

Малькова Н.Ю.^{1,2}, Балтрукова Т.Б.², Иванова О.И.², Петрова М.Д.¹

ГИГИЕНИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА РЕНТГЕНОВСКОГО И ЛАЗЕРНОГО ИЗЛУЧЕНИЙ НА РАБОЧЕМ МЕСТЕ ХИРУРГОВ

¹ФБУН «Северо-Западный научный центр гигиены и общественного здоровья» Роспотребнадзора, 191036, Санкт-Петербург;

²ФГБОУ ВО «Северо-Западный государственный медицинский университет имени И.И. Мечникова» Минздрава России, 191015, Санкт-Петербург

Введение. В последние годы в хирургии большое внимание уделяется совершенствованию и разработке нового хирургического оборудования, в том числе оборудования, работа которого основана на использовании ионизирующих и неионизирующих излучений; расширяются области его применения, что позволяет оказывать пациентам высокотехнологичную и менее травматичную помощь. Однако применение такого оборудования, возможно, способствует возникновению на рабочих местах членов хирургических бригад новых вредных производственных факторов ионизирующей и неионизирующей природы, которые могут оказывать негативное воздействие на персонал.

Материал и методы. В статье приведены результаты изучения уровней рентгеновского и лазерного излучений на рабочих местах медперсонала современных операционных.

Результаты. Выявлено, что на рабочих местах персонала хирургических бригад при использовании рентгенохирургических установок общая приведённая мощность эффективной дозы рентгеновского излучения в большинстве случаев не превышает допустимую мощность дозы, но при проведении отдельных процедур (например, при эмболизации сосудов) она может превышать допустимые уровни у хирургов. Общая годовая эффективная доза облучения членов рентгенохирургических бригад за год зависит от количества выполненных операций, их вида, сложности и может превышать основной предел доз для персонала групп А и Б. Интенсивность диффузно отражённого лазерного излучения на рабочих местах хирургов может значительно превышать предельно допустимые уровни, иногда до 600 раз.

Обсуждение. Учитывая постоянное увеличение использования в хирургии высокотехнологичного оборудования, генерирующего лазерное и рентгеновское излучение, и количества медицинского персонала, работающего с ним, гигиеническая оценка уровней этих излучений на рабочих местах членов хирургических бригад и разработка мероприятий по улучшению условий труда является важным направлением сохранения здоровья работающих.

Заключение. Для оценки степени профессионального риска здоровью хирургов необходимо проведение углубленного исследования их состояния здоровья.

Ключевые слова: условия труда; хирурги; рентгеновское излучение; лазерное излучение.

Для цитирования: Малькова Н.Ю., Балтрукова Т.Б., Иванова О.И., Петрова М.Д. Гигиеническая оценка рентгеновского и лазерного излучений на рабочем месте хирургов. *Гигиена и санитария*. 2019; 98(6): 636-641. DOI: <http://dx.doi.org/10.18821/0016-9900-2019-98-6-636-641>

Для корреспонденции: Малькова Наталья Юрьевна, доктор биол. наук, гл. науч. сотр. отдела комплексной гигиенической оценки физических факторов ФБУН Северо-Западного центра гигиены и общественного здоровья, 191036, Санкт-Петербург. E-mail: lasergrmal@mail.ru

Финансирование. Исследование не имело спонсорской поддержки.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Участие авторов: концепция и дизайн исследования – Малькова Н.Ю., Балтрукова Т.Б.; сбор и обработка материала – Иванова О.И., Петрова М.Д.; статистическая обработка – Иванова О.И., Петрова М.Д.; написание текста – Малькова Н.Ю., Балтрукова Т.Б.; редактирование – Балтрукова Т.Б., Малькова Н.Ю.; утверждение окончательного варианта статьи, ответственность за целостность всех частей статьи – Малькова Н.Ю.

Поступила 11.03.2019

Принята к печати 27.05.19

Опубликована 07.2019

Malkova N.Yu.^{1,2}, Baltrukova T.B.², Ivanova O.I.², Petrova M.D.¹

HYGIENIC ASSESSMENT OF X-RAY AND LASER RADIATION AT SURGEONS' WORKPLACES

¹North-West Public Health Research Center, 191036, Saint-Petersburg, Russian Federation;

²North-Western State Medical University named after I.I. Mechnikov, 191015, Saint-Petersburg, Russia

Introduction. Modern surgery is a complex, multifaceted area of medicine that plays an important role in the struggle for health, working capacity and human life. In recent years, in surgery, much attention has been paid to the improvement and development of new surgical equipment, including that based on ionizing and non-ionizing radiation, its application range being widened, which allows patients being provided with high-tech and less traumatic procedures. However, the use of such equipment resulted in the appearance of new adverse occupational factors of ionizing and non-ionizing nature at the workplaces of surgical team members, which can have a negative effect on the personnel.

