

Измерение поглощенной дозы в коже пациентов, подвергающихся интервенционным исследованиям, с помощью радиохромных пленок Gafchromic XR-RV3

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 поглощенной дозы в коже пациентов, подвергающихся интервенционным рентгенологическим исследованиям. В связи с высокими дозами облучения при проведении данного вида медицинских исследований может существовать вероятность возникновения детерминированных эффектов в коже пациентов. Целью данной работы было проведение прямых измерений поглощенной дозы в коже пациентов, подвергающихся интервенционным рентгенологическим исследованиям с помощью специальных дозиметрических радиохромных пленок Gafchromic XR-RV3 для визуализации распределения облучения по поверхности кожи пациентов и изучения возможности превышения пороговых значений для возникновения детерминированных эффектов в коже. В работе рассмотрены особенности проведения измерений с помощью радиохромных пленок Gafchromic XR-RV3. Апробирована методика оцифровки пленки с помощью обычного планшетного сканера с последующей обработкой изображений в программе ImageJ, представлена полученная калибровочная кривая для данного типа пленки. Продемонстрированы распределения дозы в коже при проведении ряда интервенционных исследований, полученные с помощью радиохромных пленок. Измеренное значение максимальной поглощенной дозы в коже для 4 из 14 проанализированных процедур превысило пороговое значение поглощенной дозы для возникновения кожной эритемы в 2Гр. Самые большие значения максимальной поглощенной дозы в коже были получены для процедуры коронарной ангиопластики – 3,2 Гр и для процедуры эмболизации маточных артерий – 2,9 Гр.

Ключевые слова: интервенционная радиология, пленочная дозиметрия, детерминированные эффекты, поглощенная доза в коже.

Введение

Рентгенология играет важную роль в современной медицине. Однако чем информативнее рентгенологическое исследование, тем выше уровни облучения пациентов [1]. Интервенционные рентгенологические исследования (ИРЛИ) являются одними из наиболее «высокодозных» направлений в современной медицине [1, 2]. Практически исчезнувшие к 1920 г. сообщения о радиационных поражениях кожи, связанные с проведением диагностических рентгенологических процедур, с конца прошлого века вновь начали появляться в связи с проведением ИРЛИ, при этом дозы на кожу в некоторых из зафиксированных случаев были сопоставимы с дозами, получаемыми при лучевой терапии [2–5]. Вероятность возникновения радиационных поражений указывает на необходимость контроля облучения кожи пациентов с целью предотвращения возникновения у них детерминированных эффектов при проведении ИРЛИ [6]. В действующих методических указаниях «Контроль эффективных доз облучения пациентов при проведении медицинских рентгенологических

исследований» (МУ 2.6.1.2944-11) определение значения максимальной поглощенной дозы в коже (МПДК) пациентов при проведении диагностических и терапевтических ИРЛИ основано на использовании результатов измерений произведения дозы на площадь (ПДП) с помощью проходной камеры за время исследования. Данный способ удобен для повседневной клинической практики, однако для целей изучения и анализа распределения поглощенной дозы в коже пациентов необходимы прямые измерения на поверхности кожи, которые могут быть выполнены с помощью сетки термолюминисцентных дозиметров, рентгеночувствительных или радиохромных пленок, а также прямыми онлайн-измерениями [7, 8]. Из вышеперечисленных методов наиболее простыми в использовании являются радиохромные пленки [7–9]. В данной работе в связи с тем, что при ИРЛИ облучению могут подвергаться достаточно большие участки кожи пациентов, для большей наглядности были использованы радиохромные пленки Gafchromic XR-RV3 формата А3, разработанные непосредственно для измерения погло-

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

щенной дозы в коже при интервенционных исследованиях под рентгеновским контролем [10].

Цель исследования – измерение уровней облучения кожи пациентов, подвергающихся интервенционным рентгенологическим исследованиям с помощью специальных дозиметрических радиохромных пленок Gafchromic XR-RV3 для визуализации распределения облучения по поверхности кожи пациентов и изучения возможности превышения пороговых значений для возникновения детерминированных эффектов в коже.

