DOI: 10.21870/0131-3878-2017-26-3-90-99

Клиническое изучение органа зрения и дозиметрия хрусталика глаза персонала, выполняющего хирургические вмешательства под контролем рентгеновского излучения

Рыжкин С.А.^{1,2,3}, Слесарева А.Н.⁴, Галеева Г.З.³, Иванов С.И.⁵

¹ Казанская государственная медицинская академия – филиал ФГБОУ ДПО «Российская медицинская академия непрерывного профессионального образования» Минздрава России, Казань;

² Казанский (Приволжский) федеральный университет, Казань;

³ ФГБОУ ВО «Казанский государственный медицинский университет» Минздрава России, Казань;

⁴ ООО «РЕНИР», Казань;

⁵ ФГБОУ ДПО «Российская медицинская академия непрерывного профессионального образования» Минздрава России, Москва

В последнее время в связи с расширением спектра операций под рентгеновским контролем, увеличением числа медицинских работников, выполняющих данные вмешательства, важной и актуальной научно-практической и социально значимой задачей является сохранение здоровья и профессионального долголетия данной высококвалифицированной категории медицинских работников. В работе на основе использования термолюминесцентного метода дозиметрии определены эквивалентные дозы в хрусталике глаза медицинского персонала, а также дозы общего облучения и эквивалентные дозы в кистях рук врачей, выполняющих рентгенэндоваскулярные вмешательства. Испытания эксплуатационных параметров, измерения радиационных выходов рентгеновских трубок и значений произведения дозы на площадь рентгеновских ангиографических аппаратов, участвующих в исследовании, позволили сделать вывод, что значения проверяемых показателей находились в пределах допустимых диапазонов. Клиническое изучение состояния светопреломляющей системы органа зрения врача, выполняющего эти диагностические и лечебные процедуры, выявило наличие инволюционных изменений, несвойственных возрасту обследуемого. Результаты определения эквивалентных доз в хрусталиках глаз медицинского персонала, выполняющего оперативные вмешательства под контролем рентгеновского излучения, и результаты клинического исследования состояния органа зрения врача по рентгенэндоваскулярной диагностике и лечению подтверждают обоснованность ужесточения нормируемого годового предела эквивалентных доз в хрусталике глаза на уровне 20 мЗв, установленного МАГАТЭ.

Ключевые слова: рентгеновское излучение, хрусталик глаза, эквивалентная доза, рентгенэндоваскулярные вмешательства, биомикроскопия глаза, лучевая катаракта, радиационная безопасность медперсонала, термолюминесцентная дозиметрия.

Введение

В последние годы интенсивно увеличивается количество выполняемых хирургических вмешательств под контролем рентгеновского излучения. Основными принципами интервенционной радиологии являются использование органосберегающих и максимально щадящих для пациента методик, прецизионность инвазивного вмешательства при его достаточно высокой эффективности. Постепенно расширяется круг интервенционно-радиологических вмешательств: вмешательства на сердце, аорте, артериях и венах, реканализация сосудов, разобщение врождённых и приобретённых артериовенозных соустьев, тромбэктомия, эндопротезирование, установка стентов и фильтров, эмболизация сосудов, закрытие дефектов межпредсердной и межжелудочковой перегородок, селективное введение лекарств в различные отделы сосуди-

Рыжкин С.А.* – доцент, к.м.н. КГМА – филиала ФГБОУ ДПО РМАНПО Минздрава России, К(П)ФУ, ФГБОУ ВО Казанский ГМУ Минздрава России. Слесарева А.Н. – зам. гл. инж., рук. лаб. ООО «РЕНИР». Галеева Г.З. – ассистент, к.м.н. ФГБОУ ВО Казанский ГМУ Минздрава России. Иванов С.И. – зав. каф., д.м.н., проф. ФГБОУ ДПО РМАНПО Минздрава России.

*Контакты: 420012, Республика Татарстан, Казань, ул. Бутлерова, 36. Тел.: +7(843) 236-12-91; e-mail: rsa777@inbox.ru.