Material and methods. Data of x-ray and laser radiation level studies at the workplaces of medical personnel in modern operating rooms are reported.

Results. Total normalized power of the effective x-ray dose during the use of x-ray surgical unit at the workplaces of surgical teams in most cases was revealed not to exceed allowable dose rate, while in the process of certain procedures, such as vessel embolization, it can exceed allowable levels. The total annual effective radiation exposure dose of x-ray surgery teams depends on the number of performed operations, their type, complexity, and can exceed a basic radiation dose limit for A and B group personnel. The intensity of diffusely reflected laser radiation at workplaces of surgeons can significantly exceed maximum allowable levels, sometimes up to 600 times.

Discussion. Considering an ever-gaining use of high-tech equipment generating laser and X-ray radiation and increasing number of exposed medical personnel, hygienic assessment of these radiation levels at workplaces of surgical team members and development of measures to improve working conditions is an important issue for maintaining workers' health.

Conclusion. To assess the occupational risk degree to the health of surgeons it is necessary to conduct in-depth studies of their health status.

Keywords: working conditions; surgeons; x-ray radiation; laser radiation.

For citation: Malkova N.Yu., Baltrukova T.B., Ivanova O.I., Petrova M.D. Hygienic assessment of x-ray and laser radiation at surgeons' workplaces. *Gigiena i Sanitaria (Hygiene and Sanitation, Russian journal)* 2019; 98(6): 636-641. (In Russ.). DOI: <http://dx.doi.org/10.18821/0016-9900-2019-98-6-636-641>

For correspondence: Natalia Yu. Malkova, MD, Ph.D., DSci., chief researcher of the Department of complex hygienic assessment of physical factors of the North-West Public Health Research Center, 191036, Saint-Petersburg, Russian Federation. E-mail: lasergrmal@mail.ru

Information about the author:

Mal'kova N.Yu., <http://orcid.org/0000-0002-0426-8851>; Baltrukova T.B., <http://orcid.org/0000-0001-7516-9036>; Ivanova O.I., <http://orcid.org/0000-0002-0807-769X>; Petrova M.D., <https://orcid.org/0000-0001-5506-6523>

Conflict of interest. The authors declare no conflict of interest.

Acknowledgments. The study had no sponsorship.

Contribution: research concept and design – Malkova N.Yu., Baltrukova T.B.; the collection and processing of the material – Ivanova O.I., Petrova M.D.; statistical – Ivanova O.I., Petrova M.D.; write – Malkova N.Yu., Baltrukova T.B.; edit – Baltrukova T.B., Malkova N.Yu.; approval of the final article, responsibility for the integrity of all parts of the article – Malkova N.Yu.

Received: 11 March 2019

Accepted: 27 May 2019

Published 07.2019

Введение

Хирургия сегодня представляет собой сложную многогранную область медицины, играющую важную роль в лечении больных, сохранении их жизни и трудоспособности. Современная хирургия использует достижения не только биологии, физиологии, иммунологии, биохимии, но и математики, кибернетики, физики, химии, электроники и других отраслей науки. Операционные постоянно оснащаются все более новой и высокотехнологичной электронной и оптической аппаратурой, в том числе лазерными и рентгеновскими установками. Разрабатываются новые методики выполнения тех или иных оперативных вмешательств с использованием этой техники, расширяются области их применения, увеличивается круг медицинских организаций, использующих эти методы, и число медицинского персонала, подвергающегося действию новых вредных факторов, создаваемых этим оборудованием [1–3].

Сегодня рентгенхирургические установки широко используются в кардиохирургии, сосудистой хирургии, при диагностических и оперативных вмешательствах в онкологии, нейрохирургии, пульмонологии, гепатологии, урологии, гинекологии, травматологии и других областях медицины [3, 4]. Рентгенхирургические вмешательства в 43% случаев применяются при эмболизации аневризм, в 24% при эмболизации артерио-венозных мальформаций, в 8% в вертебропластике и в 15% в других случаях [5].

В последнее десятилетие применение рентгенхирургических методов лечения в Российской Федерации (РФ) имеет устойчивую тенденцию роста. Так, если в 2006 г. в стране было 110 центров (отделений) рентгеноэндоваскулярной диагностики и лечения, в которых функционировало 152 операционных и работали 476 специалистов, то к 2015 г. их число возросло до 295, 472 и 1551 соответственно. Количество ежегодно выполняемых эндоваскулярных операций выросло в 6 раз [4].

