,1	0,1	0,1	0,03
4	0,11	0,12	0,12	0,10	0,1	0,1	0,1	0,1	0,03
5	0,11	0,12	0,13	0,13	0,1	0,1	0,1	0,1	0,03
6	0,13	0,11	0,12	0,12	0,1	0,1	0,1	0,1	0,03
7	0,12	0,12	0,11	0,13	0,1	0,1	0,1	0,1	0,03
8	0,10	0,10	0,10	0,12	0,1	0,1	0,1	0,1	0,03
9	0,11	0,12	0,12	0,12	0,1	0,1	0,1	0,1	0,03
10	0,12	0,13	0,13	0,11	0,1	0,1	0,1	0,1	0,04
11	0,13	0,12	0,12	0,13	0,1	0,1	0,1	0,1	0,03
12	0,12	0,13	0,13	0,12	0,1	0,1	0,1	0,1	0,04
13	0,12	0,12	0,12	0,13	0,1	0,1	0,1	0,1	0,03
14	0,11	0,13	0,12	0,13	0,1	0,1	0,1	0,1	0,03
15	0,12	0,12	0,11	0,12	0,1	0,1	0,1	0,1	0,03
16	0,13	0,12	0,13	0,11	0,1	0,1	0,1	0,1	0,04
17	0,12	0,12	0,12	0,11	0,1	0,1	0,1	0,1	0,03

Таблица 2

## Расчет эффективных доз по данным измерений

№ участка	Результат измерений мощности амбиентного эквивалента дозы $D_{изм}$ , мкЗв/ч				Расчитанное значение приведенной мощности поглощенной дозы $D_{пр}$ , мкЗв/ч				Мощность эффективной дозы $E$ , мкЗв/ч
	Голова	Грудь	Гонады	Ноги	Голова	Грудь	Гонады	Ноги	
1	68	25	3	1	37,8	13,9	1,7	0,6	5,35
2	77	13	1	1	42,8	7,2	0,6	0,6	4,44
3	68	60	9	2	37,8	33,3	5,0	1,1	9,11
4	39	40	14	3	21,7	22,2	7,8	1,7	6,94
5	185	246	180	6	102,8	136,7	100,0	3,3	53,29
6	4	28	2	1	2,2	15,6	1,1	0,6	2,79
7	225	229	178	6	125,0	127,2	98,9	3,3	53,26
8	65	65	8	5	36,1	36,1	4,4	2,8	9,31
9	290	520	1420	570	161,1	288,9	788,9	316,7	260,56
10	181	510	2100	800	100,6	283,3	1166,7	444,4	352,82
11	73	76	48	28	40,6	42,2	26,7	15,6	16,43
12	219	200	174	7	121,7	111,1	96,7	3,9	50,06
13	184	170	154	8	102,2	94,4	85,6	4,4	43,33
14	35	39	28	17	19,4	21,7	15,6	9,4	8,83
15	62	60	31	21	34,4	33,3	17,2	11,7	12,18
16	17	25	18	12	9,4	13,9	10,0	6,7	5,46
17	29	27	14	16	16,1	15,0	7,8	8,9	5,63

стандартная сила анодного тока при работе аппарата (для близкофокусных рентгенотерапевтических аппаратов равна 5 мА).

Для оценки результатов радиационного контроля определяются значения мощности эффективной дозы  $E$ . С точки зрения радиобиологии, эффективная доза  $E$  – величина, используемая как мера риска возникновения отдельных отдаленных последствий облучения всего тела человека и отдельных его органов и тканей с учетом их радиочувствительности.

$$E = 0,5(D_{пр.160} \cdot K_{160} + D_{пр.120} \cdot K_{120} + D_{пр.80} \cdot K_{80} + D_{пр.30} \cdot K_{30}), (2)$$