Задачи исследования:

1. Апробация методики работы с радиохромными пленками, способов их оцифровки и программ для последующей работы с цифровым изображением.
2. Построение калибровочной кривой для получения количественных показателей уровней облучения.
3. Измерения распределения поглощенной дозы в коже пациента с помощью радиохромных пленок при проведении интервенционных исследований и оценка дозы в максимально облученных участках кожи.

Материалы и методы

Работа с радиохромными пленками

Пленка Gafchromic XR-RV3 создана специально для дозиметрии МПДК при ИРЛИ. Листы пленки имеют увеличенный размер: 14×17 дюймов (35×43 см) и чувствительны в диапазоне от 0,01 до 30 Гр в энергетическом диапазоне от 30 КэВ до 30 МэВ. Пленка имеет оранжевый цвет верхнего слоя, который при облучении темнеет [10]. Радиохромная пленка проявляется в режиме реального времени и не требует применения какой-либо проявочной машины и фотохимикатов, для оцифровки пленки может быть использован любой планшетный сканер. В данной работе применялся позволяющий работать с пленками формата А3 профессиональный сканер Microtek ScanMaker 9800XL.

Для оцифровки данного типа пленок разработана специальная программа «Film QA™ XR radiology dosimetry software», которая позволяет оценивать значение дозы в каждой точке [10]. Это платная программа с возможностью установки бесплатной версии со сроком использования 30 дней. После ознакомления с особенностями и принципами обработки изображений, полученных с помощью пленок Gafchromic XR-RV3 в данной программе, а также с альтернативными программами по обработке изображений [9, 11, 12] было решено использовать программу ImageJ [11], это общедоступная, написанная на языке Java программа для анализа и обработки изображений.

Калибровочная кривая

Для построения калибровочной кривой на 3 рентгеновских аппаратах в режиме рентгенографии были облучены маленькие куски пленки размером 10×10 см разными значениями дозы облучения: от 0,1 Гр до 1 Гр с шагом 0,1 Гр и от 1 Гр до 10 Гр с шагом 0,5 Гр. Контрольные значения поглощенной дозы измерялись с помощью ионизационной камеры компании Radcal Corporation (10X5) (США).

Также были изготовлены специальные «калибровочные полоски» с использованием свинцовых экраниру-

ющих пластин (рис. 1). В режиме рентгенографии полоски пленки были последовательно облучены разными уровнями дозы (от 0,1 Гр до 10 Гр). Участки пленки, которые не должны были подвергаться облучению, закрывались свинцовыми пластинами толщиной 1 мм. На всех облучаемых полосках оставался небольшой участок, который постоянно был закрыт свинцовой пластинкой в ходе облучения, – фоновое значение дозы, которое необходимо вычитать из показаний пленки.

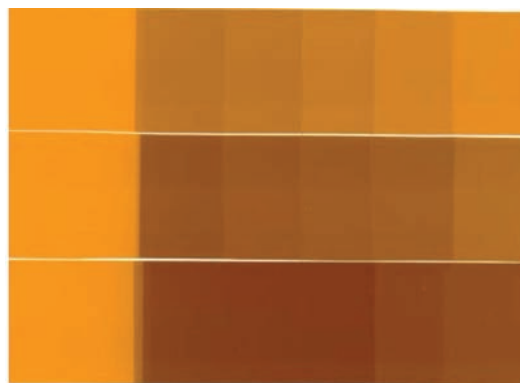


Рис. 1. Калибровочные полоски
[Fig. 1. The calibration strip]

Пленка была оцифрована на профессиональном сканере Microtek ScanMaker 9800XL, а полученные сканы обрабатывались с помощью программы ImageJ. Методика работы при построении калибровочной кривой была основана на опубликованных источниках [9, 12].

Измерения в рентген-операционных

Реальные измерения с помощью радиохромных пленок проводились в двух больницах города Санкт-Петербурга на аппаратах General Electric Innova 2000 (2001 г. выпуска) и Philips Integris V3000 (2006 г. выпуска).