Применение рентгеновских установок в хирургии позволяет визуализировать область вмешательства, что даёт возможность эффективно проводить более сложные оперативные вмешательства с меньшим травмированием тканей. Это повышает эффективность лечения, уменьшает число осложнений, сокращает продолжительность пребывания пациентов в стационаре, сроки последующей

реабилитации больных. Однако в процессе проведения рентгенхирургических вмешательств пациенты и персонал хирургических бригад подвергаются воздействию больших доз внешнего рентгеновского облучения [6, 7], что, несомненно, несёт в себе угрозу для их здоровья. Тем не менее данных в научной литературе по уровню облучения хирургов мало. Они посвящены, как правило, отдельным профессиональным группам хирургов, выполняющим определённые типы вмешательств, что требует дальнейшего изучения [5–12]. В настоящее время благодаря разработанным мерам радиационной защиты положительный эффект от обоснованных процедур для пациентов существенно превышает возможные радиационные риски. В то же время уровень облучения членов хирургической бригады может быть значительным [5, 6, 8, 13–15] и часто превышает уровень облучения персонала рентгеновских кабинетов [3, 16, 17]. Однако риск профессионального облучения хирургов по сравнению с пользой, приносимой рентгенхирургическими вмешательствами для общества, существенно ниже, что свидетельствует в пользу дальнейшего развития рентгенхирургических методов диагностики заболеваний и лечения больных, требует дальнейшего изучения доз облучения персонала при различных видах рентгенхирургических вмешательств и разработки эффективных мер их защиты.

Другой передовой технологией медицины XXI века является лазерная медицина. За медицинскими лазерами большое будущее [18]. Эта область имеет большое значение с точки зрения качества и безопасности оказываемой пациентам помощи.

Только на территории России используется более 2 000 хирургических установок на основе мощных углекислотных лазеров [19], их разработкой занимаются специалисты как в России, так и за рубежом [20]. В литературе имеются сведения о гигиенической оценке лазерного излучения при работе на таких установках, как «Скальпель-1», «Ромашка», «Разбор». Каждый год появляются новые лазерные хирургические установки и отечественного, и зарубежного производства. В последние годы исследователями отмечается перспективность использования CO₂-лазеров в стоматологии, офтальмологии, оториноларингологии и других медицинских областях, а также в хирургии [21].

Использование в хирургии CO₂-лазеров возможно благодаря тому, что высокоинтенсивное излучение создаёт минимальную зону термических повреждений, обладает эффектом биосварки, надёжной коагуляцией сосудов, бактерицидным эффектом, повышает качество и эффективность операций. Применение лазера по сравнению с традиционными методами лечения позволяет в 1,5–2 раза сократить сроки нахождения больных в стационаре, снизить летальность и число осложнений [22], а также является одним из перспективных направлений борьбы с госпитальными инфекциями [23].

В то же время лазерное излучение, применяемое в хирургии, может вызывать у персонала неспецифические изменения в состоянии здоровья со стороны сердечно-сосудистой, центральной нервной системы, периферической крови [24], а также изменения в органе зрения и коже [25].

В настоящий момент появляется все больше случаев, когда во время одной операции возникает необходимость применения и рентгеновского, и лазерного излучения, таким образом медицинский персонал подвергается одновременному негативному воздействию двух новых вредных факторов производственной среды. Такие условия работы могут неблагоприятно воздействовать на здоровье персонала, способствуя повышению вероятности развития у него сомато-стохастических и генетических повреждений, синдрома радиотревожности, который сегодня характерен не только для населения, но и для многих медицинских работников, в том числе рентгенологов, рентгенохирургов и других специалистов [26, 27].

Учитывая, что в научной литературе сегодня недостаточно сведений об уровнях рентгеновского и лазерного излучений на рабочих местах членов хирургической бригады, гигиеническая оценка этих излучений в операционных является актуальной.

Цель работы – гигиеническая оценка рентгеновского и лазерного излучений на рабочих местах хирургов современных операционных.

Материал и методы

Измерение рентгеновского и лазерного излучений проводилось в операционных медицинских организаций Санкт-Петербурга.

Уровни лазерного излучения на рабочих местах персонала, использующего хирургические установки Fidelis, Smartlipo, Smartepil, «АТКУС-15» и «Латус-15», измерялись в соответствии с требованиями ГОСТ 12.1.031–2010¹.

Для замеров лазерного излучения использовался прибор ЛД-07, погрешность измерения которого составляет 30%. Расчёт и оценка уровней облучённости лазерным излучением проводилась в соответствии с СанПиН № 2.2.4.3359–16².