стой системы; операции на головном мозге, органах головы и шеи, лёгких, сосудах, органах брюшной полости, забрюшинного пространства и таза, мышечно-скелетной системы и т.д.

На ежегодных Европейских конгрессах радиологов (Вена) вопросам интервенционной радиологии посвящается более сотни сообщений. Специфика таких процедур состоит в том, что при их выполнении персонал может получить дозы профессионального техногенного облучения, сравнимые и даже иногда превосходящие пределы дозы, установленные в Нормам радиационной безопасности (НРБ-99/2009) [1].

Лучевая нагрузка на медицинский персонал при таких процедурах значительно превышает лучевые нагрузки специалистов, работающих в других областях лучевой диагностики и терапии. В настоящее время организован дозиметрический контроль общего облучения персонала, использующего в своей работе источники ионизирующего излучения. Реализуется он путём ношения дозиметра под рентгенозащитным фартуком и служит для регистрации поглощённой телом врача (медицинской сестры) дозы облучения. Чрезвычайно радиочувствительным элементом зрительного аппарата человека является хрусталик глаза [2, 3]. Однако систематический радиационный контроль эквивалентных доз в хрусталике глаза в настоящее время не организован.

Лучевая катаракта глаза относится к детерминированным эффектам облучения, которые возникают, когда облучение выходит за допустимые пределы, установленные НРБ-99/2009. Это случается по большей части при локальном облучении тела. В отличие от других органов детерминированные эффекты в хрусталике происходят не от гибели функциональных клеток, а от нарушения их метаболизма: аномальные белки, попадая в прозрачные волокна хрусталика, вызывают его помутнение [4, 5].

В последнее время в связи с более частым применением оперативных вмешательств, выполняемых под рентгеновским контролем, расширением спектра таких операций, увеличением числа медицинских работников, выполняющих данные вмешательства, важной научно-практической и социально значимой задачей является сохранение здоровья и профессионального долголетия данной высококвалифицированной категории медицинских работников. В связи с этим актуальными направлениями научных исследований являются оценка доз общего облучения, облучения хрусталика глаза, кистей рук медицинского персонала при выполнении различных видов оперативных вмешательств под контролем рентгеновского излучения и разработка мероприятий, направленных на раннюю диагностику и профилактику патологических изменений в организме, вызванных ионизирующим излучением.

Материал и методы

В период с апреля по июнь (первый квартал наблюдения) и с июля по сентябрь (второй квартал наблюдения) 2016 г. с использованием термолюминесцентных дозиметров определены эквивалентные дозы облучения хрусталика глаза у 11 врачей по рентгенэндоваскулярной диагностике и лечению, а также у 15 операционных медицинских сестёр. У врачей также определены эквивалентные дозы в кистях рук. У всего персонала отделения, включая 6 сотрудников младшего медицинского персонала, определены дозы общего облучения. Исследование выполнялось с учётом Методических указаний МУ 2.6.1.3015-12 «Организация и проведение индивидуального дозиметрического контроля. Персонал медицинских организаций», Методики измерений индивидуального эквивалента дозы фотонного излучения с использованием дози-

метров из состава комплекса дозиметрического люминесцентного «ДОЗА-ТЛД», Методики измерений доз фотонного и бета-излучения в коже пальцев рук, лица и хрусталике глаза у персонала с использованием дозиметров из состава комплекса дозиметрического люминесцентного «ДОЗА-ТЛД».