где 0,5 – коэффициент перехода от поглощенной дозы в воздухе к эффективной дозе в тканях;  $D_{пр.160}$ ,  $D_{пр.120}$ ,  $D_{пр.80}$ ,  $D_{пр.30}$  – значений мощностей поглощенной дозы, приведенные к рабочей нагрузке аппарата, исходя из измеренных значения на уровне головы (160 см), груди (120 см), низа живота (80 см) и ног (30 см) соответственно;  $K_{160}$ ,  $K_{120}$ ,  $K_{80}$ ,  $K_{30}$  – взвешивающие тканевые коэффициенты, полученные исходя из суммы значений тканевых коэффициентов на уровне головы (160 см), груди (120 см), низа живота (80 см) и ног (30 см), принимаются равными 0,15, 0,3, 0,5 и 0,05 соответственно.

В рамках программы гарантии качества лучевой терапии ежеквартально проводится радиационный контроль помещения процедурной и пультавой, но при выключенном аппарате. Ниже для сравнения приведена табл. 1 из протокола радиационного контроля, проведенного незадолго до описываемого исследования. В табл. 2 приведены результаты измерений, значения приведенной мощности поглощенной дозы и рассчитанные по формуле (2) значения мощности эффективной дозы.

Наибольшие значения эффективной мощности отмечены в участках 5, 7, 9, 10, 12 и 13. Как видно из

схемы процедурной (рис. 1), эти участки находятся непосредственно слева и справа от трубки аппарата.

С учетом продолжительности одной процедуры облучения (взято среднее значение в 1 минуту) и всего курса лучевой терапии детскими гемангиом (5 фракций по 1,6 Гр) была рассчитана суммарная доза излучения в областях измерений. Все приведенные на схеме числа обозначают эффективную дозу в микрозивертах (рис. 2).

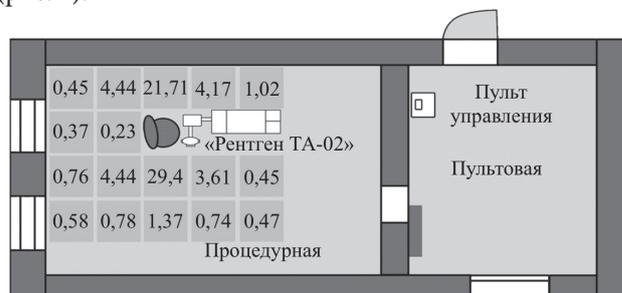


Рис. 2. Значения эффективных доз в участках измерений за весь курс лучевой терапии, мкЗв

### Выводы

1. Эффективная доза, получаемая сопровождающим лицом за весь курс лучевой терапии гемангиом у пациентов детского возраста, находится в пределах 30 мкЗв. Ограничение по дозе, указанное в пункте 5.4.4 СанПиН 2.6.1.2523-09 («Нормы радиационной безопасности» – НРБ-99/2009) для лиц, оказывающих помощь в поддержке пациентов, составляет 5 мЗв (или 5000 мкЗв) в год. В данном случае медицинскому персоналу или родственнику пациента целесообразно находиться непосредственно за креслом, в котором находится пациент.

2. Геометрия и спектр рассеянного излучения, следовательно, и радиационная обстановка в процессе

обучения, могут меняться в зависимости от применяемого аппарата, режима облучения и ряда других факторов.

3. Анализ результатов проведенных измерений говорит о том, что в процедурном кабинете может находиться родственник или медицинский персонал для фиксации пациента. Однако в целях снижения луче-

вой нагрузки рекомендуется занимать положение за креслом, на котором располагается пациент, а также использовать средства индивидуальной защиты.

**Для цитирования:** Смолин С.А. Лучевая нагрузка на медицинский персонал, сопровождающий пациента при близкофокусной рентгенотерапии детей // Медицинская радиология и радиационная безопасность. 2019. Т. 64. № 5. С. 54–57.