Мощность амбиентного эквивалента дозы рентгеновского излучения измерялась по общепринятой методике (МУ 2.6.1.1982–05³) на рабочих местах хирургов в рентгенооперационных, оборудованных универсальным ангиографическим комплексом Innova 3100 IQ, рентгеновским ангиографическим аппаратом BV Endura или мобильной рентгенохирургической системой (типа С-дуга) фирмы «Электрон», при стандартизованных значениях силы тока и анодного напряжения. Все замеры выполнены дозимет-

ром ДКС-АТ-1123 на четырёх уровнях – на уровне головы (160 см от пола), груди (120 см), гонад (80 см) и ног (30 см) с последующим расчётом мощности эффективной дозы облучения. В качестве фантома использовалась канистра с водой размером 250 × 250 × 225 мм.

Оценка полученных результатов проводилась согласно требованиям нормативных документов, регламентирующих объём лабораторных исследований и их оценку: НРБ-99/2009⁴, ОСПОРБ-99/2010⁵, СанПиН 2.6.1.1192–03⁶.

Статистический анализ полученных результатов проводился с использованием программы Statistica 8.

Результаты

Исследования условий работы хирургов в отделениях рентгенохирургии показали, что в большинстве медицинских организаций операции выполняются не каждый день. Как правило, экстренные операции проводятся в дни дежурств стационаров по оказанию помощи больным, поступающим по экстренным и неотложным показаниям (1–2 дня в неделю), а плановые оперативные вмешательства осуществляются в так называемые «операционные» дни (2–3 дня в неделю). Причём отдельные хирурги и члены хирургических бригад в дни операций могут участвовать в одной, двух и даже трёх операциях или не участвовать в них вовсе. В связи с этим время их работы в рентгенооперационной в течение рабочей смены может колебаться в широких пределах от 0 до 6–8 часов. В остальное время хирурги осуществляют ежедневный осмотр больных и контроль состояния их здоровья, делают назначения по их лечению, выполняют необходимые хирургические манипуляции в перевязочной хирургического отделения, работают с медицинской документацией.

Время выполнения отдельных операций значительно варьирует. Так, по нашим данным, остеосинтез тазобедренного сустава после перелома занимал от 2 ч 43 мин до 3 ч 37 мин, ангиопластика бедренных артерий – от 45 мин до 3 ч.

Доза облучения хирургов во время операции напрямую зависит от продолжительности работы рентгеновских установок, которая определяется видом оперативного вмешательства и его сложностью. Время работы рентгеновских аппаратов при выполнении оперативных вмешательств может существенно колебаться. Так, при выполнении операции остеосинтеза тазобедренного сустава общая продолжительность работы рентгеновского аппарата может составлять от 1–2 до 7–10 мин, в среднем – 4,09 ± 0,17 мин. При ангиопластике бедренных артерий минимальная длительность работы аппарата за операцию составляет 1 мин 41 с, максимальная – 7 мин 3 с, а средняя – 4,37 ± 0,75 мин.

Во время проведения рентгенохирургических манипуляций пучок излучателя может находиться как в вертикальном, так и в горизонтальном положении. Наибольшая средняя мощность амбиентного эквивалента дозы, приведённая к стандартной рабочей нагрузке, регистрируется на рабочем месте хирурга при горизонтальном направлении пучка рентгеновского излучения на уровне головы, а при вертикальном направлении пучка – на уровне ног (табл. 1).

¹ ГОСТ Р 12.1.031–2010 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Лазеры. Методы дозиметрического контроля лазерного излучения.

² СанПиН 2.2.4.3359–16 «Санитарно-эпидемиологические требования к физическим факторам на рабочих местах».

³ МУ 2.6.1.1982–05 «Проведение радиационного контроля в рентгеновских кабинетах».

⁴ СанПиН 2.6.1.2523–09 «Нормы радиационной безопасности (НРБ-99/2009)».

⁵ СП 2.6.1.2612–10 «Основные санитарные правила обеспечения радиационной безопасности (ОСПОРБ-99/2010)».

⁶ СанПиН 2.6.1.1192–03 «Гигиенические требования к устройству и эксплуатации рентгеновских кабинетов, аппаратов и проведению рентгенологических исследований».

Таблица 1

Средние значения измеренных, приведённых мощностей амбиентного эквивалента дозы и мощностей эффективных доз рентгеновского излучения на рабочих местах хирургов, ($M \pm m$)

Рабочее место	Место измерения на уровне	Доза рентгеновского излучения, мкЗв/ч					
		измеренная		приведённая		Е _{эфф}	
		направление пучка измерения					
		горизонтальное	вертикальное	горизонтальное	вертикальное	горизонтальное	вертикальное
Хирург	головы	238,3 ± 8,4	2,10 ± 0,36	6,7 ± 0,3	0,059 ± 0,003	0,58 ± 0,02	0,72 ± 0,01
	груды	5,5 ± 0,4	1,98 ± 0,09	0,16 ± 0,01	0,06 ± 0,01	0,58 ± 0,02	0,72 ± 0,01
	гонад	5,3 ± 0,4	76,8 ± 4,8	0,15 ± 0,01	2,15 ± 0,34	0,58 ± 0,02	0,72 ± 0,01
	ног	17,8 ± 1,6	247,10 ± 6,04	0,50 ± 0,02	6,9 ± 0,6	0,58 ± 0,02	0,72 ± 0,01