В НРБ-99/2009 [6] предписывается выражать дозы облучения персонала в единицах нормируемых величин, являющихся мерой ущерба от воздействия облучения на человека (эффективная доза, эквивалентная доза облучения органа или ткани). Как известно, данные величины не являются непосредственно измеримыми. Поэтому согласно МУ 2.6.1.3015-12 мы использовали операционные величины, однозначно определяемые через физические характеристики поля излучения. Результаты измерений операционных величин принимались в качестве разумно консервативной оценки соответствующих нормируемых величин. Операционной величиной для индивидуального дозиметрического контроля внешнего излучения является индивидуальный эквивалент дозы, $H_p(d)$, мЗв. Значение параметра d , мм, определяющего требования к индивидуальному дозиметру внешнего излучения, а также положение дозиметра на теле работника определяются тем, для определения какой нормируемой величины используется её эквивалент. Так, для определения эквивалентной дозы внешнего облучения кожи нами использована такая операционная величина как индивидуальный эквивалент дозы $H_p(0,07)$, для определения которой индивидуальный дозиметр располагался непосредственно на поверхности наиболее облучаемого участка кожи кисти. Для измерения эквивалентной дозы внешнего облучения хрусталика глаза нами использован индивидуальный эквивалент дозы $H_p(3)$, для определения которого индивидуальный дозиметр располагался на лицевой части головы. Поскольку врачи, выполняющие рентгенэндоваскулярные вмешательства, и медицинские сестры операционных бригад относятся к персоналу рентгеновских кабинетов, которые по условиям труда находятся в процедурном помещении, работают с напряжением на рентгеновской трубке от 40 до 120 кВ в защитных фартуках, то для оценки эффективной дозы нами была использована формула:

$$E = 0,60 H_{гр}(10) + 0,025 H_{рш}(10), \text{ мЗв,}$$

где $H_{гр}(10)$ – доза, мЗв, зарегистрированная дозиметром, расположенным на груди под защитным фартуком, а $H_{рш}(10)$ – доза, мЗв, зарегистрированная дозиметром, расположенным над фартуком на шапочке.

Рентгенэндоваскулярные вмешательства осуществлялись в операционных, оснащённых ангиографической цифровой установкой с плоским детектором Axiom Artis dTA (Siemens Medical System), аппаратами рентгеновскими ангиографическими CAS-880A (Toshiba Medical Systems Corporation) и Innova 3100-IQ (GE Medical Systems).

В целях настоящего исследования проведены испытания эксплуатационных параметров аппаратов рентгеновских ангиографических, используемых в рентгенооперационных, на предмет соответствия установленным требованиям. В качестве средства измерения применяли универсальный дозиметр Unfors Xi (серийный номер средства измерения 147570) с детектором R/F+MAM (серийный номер средства измерения 145011) (погрешности измерений кВ<3%, мс<3%, мГр<10%). Также использовалось следующее испытательное оборудование: комплект тест-объектов ТУР-01, тест пространственного разрешения ТПР-2, тест пространственного разрешения ТПР-4-2, тест контрастной чувствительности ТКЧ-5, фантом ЦСА для цифровой субтракционной ангиографии, алюминиевый attenuator.

Испытания проводили в соответствии с утверждёнными методиками проведения измерений и действующими нормативными документами. На основе анализа литературных данных [7] для клинического изучения показателей светопреломляющей системы органа зрения в нашем исследовании были применены следующие методы: сбор анамнеза, объективный осмотр, биомикроскопия глаза (конъюнктивы глазного яблока, стекловидного тела), В-сканирование глаза.

Для клинического исследования состояния органа зрения был приглашён врач по рентгеноваскулярной диагностике и лечению, у которого по результатам определения эквивалентных доз в хрусталике глаз в течение двух кварталов (6 месяцев) 2016 г. была зарегистрирована доза, значение которой составило 18,7 мЗв, профессиональный стаж работы с источником ионизирующего (рентгеновского) излучения – 10 лет.