Пленочные измерения проводились для ИРЛИ на сосудах сердца (9 процедур), сосудах головного мозга (3 процедуры) и для процедуры эмболизации (2 процедуры) для пациентов стандартной комплекции (70–75 кг). Всего было использовано 14 пленок Gafchromic XR-RV3.

Для проведения измерений поглощенной дозы в коже пленку располагали в непосредственной близости к коже пациента (через стерильную ткань) со стороны рентгеновской трубки. В связи с тем, что базовое положение рентгеновской трубки в современных ангиографических аппаратах – под столом, пленки располагали на столе под пациентом, в месте предполагаемой локализации облучения, оранжевой стороной вверх. Например, в случае коронарных исследований (область сердца) область расположения пленки – верхняя часть спины, а в случае исследований в брюшной полости – нижняя часть спины. Благодаря большому размеру пленки при правильном ее расположении практически любое ИРЛИ будет проводиться в её пределах.

В связи с особенностями облучения пациентов при исследованиях сосудов головного мозга (использование боковых проекций) пленки использовались, чтобы оценить дозу облучения кожи на затылочной части головы. Согласно литературным данным [8, 14, 15], именно в этой

проекции наиболее ожидаемы проявления возможных переоблучений, поэтому пленка располагалась под стерильной тканью, но над подушкой/валиком под затылок, для лучшего прилегания к телу пациента.

Результаты и обсуждение

Калибровочная кривая

На рисунке 2 представлена калибровочная кривая для радиохромных пленок Gafchromic XR-RV3. Для ее построения использовались все полученные значения, а именно измерения на 3 аппаратах (Siemens Axiom Artis, Siemens Sirescop и Philips Integris).

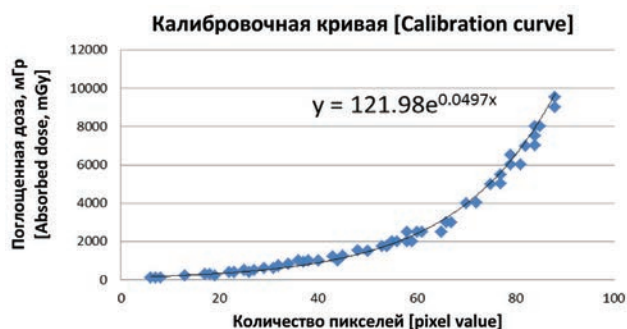


Рис. 2. Калибровочная кривая для радиохромных пленок Gafchromic XR-RV3

[Fig. 2. Calibration curve for radiochromic films Gafchromic XR-RV3]

Применение 3 различных рентгеновских аппаратов и использование нескольких пленок, облучаемых одной и той же дозой, преследовало цель уйти от привязанности калибровочной кривой к конкретным условиям ее построения. Это связано с тем, что последующее ее использование необходимо при работе с пленками, которые будут облучаться на аппаратах, на которых калибровка пленки невозможна.

В данной работе не рассматривались вопросы погрешности измерения поглощенной дозы в коже с помощью радиохромных пленок. Однако согласно масштабному мультинациональному исследованию, «общая неопределенность, связанная с использованием пленок XR-RV3 для определения дозы на кожу при интервенционных исследованиях, реально может быть оценена примерно в 20% ($k = 1$) и может быть уменьшена до 5% при аккуратной работе» [9]. В данной работе мы постарались учесть все рекомендации по снижению погрешности при проведении измерений и последующей обработке результатов [9, 12], в связи с чем мы можем рассчитывать, что итоговая погрешность измерений должна оказаться в пределах 20–30% допустимых для целей радиационной защиты [13].