Расчёт средней мощности эффективной дозы облучения рентгенохирургов показал, что она не превышает предельно допустимого уровня. Однако мгновенная мощность амбиентного эквивалента дозы достигала значительных величин. Так, на уровне головы фиксировались дозы до 528 мкЗв/ч, а на уровне стоп до 745 мкЗв/ч при горизонтальном и вертикальном направлении пучка соответственно. Годовая эффективная доза облучения рентгенохирургов колебалась в широких пределах – от 3,02 до 10,8 мЗв/год, что зависело от количества выполненных операций за год, их вида и сложности. Однако она не превышала основного предела доз для персонала группы А.

Например, наибольшая мощность амбиентного эквивалента дозы на рабочем месте рентгенохирурга при проведении ангиопластики бедренных артерий наблюдалась при вертикальном положении трубки на уровне стоп – $7,4 \pm 0,6$ мкЗв/ч, наименьшая – на уровне груди – $2,05 \pm 0,24$ мкЗв/ч, а общая приведённая мощность эффективной дозы составляла 0,054 мкЗв/ч, что не превышает допустимого уровня для данной категории персонала. В то же время при проведении эмболизации сосудов общая приведённая мощность амбиентного эквивалента дозы на рабочем месте хирурга составляла 3,53–4,65 мкЗв/ч.

На дозу облучения, получаемую хирургами, влияют также их месторасположение относительно больного во время включения рентгеновского аппарата, расстояние от рентгеновской трубки до хирурга, возможность использования укрытия за защитной ширмой, полнота использования средств индивидуальной защиты.

Передвижные защитные средства (защитные экраны, ширмы) и индивидуальные средства защиты хирургов (защитные фартуки, воротнички, очки, шапочки) позволяют обеспечивать ослабление рентгеновского излучения до допустимых величин, соответствующих требованиям СанПиН 2.6.1.1192–03⁶. Однако их применение не всегда возможно в силу технологических особенностей проведения оперативных вмешательств. Также до настоящего времени не решены вопросы защиты кистей рук хирургов. Применяемые во время операций латексные перчатки не защищают руки от рентгеновского излучения, а применение классических рентгенозащитных перчаток во время операций невозможно из-за нарушения чувствительности пальцев рук, что очень важно при выполнении тонких манипуляций.

Расчёт среднего индивидуального радиационного риска сомато-стохастических эффектов для наблюдаемой когорты рентгенохирургов показал, что их риск составляет 0,00025, а коллективный риск – 0,00762 случаев в год.

Лазерные системы Fidelis, «АТКУС-15» и «Латус-15» используются в общей хирургии, челюстно-лицевой и пластической хирургии, гинекологии для рассечения тканей. Установка SmartepilLS – для устранения сосудистых

патологий, лазерного омоложения кожи и лазерной эпиляции, Smartlipo – для проведения лазерного липолиза, лечения гипергидроза и псевдогинекомастии, удаления липом.

Результаты замеров интенсивности лазерного излучения и расчётов ПДУ на рабочем месте врача-хирурга при использовании установок Fidelis, Smartlipo, Smartepil, «АТКУС-15» и «Латус-15» представлены в табл. 2.

Уровни диффузно отражённого лазерного излучения установок Fidelis, Smartlipo и Smartepil не превышают предельно допустимые уровни для глаз и кожи.

При работе установок «АТКУС-15» и «Латус-15» диффузно отражённое лазерное излучение превышает предельно допустимые уровни для глаз и не превышает ПДУ для кожи. Так, например, при использовании установки «АТКУС-15» независимо от метода применения – контактным или бесконтактным способом – уровни лазерного излучения могут превышать предельно допустимые до 600 раз. Работу на этих установках необходимо проводить с использованием индивидуальных средств защиты – очков.