Результаты и обсуждение

В исследованиях последних лет отмечается, что медицинский персонал операционных бригад, выполняющий интервенционные процедуры под рентгеновским контролем, подвергается значительному радиационному воздействию [1]. В НРБ-99/2009 установлен основной предел эквивалентной дозы в хрусталике глаза для персонала, использующего в своей деятельности источники ионизирующего излучения, равный 150 мЗв/год [6]. Однако до настоящего времени систематический контроль этого радиационного фактора не организован. В доступной литературе имеются обзорные статьи по данному вопросу [8, 9]. В Основных нормах безопасности МАГАТЭ установлен новый дозовый предел для хрусталика глаза, сниженный с 150 до 20 мЗв в год [10]. Подчёркивается, что для обеспечения радиационной безопасности персонала в новой системе основных дозовых пределов необходимо осуществление комплекса мероприятий, включающего обеспечение персонала индивидуальными дозиметрами мягкого фотонного излучения, измеряющими эквивалентную дозу облучения хрусталика глаза. Как указано в [8], для определения дозовой нагрузки на хрусталик глаза необходимо измерять индивидуальный эквивалент дозы $H_p(3)$, т.е. эквивалент дозы на глубине 3 мм ткани. Данному требованию удовлетворяют термолюминесцентные дозиметры – дозиметры для измерения эквивалентных доз фотонного излучения $H_p(3)$ в хрусталике глаза. Используемые нами в исследовании термолюминесцентные дозиметры на основе высокочувствительных термолюминофоров, обладающие высокой чувствительностью, позволили обеспечить необходимый, в соответствии с требованиями МАГАТЭ, Международной комиссии по радиологической защите и НРБ-99/2009 уровень требований для измерения рентгеновского излучения, воздействующего на хрусталик глаза медицинского персонала при выполнении оперативных вмешательств под контролем рентгеновского излучения.

Результаты испытания эксплуатационных параметров, измерения радиационных выходов рентгеновских трубок и параметров произведения дозы на площадь рентгеновских ангиографических аппаратов, участвующих в исследовании, позволили сделать вывод, что при контроле дозиметрических и электрических характеристик (формы кривой анодного напряжения; анодного напряжения, длительности экспозиции, слоя половинного ослабления, воспроизводимости радиационного выхода), а также при контроле качества изображения (контроле высококонтрастного разрешения, контроле контрастной чувствительности) значения проверяемых параметров находились в пределах допустимых диапазонов.

Для 11 врачей по рентгенэндоваскулярной диагностике и лечению исследованные нами значения операционных величин для индивидуального дозиметрического контроля находились в следующих диапазонах: индивидуальные эквиваленты дозы $H_p(3)$, измеренные на лицевой части головы врачей, от <2 мЗв до 7,23 мЗв в первый квартал наблюдения и от <2 мЗв до 16,92 мЗв во второй квартал наблюдения; индивидуальные эквиваленты доз $H_p(10)$, измеренные на поверхности тела под рентгенозащитным фартуком врачей, от 0,06 мЗв до 6,71 мЗв в первый квартал наблюдения и от 0,07 мЗв до 4,4 мЗв во второй квартал наблюдения; индивидуальные эквиваленты доз $H_p(0,07)$, измеренные на поверхности наиболее облучаемого участка кожи кистей рук врачей, от 3,36 мЗв до 35,35 мЗв в первый квартал наблюдения и от 3,52 мЗв до 31,65 мЗв во второй квартал наблюдения. Оцененные значения эффективных доз внешнего облучения для врачей находились в пределах от 0,06 мЗв до 6,71 мЗв за первый квартал наблюдения и от 0,07 мЗв до 4,4 мЗв за второй квартал наблюдения. Для 15 операционных медицинских сестёр исследованные нами значения операционных величин для индивидуального дозиметрического контроля находились в следующих диапазонах: индивидуальные эквиваленты дозы $H_p(3)$, измеренные на лицевой части головы медицинских сестёр, от <2 мЗв до 2,02 мЗв в первый квартал наблюдения и от <2 мЗв до 2,61 мЗв во второй квартал наблюдения; индивидуальные эквиваленты доз $H_p(10)$, измеренные на поверхности тела под рентгенозащитным фартуком медицинских сестёр, от 0,05 мЗв до 1,02 мЗв в первый квартал наблюдения и от 0,07 мЗв до 0,74 мЗв во второй квартал наблюдения. Оцененные значения эффективных доз внешнего облучения для операционных медицинских сестёр находились в пределах от 0,05 мЗв до 0,77 мЗв за первый квартал наблюдения и от 0,07 мЗв до 0,74 мЗв – за второй. Индивидуальные эквиваленты доз $H_p(10)$, измеренные на поверхности тела под рентгенозащитным фартуком 6 сотрудниц из числа младшего медицинского персонала, а также оцененные для данной категории значения эффективных доз внешнего облучения находились в пределах от 0,05 мЗв до 0,18 мЗв.