Измерения в рентген-операционных

Наиболее сложными, с точки зрения распределения дозы в коже, что хорошо согласуется с литературными

данными [16–18], оказались коронарные исследования. Данный вид исследований характеризуется сравнительно небольшим размером поля облучения (11–17 см на приемнике) и обширной геометрией – использованием больших краниальных и каудальных наклонов трубки. На рисунке 3 приведен пример распределения дозы на поверхности кожи пациента при проведении диагностической коронарографии, на рисунке 4 – пример распределения кожной дозы при проведении коронарной ангиопластики. Работа на малых полях неразрывно связана с повышением исходящей мощности дозы аппарата [2], ввиду чего для данных процедур наиболее характерны возможные случаи переоблучения кожи вплоть до детерминированных эффектов. Как видно из рисунков 3 и 4, для данных видов исследований нехарактерно перекрытие полей для диагностики, однако характерно длительное позиционирование в зоне интереса в ходе терапевтического вмешательства. Средний размер площади поля на входе в тело пациента составляет 70–100 см², что и составляет примерную площадь участка возможного радиационного поражения кожи.

Случаи возможного переоблучения кожи возможны также при процедурах эмболизации, когда в течение очень длительного времени в режиме рентгеноскопии проводятся лечебные манипуляции. На рисунке 5 приведен результат пленочного измерения для процедуры эмболизации маточных артерий. Исследования в области брюшной полости/малого таза характеризуются большими полями облучения (30–40 см на приемнике) и редким использованием наклона трубки на небольшие углы.

Результаты МПДК, измеренные с помощью радиохромных пленок, представлены в таблице. Там же даны итоговые значения ПДП за исследование.



Рис. 3. Пример распределения дозы на поверхности кожи пациента при проведении диагностической коронарографии (размер пленки 35×43 см)

[Fig. 3. An example of dose distribution on the patient's skin surface during diagnostic coronary angiography (film size 35×43 cm)]



Рис. 4. Примеры распределения дозы на поверхности кожи пациента при проведении коронарной ангиопластики со стентированием (размер пленки 35×43 см)

[Fig. 4. Examples of dose distribution on the patient's skin surface during coronary angioplasty with stent placement (film size 35×43 cm)]

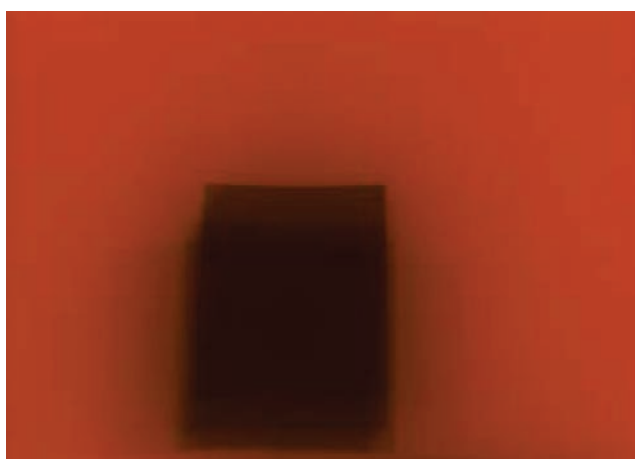


Рис. 5. Пример распределения дозы на поверхности кожи пациента при проведении процедуры эмболизации маточных артерий (размер пленки 35×43см)

[Fig. 5. An example of dose distribution on the patient's skin surface during uterine artery embolization (film size 35×43cm)]

Окончание таблицы

Вид исследования [Type of investigation]	ПДП, Гр×см ² [DAP, Gy×cm ²]	МПДК, мГр [MSD, mGy]
Коронарная ангиопластика со стентированием (лечебные манипуляции на сосудах сердца)	234	3242
[Coronary angioplasty with stent placement (treatment on the heart vessels)]	169	1538
	76	1086
	304	2793
	202	2178
Ангиография сосудов головного мозга (диагностика)		
[Angiography of cerebral vessels (diagnostic examination)]	71	346
Эмболизация сосудов головного мозга (терапевтическое исследование)	272	1876
[Cerebral embolization (therapeutic examination)]	157	1141
Эмболизация маточных артерий (терапевтическое исследование)	870	2875
[Uterine artery embolization (therapeutic examination)]	273	865