Таблица 2

Результаты замеров интенсивности лазерного излучения и расчётов ПДУ на рабочем месте врача-хирурга при использовании лазерных установок

Название лазерной установки	Длина волны, мкм	Расстояние до органа-мишени, см	Уровень лазерного излучения, Дж/м ²	Предельно допустимый уровень лазерного излучения для глаз, Дж/м ²
Fidelis	2,94	10	10–20	$5 \cdot 10^2$
	2,94	30	2,2–4,2	$5 \cdot 10^2$
	2,94	60	0,31–0,53	$5 \cdot 10^2$
Smartlipo	1,064	10	$2,9 \cdot 10^{-2}$	1,3
	1,064	20	$2,8 \cdot 10^{-2}$	1,3
	1,064	30	$2,6 \cdot 10^{-2}$	1,3
Smartepil	1,064	5	0,04–0,67	8,2
	1,064	30	0,02–0,32	0,63
«АТКУС-15»	0,67	10	42,7–45,0*	$6,8 \cdot 10^{-2}$
	0,67	15	18,6–21,0*	$6,8 \cdot 10^{-2}$
	0,67	30	4,6–5,4*	$6,8 \cdot 10^{-2}$
	0,81	10	29,7–35,0*	0,17
	0,81	15	12,3–15,6*	0,17
«Латус-15»	0,81	30	2,6–3,9*	0,17
	0,81	10	2,1–16,2*	0,22
	0,81	30	1,1–2,4*	0,22

Примечание. * – величины энергетической освещённости, превышающие предельно допустимые уровни.

Обсуждение

Успехи хирургии, достигнутые в последние десятилетия, в первую очередь связаны с проникновением в эту сферу медицины высоких технологий, в частности, целого ряда инноваций из лазерной физики и волоконной оптики [28], радиационных методов визуализации [2, 3, 17]. В свою очередь, развитие эндоскопических и лапароскопических методов хирургического лечения стимулирует разработку и внедрение в практику новых лазерных систем и волоконного инструментария [29]. В лазерах более поздних поколений мощность импульса может достигать нескольких киловатт и ограничивается только образованием плазмы оптического пробоя на поверхности мишени, что не приводит к термическому повреждению окружающих тканей [28].

Успешное применение принципиально новых конструкций рентгеновских аппаратов, [2, 3, 17, 30] способствовало разработке новых методов оперативных вмешательств и расширению областей их применения в медицине. Сегодня они широко используются в сосудистой хирургии, кардиохирургии, онкологии, ортопедии, гинекологии, урологии, пульмонологии, гепатологии, стоматологии и пр. [2, 3, 17, 31]. Однако их использование приводит к радиационному риску облучения хирургов.

В ходе работы было установлено, что интенсивность диффузно отражённого лазерного излучения при работе с медицинскими установками может значительно превышать предельно допустимые уровни для персонала. Коэффициент степени опасности лазерного излучения может достигать 600. При этом известно, что у персонала, подвергающегося действию лазерного излучения не только превышающего ПДУ, но и в пределах ПДУ наблюдаются неспецифические изменения в состоянии здоровья со стороны сердечно-сосудистой, центральной нервной системы, периферической крови. При клиническом обследовании пациентов, подвергавшихся хроническому воздействию малых уровней излучения, установлена возможность неблагоприятного действия лазерного излучения на внутренние органы [32, 33].

Повреждение сетчатки обязательно сопровождается нарушением функции зрения, так как клетки сетчатки, как и клетки центральной нервной системы, после повреждения не восстанавливаются [34, 35].

Годовая доза облучения рентгенохирургов зависела от количества выполненных операций за год, их вида и сложности и колебалась в широких пределах – от 3,02 до 10,8 мЗв/год, но не превышала основного предела доз для персонала группы А. Однако мгновенная мощность амбиентного эквивалента дозы достигала значительных величин – до 528 мкЗв/ч на уровне головы и до 745 мкЗв/ч на уровне стоп при горизонтальном и вертикальном направлении пучка соответственно. Учитывая дальнейшую тенденцию развития рентгенохирургии в различных областях медицины и появления новых областей его применения, можно ожидать в ближайшие годы увеличения количества персонала, работающего с источниками ионизирующего излучения, годовой дозы облучения хирургов и радиационного риска их здоровью, что требует неукоснительного применения средств защиты персонала и ужесточения контроля их выполнения.

Учитывая объём оборудования и количество медицинского персонала, работающего с установками, гигиеническая оценка рентгеновского и лазерного излучения на рабочем месте врача, разработка мероприятий по снижению вредного воздействия факторов является важной частью мероприятий, направленных на сохранение здоровья работающего населения.

Заключение

1. Годовая эффективная доза рентгеновского излучения рентгенохирургов не превышала основного предела доз для этой категории персонала. Она колебалась от 3,02 до 10,8 мЗв/год и зависела от количества выполненных операций за год, их вида и сложности. Однако мгновенные мощности амбиентного эквивалента дозы были высокими, их уровень зависел от направления рентгеновского пучка и уровня измерения излучения. На уровне головы были зафиксированы дозы до 528 мкЗв/ч и на уровне стоп до 745 мкЗв/ч при горизонтальном и вертикальном направлении пучка соответственно. Средний индивидуальный радиационный риск для изученной когорты рентгенохирургов составил $2,4 \cdot 10^{-4}$, а коллективный $7,6 \cdot 10^{-3}$ случаев сомато-стохастических эффектов в год.