В рамках нашего исследования будет продолжен ежеквартальный мониторинг значений измеряемых операционных величин для оценки годовых доз облучения медицинского персонала, выполняющего хирургические операции под контролем рентгеновского излучения.

Необходимо отметить, что прогнозируемые годовые дозы облучения хрусталика глаза врачей и операционных медицинских сестёр при экстраполяции результатов измерений, полученных за 2 квартала на календарный год, находятся в пределах допустимых значений согласно действующим НРБ-99/2009. Однако, при введении нового значения годового предела эквивалентной дозы при профессиональном облучении хрусталика глаза, утверждённого Международными основными нормами безопасности [10], измеренные годовые дозы облучения хрусталика глаза окажутся в целом ряде случаев выше установленного нового годового предела, равного 20 мЗв.

Анализ результатов объективного осмотра, сбор анамнеза показали, что у обследуемого врача по рентгенэндоваскулярной диагностике и лечению (1982 года рождения) имеются жалобы на неприятные ощущения в глазах, скудное отделяемое слизистого характера из конъюнктивальной полости, покраснение глаз в вечернее время, «мушки» в левом глазу. Измеренная эквивалентная доза облучения хрусталика глаз составила за 2 квартала 2016 г. 18,7 мЗв. По данным объективного осмотра у обследуемого врача имеются признаки синдрома «сухого» глаза: истончение слёзного мениска у края века, лёгкая гиперемия конъюнктивы нижнего века без

отёка, пигментация конъюнктивы глазного яблока снаружи от лимба на правом глазу. В хрусталике глаза этого же врача выявлено уплотнение ядра, что не свойственно инволюционным изменениям хрусталика в данном возрасте (34 года) (рис. 1).

а) Фоторегистрация результатов биомикроскопии хрусталика левого глаза. Стрелкой отмечено уплотнение ядра хрусталика.

б) Фоторегистрация результатов биомикроскопии конъюнктивы правого глаза. Стрелкой отмечен участок гиперпигментации конъюнктивы.

в) Фоторегистрация результатов биомикроскопии конъюнктивы правого глаза. Стрелкой отмечено истончение слёзного ручья.

г) Фоторегистрация результатов биомикроскопии конъюнктивы левого глаза. Стрелкой отмечен участок гиперпигментации конъюнктивы.

д) Фоторегистрация результатов биомикроскопии конъюнктивы левого глаза. Стрелкой отмечен участок истончения слёзного ручья.

Рис. 1. Фоторегистрация результатов биомикроскопии правого и левого глаз врача по рентгенэндоваскулярной диагностике и лечению.

Согласно собранному анамнезу условия труда обследуемого характеризуются тем, что первичный рентгеновский луч, генерируемый рентгеновской трубкой (излучателем), направлен преимущественно в левый глаз врача. В стекловидном теле левого глаза имеется деструкция, что подтверждается биомикроскопией стекловидного тела и данными В-сканирования глаза (рис. 2).

а) Результат В-сканирования левого глаза. Стрелкой отмечены гиперденсивные образования в витреальной полости.

б) Результат В-сканирования правого глаза. Гиперденсивные образования в витреальной полости отсутствуют.

Рис. 2. Результаты В-сканирования левого (а) и правого (б) глаз врача по рентгенэндоваскулярной диагностике и лечению.