DOI: 10.12737/1024-6177-2019-64-5-54-57

Medical Radiology and Radiation Safety. 2019. Vol. 64. No. 5. P. 54–57

Review

DOI: 10.12737/1024-6177-2019-64-5-54-57

## Radiation Exposure of Medical Personnel Accompanying the Patient during the Procedure of Superficial X-Ray Therapy of Children

S.A. Smolin<sup>1,2</sup>

1. Irkutsk Regional Cancer Hospital, Irkutsk, Russia. E-mail: millennium\_s@mail.ru;

2. Irkutsk State Medical University, Irkutsk, Russia

S.A. Smolin – Medical Physicist, Postgraduate Student

### Abstract

**Purpose:** Assessment the radiation situation in the treatment room of superficial x-ray therapy during the irradiation process in order to inform about radiation exposure of medical personnel or a relatives.

**Material and methods:** In the course of the study, a procedure of superficial radiotherapy was simulated using a tissue equivalent phantom with sizes 250×250×150 mm. The radiation control protocol of measurements on the Roentgen TA-02 apparatus was compiled on the basis of SanPiN 2.6.1.1192-03. With the help of a clinical dosimeter DKS-AT1123, the ambient dose-rate of short-term x-rays was measured. In accordance with the requirements for conducting radiation monitoring, measurements were taken directly near the apparatus in areas 60×60 cm at points located at heights corresponding to the head level (160 ± 20 cm), chest level (120 ± 20 cm), gonad level (80 ± 20 cm) and the level of the legs (30 ± 20 cm). On the basis of the obtained data, the value of the effective dose-rate of x-ray radiation for the whole human body was calculated for each area. Taking into account the characteristics of the irradiation regime used in the clinic, the total effective dose received by the medical personnel accompanying the patient for the entire course of radiotherapy was calculated.

**Results:** A drawn up diagram is illustrating the radiation situation in the treatment room of superficial radiotherapy. Based on the results of calculations, it can be concluded that the radiation exposure on the accompanying person during superficial x-ray therapy of children's hemangiomas does not exceed the maximum permissible dose specified in paragraph 5.4.4 of SanPiN 2.6.1.2523-09.

**Conclusion:** In exceptional cases, a parent or medical personnel may be in the treatment room to support the patient.

**Key words:** *superficial x-ray radiotherapy, radiation control, children, hemangiomas, radiation safety*

Article received: 03.12.2018. Accepted for publication: 19.07.2019

### REFERENCES

- Galchenko LI, Dvornichenko VV, Moskvina NA. Radiation therapy of non-tumorous diseases: a textbook for students. Irkutsk: ISMU. 2015. 28 p. (in Russian).
- Neroev VV, Berejnova SG, Walskiy WW. Hemangioma treatment efficiency of the combined orbital and periorbital areas in infants. Russian Pediatric Ophthalmology. 2014. 19(2):17-21. (in Russian).
- Podlyashchuk EL, Butorina AV, Shafranov VV. Radiation therapy with hemangiomas of the orbital region in children. Collection of articles: Advanced technology of medicine at the turn of the century. Moscow: Elikta print. 2000. P. 399-402. (in Russian).
- Svistunova TM. Low-voltage x-ray therapy with hemangiomas of skin in children. Leningrad: Medicina, Leningrad department. 1974. 127 p. (in Russian).
- Hygienic requirements for the arrangement and operation of x-ray treatment rooms, devices and conducting x-ray studies (SanPiN 2.6.1.1192-03). Moscow: Ministry of Health of the Russian Federation. 2003. 44 p. (in Russian).
- Norms of radiation safety (SanPiN 2.6.1.2523-09). Moscow: Energoatomizdat. 2009. 87 p. (in Russian).
- Ruderman AI. Superficial radiotherapy. Moscow: Medicina. 1968. 234 p. (in Russian).

**For citation:** Smolin SA. Radiation Exposure of Medical Personnel Accompanying the Patient during the Procedure of Superficial X-Ray Therapy of Children. Medical Radiology and Radiation Safety. 2019;64(5):54-7. (in Russian).

DOI: 10.12737/1024-6177-2019-64-5-54-57