2. Уровни лазерного излучения на рабочем месте хирургов могут достигать величин, значительно превышающих предельно-допустимые. Для профилактики неблагоприятного действия необходим ежегодный контроль уровней излучения на рабочем месте.

3. Для оценки степени профессионального риска здоровью хирургов необходимо проведение углублённого исследования их состояния здоровья.

Литература

(пп. 7, 9–12, 34, 35 см. References)

1. Здравоохранение в России 2015: стат. сб. М.: Росстат. 2015: 174.
2. Костылев В.А., Наркевич Б.Я. *Медицинская физика*. М.: Медицина. 2008: 464.
3. *Лучевая диагностика и лучевая терапия на пороге третьего тысячелетия*. Под ред. М.М. Власовой. СПб.: НОРМА. 2003: 468.
4. Бокерия Л.А., Алекян Б.Г. Состояние рентгенэндоваскулярной диагностики и лечения заболеваний сердца и сосудов в Российской Федерации (2015г.). *Эндоваскулярная хирургия*. 2016; 3 (2): 5–21.
5. Петреев И.В., Рязанов В.В., Мавренков Э.М., Цветков С.В. Дозы облучения врачей-хирургов, выполняющих интервенционные методы диагностики и лечения в лечебно-профилактических учреждениях Министерства обороны Российской Федерации. *Вестник Российской Военно-медицинской академии*. 2010; 2 (30): 167–9.
6. Цветков С.В., Урkenov Е.Ж., Рязанов В.В. Особенности обеспечения радиационной безопасности в лечебно-профилактических учреждениях. В кн.: *Актуальные проблемы общей и военной гигиены: материалы Всероссийской научно-практической конференции*. СПб: ВМедА; 2011: 154 – 155.
7. Петреев И.В., Цветков С.В., Мавренков Э.М. Исследование доз облучения у врачей-хирургов, выполняющих диагностические и лечебные процедуры интервенционными методами. В кн.: *Актуальные вопросы радиационной гигиены*. СПб: 2010: 115.)
8. Балтрукова Т.Б., Иванова О.И., Кольцов Д.С. Гигиеническая оценка нервно-эмоционального напряжения рентгенологов. *Гигиена и санитария*. 2017; 96 (4): 383 – 386.
9. Балтрукова Т.Б., Кольцов Д.С. Гигиеническая оценка облучения персонала отделения сосудистой хирургии при проведении ангиопластики бедренных артерий. *Материалы Всероссийской научно-практической конференции с международным участием "Профилактическая медицина-2016"*. СПб: СЗГМУ им. И. И. Мечникова. 2016; 1: 280–2.
10. Цветков С.В., Петреев И.В. Оптимизация обеспечения радиационной безопасности в крупных лечебно-профилактических учреждениях. *Военно-медицинский журнал*. 2011; (9): 42–8.
11. Барковский А.Н., Барышков Н.К., Братилова А.А., Брук Г.Я., Воробьев Б.Ф., Кормановская Т.А., Репин Л.В., Романович И.К., Титова Т.Н., Степанов В.С., Цовьянов А.Г., Сивенков А.Г. *Дозы облучения населения Российской Федерации в 2016 году. Информационный сборник*. СПб: 2017: 78.
12. Романович И.К. Медицинское облучение населения: проблемы, задачи и пути их решения. В кн.: *Актуальные вопросы обеспечения радиационной безопасности в медицине*. СПб. 2007: 3–7.
13. Гейниц А.В., Цыганова Г.И., Базайтова Л.В., Картусова Л.Н. Современные научные направления и тенденции развития лазерной медицины. *Материалы международного конгресса. "Лазеры и здоровье – 99"*. М; 1999: 3–6.
14. Малышев А.Ф., Малышев А.И. Вопросы диагностики и лечения злокачественных опухолей. *Тез. докладов 2-й Дальневосточной онкологической конференции*. Владивосток. 2000: 194–7.
15. Голов В.С., Доманов М.С., Лысогоров О.С., Печенин Ю.В. Лазерная