Анализ данных литературы [7], результатов определения эквивалентных доз в хрусталиках глаз, данных анамнеза, трудового стажа, профессионального маршрута и клинического обследования органов зрения врача по рентгенэндоваскулярной диагностике и лечению позволяют сделать вывод, что изменения в органе зрения связаны с воздействием рентгеновского излучения. Так, одной из точек приложения рентгеновского излучения являются ядра клеток эпителия конъюнктивы, что приводит к кариопикнозу, гибели клеток конъюнктивы и клинически проявляется в истончении слёзного мениска у края века, легкой гиперемии конъюнктивы нижнего века без отёка, пигментации конъюнктивы глазного яблока. Неровность эпителиального покрова конъюнктивы приводит, в свою очередь, к множественным разрывам слёзной пленки, что стимулирует развитие синдрома «сухого» глаза и сопровождается жалобами на неприятные ощущения в глазах, скудным отделяемым слизистого характера из конъюнктивальной полости, покраснением глаз в вечернее время. Усугубляет ситуацию снижение продукции слезы добавочными слёзными железами, которые также подвержены гибели при воздействии ионизирующего излучения. Особенностью выполнения рентгенохирургических вмешательств является то, что рентгеновский излучатель (трубка) располагается под операционным столом слева по отношению к оперирующему хирургу.

Впервые методом биомикроскопии нами выявлены ранние признаки инволюционных изменений хрусталика в левом глазу врача по рентгенэндоваскулярной диагностике и лечению (уплотнение ядра хрусталика). Данные изменения можно объяснить тем, что при воздействии ионизирующего излучения в малых дозах в местах размена энергии кванта образуются свободные радикалы, приводящие к окислительному стрессу [3].

Благодаря особому обмену веществ хрусталик является той структурой человеческого глаза, которая менее всего способна противостоять окислительному стрессу. В хрусталиковых

волокнах для поддержания его прозрачных свойств происходит постепенный распад ядра, митохондрий и других внутриклеточных органелл, в зрелом хрусталике содержится большой объём ткани, неспособной к синтезу белка и осуществлению метаболических процессов. Однако сохраняется некоторая способность к синтезу ограниченного набора протеинов, и имеются механизмы противодействия оксидативному стрессу, способному нарушить функционирование существующих белков.

Вероятно, накопленная доза ионизирующего излучения, полученная обследованным врачом по рентгенэндоваскулярной диагностике и лечению, превысила компенсаторные возможности хрусталика. Это привело к нарушению шаперонной активности α -кристаллинов, основная функция которых состоит в восстановлении правильной нативной третичной или четвертичной структуры белков хрусталика, что и поддерживает его прозрачность. Так, α -кристаллины могут предотвращать агрегацию частично денатурированных белков и возвращать их нативную структуру. При нарушении функции α -кристаллинов происходит уплотнение ядра, что обычно предшествует помутнению хрусталика. Также впервые методом В-сканирования в стекловидном теле левого глаза врача по рентгенэндоваскулярной диагностике и лечению выявлена нитчатая деструкция, механизм которой можно объяснить тем, что при воздействии окислительного стресса в стекловидном теле образуются полости различной величины, содержащие жидкие фракции.

Результаты определения эквивалентных доз в хрусталиках глаз медицинского персонала, осуществляющего оперативные вмешательства под контролем рентгеновского излучения, и результаты клинического исследования состояния органа зрения врача по рентгенэндоваскулярной диагностике и лечению подтверждают обоснованность ужесточения нормируемого годового предела эквивалентных доз в хрусталике глаза на уровне 20 мЗв, предлагаемого МАГАТЭ [10].

Заключение

Таким образом, комплексный подход, включающий в себя систематическое определение эквивалентных доз в хрусталиках глаза и клинические методы для ранней диагностики, позволяет своевременно выявлять развитие патологических процессов в органе зрения персонала, выполняющего рентгенохирургические вмешательства и осуществлять их профилактику.