Измеренные значения ПДП и МПДК для ИРЛИ

Таблица

Measured values of DAP and MSD for IR procedures

Вид исследования [Type of investigation]	ПДП, Гр×см ² [DAP, Gy×cm ²]	МПДК, мГр [MSD, mGy]
Коронарная ангиография (диагностическое исследование сосудов сердца)	80	298
[Coronary angiography (diagnostic examination of cardiac vessels)]	110	364
	52	221
	267	847

Как видно из таблицы, наибольшие поглощенные дозы облучения кожи характерны для терапевтических исследований ввиду их большей сложности и продолжительности. В случае коронарных исследований также существует разница в используемых размерах полей облучения между диагностическими (средний размер поля 16–17 см на приемнике) и терапевтическими (11–12 см) исследованиями.

Заключение

Исследования с помощью радиохромных пленок позволяют получить наглядную картину распределения по-

глощенной дозы по поверхности кожи пациента и оценить значение МПДК. Такие исследования были выполнены для ряда основных интервенционных исследований, которые могут сопровождаться повышенным уровнем облучения кожи, вплоть до возможности превышения порогов возникновения детерминированных эффектов. В первую очередь это терапевтические исследования на сосудах сердца. Для данного типа исследований характерно использование малых полей, сопровождаемое использованием высокой мощности дозы, и даже при нашей небольшой выборке ряд процедур сопровождался МПДК выше 2Гр. Для процедур эмболизации в периферических областях, наоборот, характерно преимущественное использование прямой проекции и работа на больших полях, поэтому, как правило, возникает область перекрытия в центральной зоне. В сложных случаях большая длительность исследования может приводить к превышению дозового порога на кожу.

К сожалению, интервенционные исследования сопровождаются действительно большими уровнями облучения пациентов, вплоть до возможности возникновения детерминированных эффектов. Особенно опасно проведение сложных исследований для людей с избыточной массой тела, т.к. в этом случае количество излучения, необходимого для формирования изображения диагностического качества, возрастает.

Литература

1. UNSCEAR UN. Medical exposure to ionizing radiation. United National Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation. A/AC.82/R. 669. Vienna: United Nations, 2008, 301 p.
2. ICRP. Publication 85. Avoidance of radiation injuries from medical interventional procedures. Ann. ICRP. Vienna, Pergamon Press, 2000, vol. 30, № 2, 68 p.
3. Wagner L.K. [et al.] Severe skin reactions from interventional fluoroscopy: Case report and review of literature. Radiology 1999; 213: pp. 773–776.
4. Галстян, И.А. Местные лучевые поражения как осложнения медицинского облучения / И.А. Галстян, Н.М. Надежина // Мед. радиология и рад. безопасность. – 2012. – Т. 57 (5). – С. 31-36.
5. Амирасланов, Ю.А. Местные лучевые поражения при эндоваскулярных вмешательствах на коронарных артериях / Ю.А. Амирасланов [и др.] // Диагностическая и интервенционная радиология. – 2007. – Т. 2 (1). – С. 48-54.
6. Голиков, В.Ю. Оценка доз облучения пациентов при проведении интервенционных рентгенологических исследований / В.Ю. Голиков [и др.] // Радиационная гигиена. – СПб. – 2009. – Т. 2 (3). – С. 26-31.
7. Balter S. [et al.] Techniques to estimate radiation dose to skin during fluoroscopically guided procedures. J. Vasc. Interv. Radiol., 2001, Vol. 13, pp. 391-397.
8. Miller D.L. [et al.] Radiation doses in interventional radiology procedures: The RAD-IR study: Part II: Skin Dose. J. Vasc. Interv. Radiol., 2003, Vol. 14, pp. 977-990.
9. Farah J. [et al.] Characterization of XR-RV3 GafChromic® films in standard laboratory and in clinical conditions and means to evaluate uncertainties and reduce errors. Med. Phys., 2015 Jul, 42(7), pp. 4211-4226.
10. Официальный сайт производителя рентгеночувствительных пленок Gafchromic: <http://www.gafchromic.com/gafchromic-film/radiology-films/XR-RV3/index.asp> (дата обращения: 20.04.2019)
11. Конохов, А.Л. Руководство к использованию программного комплекса ImageJ для обработки изображений: Учебное методическое пособие / А.Л. Конохов. – Томск: кафедра ТУ, ТУСУР, 2012. – 105 с.
12. McCabe B.P., Speidel M.A. Calibration of GafChromic XR-RV3 radiochromic film for skin dose measurement using standardized x-ray spectra and a commercial flatbed scanner. Med. Phys., 2011 Apr, 38(4), pp. 1919-1930.
13. ICRU. Publication 74. Patient Dosimetry for X-rays used in medical imaging. Journal of the ICRU, 2005, Vol 5, No 2, 116 p.
14. Rampado O. and R. Ropolo. Entrances skin dose distribution maps for interventional neuroradiological procedures: a preliminary study. Radiation protection dosimetry, 2005, Vol. 117, No 1-3, pp. 256-259.
15. Neocleous A. [et al.] Dosimetry using Gafchromic XR-RV2 radiochromic films in interventional radiology. Radiation Protection Dosimetry, September 2011, Vol. 147, issue 1-2, pp. 78-82.
16. Morell R.-E. Dosimetry and optimisation in high dose fluoroscopic and fluorographic procedures. University of Nottingham, March 2006, 215 p.
17. Rehani M. M., Srimahachota S. Skin injuries in interventional procedures. Radiat. Prot. Dosimetry, 2011, 147 (1-2), pp. 8-12.
18. Struelens L. [et al.] Skin dose measurements on patients for diagnostic and interventional neuroradiology: a multicentre study. Radiation protection dosimetry, 2005, Vol. 114, No. 1-3, pp. 143-146.