Актуальным направлением дальнейших научных исследований является разработка мероприятий по снижению дозовой нагрузки в целях обеспечения безопасных условий труда врачам и среднему медицинскому персоналу, выполняющим высокотехнологичные операции, спасающие жизни пациентам.

Публикация подготовлена в рамках поддержанного РФФИ и Правительством Республики Татарстан научного проекта № 16-16-16018.

Литература

1. Котенко К.В., Бушманов А.Ю., Тюрин И.Е., Костылев В.А., Ткачев С.И., Долгушин Б.И., Бойко А.А., Наркевич Б.Я. К вопросу о вредных условиях труда в радиологических подразделениях медицинских учреждений // Медицинская радиология и радиационная безопасность. 2013. Т. 58, № 4. С. 17-22.
2. Fish D.E., Kim A., Ornelas C., Song S., Pangarkar S. The risk of radiation exposure to the eyes of the interventional pain physician // Radiol. Res. Pract. 2011. V. 2011. P. 1-5. doi: 10.1155/2011/609537.
3. Цыб А.Ф., Абакушина Е.В., Абакушин Д.Н., Романко Ю.С. Ионизирующее излучение как фактор риска развития лучевой катаракты // Медико-биологические проблемы жизнедеятельности. 2013. № 1(9). С. 34-41.
4. Basic anatomical and physiological data for use in radiological protection: Reference values: ICRP Publication 89 // Annals of the ICRP. 2002. V. 32, N 3-4. P. 1-277.
5. Островский М.А. Световая и радиационная экология зрения // Вестник Российской военно-медицинской академии. 2008. Т. 23, № 3. С. 9-12.
6. Нормы радиационной безопасности (НРБ-99/2009). Санитарные правила и нормативы СанПиН 2.6.1.2523-09. М.: Федеральный центр гигиены и эпидемиологии Роспотребнадзора, 2009. 100 с.
7. Галеева Г.З., Рыжкин С.А., Сергеева С.Ю. Воздействие ионизирующего излучения на человека и орган зрения // Практическая медицина. 2016. № 7(99). С. 37-41.
8. Иванов С.И., Логинова С.В., Аكوпова Н.А., Охрименко С.Е., Нурлыбаев К.Н. Проблемы дозиметрии хрусталика глаза // Медицинская радиология и радиационная безопасность. 2014. Т. 59, № 4. С. 67-72.
9. Рубцов В.И., Клочков В.Н., Требухин А.Б., Нефёдов А.Ю., Клочкова Е.В., Нурлыбаев К.Н., Мартынюк Ю.Н., Медведев Л.Л. Контроль эквивалентной дозы хрусталика глаза и оценка возможности её снижения // АНРИ. 2013. № 3. С. 32-37.
10. IAEA. Radiation Protection and Safety of Radiation Sources: International Basic Safety Standards, № GSR Part 3. Vienna: IAEA, 2015. 482 p.

Clinical examination of the eyes functional status and assessment of equivalent dose to eye lens in medical staff performing endovascular interventions under X-ray guidance

Ryzhkin S.A.^{1,2,3}, Slesareva A.N.⁴, Galeeva G.Z.³, Ivanov S.I.⁵

¹ Kazan State Medical Academy, Kazan;

² Kazan Federal University, Kazan;

³ Kazan State Medical University, Kazan;

⁴ RENIR Ltd, Kazan;

⁵ Russian Medical Academy of Continuous Professional Education, Moscow

Growing use of X-ray guided surgery interventions leads to increase in the risk of radiation side effects in medical staff participating in image-guided interventional procedures. In this connection to protect health and ensure professional longevity of the interventionists are important scientific and social problems. The purpose of the study presented in the article is to assess radiation dose to the lens of eyes, doses to whole body and hands of medical staff performing X-ray-guided endovascular procedures. Doses were measured with the use of thermoluminescent dosimeters. Due to clinical eye examination for above staff to assess abilities to refract the light existence of involution changes, which are unusual for a specific age of an examined person, are found. The study proves that new annual equivalent dose limit for the lens of the eyes of 20 mSv recommended by the IAEA is justified.