Поступила: 25.04.2019 г.

Сарычева Светлана Сергеевна – кандидат биологических наук, старший научный сотрудник 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. Измерение поглощенной дозы в коже пациентов, подвергающихся интервенционным исследованиям, с помощью радиохромных пленок Gafchromic XR-RV3 // Радиационная гигиена. – 2019. – Т. 12, № 4. – С. 89–95. DOI: 10.21514/1998-426X-2019-12-4-89-95

Patients skin dose measurements during interventional radiological examinations using Gafchromic XR-RV3 FILM

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 work is devoted to the assessment of the absorbed dose in the skin of patients undergoing interventional radiological examinations. There is a probability of deterministic effects in the skin of patients due to high doses of radiation during this type of medical examinations. The aim of this work was to conduct direct measurements of the absorbed dose in the skin of patients undergoing interventional radiological procedures using special dosimetric radiochromic films Gafchromic XR-RV3 to visualize the distribution of radiation over the patient's skin surface and to study the possibility of exceeding the threshold values for the deterministic effects in the skin. The paper discusses the features of measurements with Gafchromic XR-RV3 films. The method of film digitization on conventional flatbed scanner and image processing with the ImageJ program was tested. The obtained calibration curve for this type of film was presented. The skin dose distributions for several interventional studies obtained with radiochromic films were presented. The measured value of the maximum absorbed dose in the skin for four of the fourteen analyzed procedures exceeded the threshold value of the absorbed dose for the occurrence of skin erythema in 2 Gy. The highest values of the maximum absorbed dose in the skin were obtained for the coronary angioplasty – 3.2 Gy and for the procedure of embolization of the uterine arteries – 2.9 Gy.