Key words: X-ray image, lens of the eye, equivalent dose, endovascular intervention, biomicroscopy of eye, radiation-associated cataract, radiation safety of medical staff, thermoluminescence dosimetry.

*Ryzhkin S.A. – Associate Prof., C.Sc., Med. KSMA, KFU, KSMU. Slesareva A.N. – Deputy Chief Engineer, Head of Lab. Ltd. RENIR. Galeeva G.Z. – Assistant, C.Sc., Med. KSMU. Ivanov S.I. – Head of the Dep., Prof., MD. RMACPE.

*Contacts: 36 Butlerov str., Kazan, Republic of Tatarstan, Russia, 420012. Tel.: +7 (843) 236-12-91; e-mail: rsa777@inbox.ru.

References

1. **Kotenko K.V., Bushmanov A.Yu., Tyurin I.Ye., Kostylev V.A., Tkachev S.I., Dolgushin B.I., Boyko A.A., Narkevich B.Ya.** On the issue of hazardous conditions in the radiology departments of medical institutions. *Meditsinskaya radiologiya i radiatsionnaya bezopasnost' – Medical Radiology and Radiation Safety*, 2013, vol. 58, no. 4, pp.17-22. (In Russian).
2. **Fish D.E., Kim A., Ornelas C., Song S., Pangarkar S.** The risk of radiation exposure to the eyes of the interventional pain physician. *Radiol. Res. Pract.*, 2011, vol. 2011, pp. 1-5. doi: 10.1155/2011/609537.
3. **Tsyb A.F., Abakushina Ye.V., Abakushin D.N., Romanko Yu.S.** Ionizing radiation as a risk factor for the development of radiation cataracts. *Mediko-biologicheskie problemy zhiznedeyatel'nosti – Medical-biological Problems of Life*, 2013, no. 1 (9), pp. 34-41. (In Russian).
4. Basic anatomical and physiological data for use in radiological protection: Reference values: ICRP Publication 89. *Annals of the ICRP*, 2002, vol. 32, no. 3-4, pp. 1-277.
5. **Ostrovskiy M.A.** Light and radiation ecology of vision. *Vestnik Rossiyskoy voenno-meditsinskoy akademii – Bulletin of the Russian Military Medical Academy*, 2008, vol. 23, no. 3, pp. 9-12. (In Russian).
6. Radiation safety standard (NRB-99/2009): Sanitary rules and norms (SanPiN 2.6.1.2523-09): appr. and put into effect on 07.07.09. Moscow, Federal Center of Hygiene and Epidemiology, 2009. 100 p. (In Russian).
7. **Galeyeva G.Z., Ryzhkin S.A., Sergeyeva S.Yu.** Effects of ionizing radiation on the human body and the eyes. *Prakticheskaya meditsina – Practical Medicine*, 2016, no. 7(99), pp. 37-41. (In Russian).
8. **Ivanov S.I., Loginova S.V., Akopova N.A., Okhrimenko S.Ye., Nurlybayev K.N.** Problems of eye lens dosimetry. *Meditsinskaya radiologiya i radiatsionnaya bezopasnost' – Medical Radiology and Radiation Safety*, 2014, vol. 59, no. 4, pp. 67-72. (In Russian).
9. **Rubtsov V.I., Klochkov V.N., Trebukhin A.B., Nefedov A.Yu., Klochkova Ye.V., Nurlybayev K.N., Martynyuk Yu.N., Medvedev L.L.** Monitoring of dose equivalent to the lens of the eye and evaluation of the possibility of its reduction. *ANRI – ANRI*, 2013, no. 3, pp. 32-37. (In Russian).
10. IAEA. Radiation Protection and Safety of Radiation Sources: International Basic Safety Standards, № GSR Part 3. Vienna, IAEA, 2015. 482 p.