Key words: *Interventional radiology, film dosimetry, deterministic effects, absorbed dose in the skin.*

References

1. UNSCEAR UN. Medical exposure to ionizing radiation. United National Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation. A/AC.82/R. 669. Vienna: United Nations, 2008, 301 p.
2. ICRP. Publication 85. Avoidance of radiation injuries from medical interventional procedures. Ann. ICRP. Vienna, Pergamon Press, 2000, vol. 30, № 2, 68 p.
3. Wagner L.K. [et al.] Severe skin reactions from interventional fluoroscopy: Case report and review of literature. *Radiology* 1999; 213: pp. 773–776.
4. Galstyan I.A., Nadezhina N.M. Local Radiation Injuries as Complications of Medical Radiation Exposure. *Meditsinskaya radiologiya i radiatsionnaya bezopasnost = Medical Radiology and Radiation Safety*, 2012, 57 (5), pp. 31-36. (in Russian)
5. Amiraslanov Y.A. Local radiation injuries gained due to endovascular interventions of coronary arteries / Y.A. Amiraslanov [et al.] // *Diagnostic and Interventional Radiology*, 2007, 2 (1), pp. 48-54. (in Russian)
6. Golikov V.Yu. Estimation of patient exposure under interventional radiological examinations / V.Yu. Golikov [et al.] // *Radiatsionnaya Gygiena = Radiation Hygiene*, SPb. – 2009. vol. 2, № 3, pp. 26-31. (in Russian)
7. Balter S. [et al.] Techniques to estimate radiation dose to skin during fluoroscopically guided procedures. *J. Vasc. Interv. Radiol.*, 2001, Vol. 13, pp. 391-397.
8. Miller D.L. [et al.] Radiation doses in interventional radiology procedures: The RAD-IR study: Part II: Skin Dose. *J. Vasc. Interv. Radiol.*, 2003, Vol. 14, pp. 977-990.
9. Farah J. [et al.] Characterization of XR-RV3 GafChromic(®) films in standard laboratory and in clinical conditions and means to evaluate uncertainties and reduce errors. *Med. Phys.*, 2015 Jul, 42(7), pp. 4211-4226.
10. Official site of the manufacturer of X-ray sensitive films Gafchromic. – Available on: <http://www.gafchromic.com/gafchromic-film/radiology-films/XR-RV3/index.asp> (Accessed: 20.04.2019) (In Russian)
11. Konyukhov A.L. Guidelines for using of ImageJ software for image processing: Training guide. Tomsk: department TU, TUSUR, 2012, 105 p. (in Russian)
12. McCabe B.P., Speidel M.A. Calibration of GafChromic XR-RV3 radiochromic film for skin dose measurement using standardized x-ray spectra and a commercial flatbed scanner. *Med. Phys.*, 2011 Apr, 38(4), pp. 1919-1930.
13. ICRU. Publication 74. Patient Dosimetry for X-rays used in medical imaging. *Journal of the ICRU*, 2005, Vol 5, No 2, 116 p.
14. Rampado O. and R. Ropolo. Entrances skin dose distribution maps for interventional neuroradiological procedures: a preliminary study. *Radiation protection dosimetry*, 2005, Vol. 117, No 1-3, pp. 256-259.
15. Neocleous A. [et al.] Dosimetry using Gafchromic XR-RV2 radiochromic films in interventional radiology. *Radiation Protection Dosimetry*, September 2011, Vol. 147, issue 1-2, pp. 78-82.
16. Morell R.-E. Dosimetry and optimisation in high dose fluoroscopic and fluorographic procedures. University of Nottingham, March 2006, 215 p.
17. Rehani M. M., Srimahachota S. Skin injuries in interventional procedures. *Radiat. Prot. Dosimetry*, 2011, 147 (1-2), pp. 8-12.
18. Struelens L. [et al.] Skin dose measurements on patients for diagnostic and interventional neuroradiology: a multicentre study. *Radiation protection dosimetry*, 2005, Vol. 114, No. 1-3, pp. 143-146.

Received: April 25, 2019

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

For correspondence: Svetlana S. Sarycheva – candidate of biological sciences, 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. Patients skin dose measurements during interventional radiological examinations using Gafchromic XR-RV3 FILM. Radiatsionnaya Gygiena = Radiation Hygiene, 2019, Vol.12, No 4, pp. 89-95. (In Russian) DOI: 10.21514/1998-426X-2019-12-4-89-95.