- хирургическая установка на CO₂-лазере с расширенными возможностями. *Биомед. радиоэлектрон.* 2000; (12): 31-4.
21. Чунихин А.А., Базикян Э.А., Сырникова Н.В., Чобанян А.Г. Лабораторная оценка физических и фотохимических свойств нового наносекундного полупроводникового медицинского лазерного генератора. *Бюллетень медицинских интернет-конференций.* 2015; 5(11): 1368-70.
 22. Абдрашитов Х.З., Нартайлаков М.А., Соколов В.П., Даутов С.Б. Минилапаратомная лазерная резекция желудка по Билрот-I с компрессионным латеролатеральным гастродуоденоанастомозом. *Материалы Международного конгресса. "Лазеры и здоровье-99".* М.; 1999: 7-8.
 23. Бабаянов Б.Р., Татжибаев О.Б. CO₂-лазер в хирургии гнойных ран. *Труды 8 Международного конгресса Европейской медицинской лазерной ассоциации (EMLA) и I конгресса Российской медицинской лазерной ассоциации (РМЛА).* Казань; 2001: 52-3.
 24. Добро Л. Ф., Богатов Н. М., Супрунов В. В. *Лазеры в медицине.* Краснодар: Кубанский гос. ун-т. 2011: 80.
 25. Ушкова И.Н., Малькова Н.Ю. Состояние функции зрения лиц, подвергшихся воздействию излучения лазеров различных длин волн. *Медицина труда и промышленная экология.* 1998; 11: 30-2.
 26. Балтрукова Т.Б., Дьяконова-Дьяченкова Т.Б. Оценка радиотревожности выпускников медицинских высших учебных заведений. *Радиационная гигиена.* 2012; 5 (1): 25-8.
 27. Дьяконова-Дьяченкова Т.Б., Сысоев В.Н., Апчел В.Я., Корнилова А.А., Даринский Ю.А. Радиотревожность как одна из предпосылок развития дезадаптации рентгенологов-интернов в процессе обучения. *Вестник Российской Военно-медицинской академии.* 2013; 1 (41): 180-3.
 28. Шербаков И.А. Лазеры в современной клинической практике. *Вестник Российской Академии Наук.* 2017; 87(3): 204-12.
 29. Кочиев Д.Г., Нарышкин С.А., Теодорович О.В., Шербаков И.А. Методы и технологии фотоники в эндохирургии. *Оптика и спектроскопия.* 2015; 3: 424-9.
 30. Вишнякова Н.М., Кальницкий С.А. Анализ аппаратного обеспечения рентгеновской диагностики в Российской Федерации. *Радиационная гигиена.* 2010; 3 (2): 33-8.
 31. Голиков В.Ю., Сарычева С.С., Баллонов М.И., Кальницкий С.А. Оценка доз облучения пациентов при проведении интервенционных рентгенологических исследований. *Радиационная гигиена.* 2009; 2 (3): 26-31.
 32. Измеров Н. Ф. Здоровье трудоспособного населения России. *Медицина труда и промышленная экология.* 2003; 5: 29- 33.
 33. Измеров Н.Ф. *Физические факторы производственной и природной среды. Гигиеническая оценка и контроль.* Н.Ф. Измеров, Г.А. Суворов. М.: Медицина. 2003: 560.
 12. Singer G. Occupational Radiation Exposure to the Surgeon. *Journal of the American Academy of Orthopaedic Surgeons.* 2005; 13 (1): 69-76.
 13. Baltrukova T.B., Ivanova O.I., Kol'tsov D.S. Hygienic assessment of the neuro-emotional stress of radiologists. *Gigiena i sanitariya [Hygiene and Sanitation, Russian journal].* 2017; 96 (4): 383-6. (in Russian).
 14. Baltrukova T.B., Kol'tsov D.S. Hygienic assessment of irradiation of vascular surgery department personnel during angioplasty of the femoral arteries. *Preventive medicine-2016 (Profilakticheskaya meditsina-2016: materialy Vserossiyskoy nauchno-prakticheskoy konferentsii s mezhdunarodnym uchastiem).* Saint-Petersburg: SZGMU im. I. I. Mechnikova; 2016; 1: 280-2. (in Russian).
 15. Tsvetkov S.V., Petreev I.V. Optimization of radiation safety in large medical and preventive treatment facilities. *Voенно-meditsinskiy zhurnal.* 2011; 9: 42-8. (in Russian).
 16. Barkovskiy A.N., Baryshkov N.K., Bratilova A.A., Bruk G.Ya., Vorob'ev B.F., Kormanovskaya T.A., Repin L.V., Romanovich I.K., Titova T.N., Stepanov V.S., Tsov'yanov A.G., Sivenkov A.G. *Doses of exposure of the population of the Russian Federation in 2016. Information digest.* Saint-Petersburg; 2017: 78. (in Russian).
 17. Romanovich I.K. Medical radiation exposure of the population: problems, tasks and their solutions. *Topical issues of radiation safety in medicine (Aktual'nye voprosy obespecheniya radiatsionnoy bezopasnosti v meditsine: tez. dokl. nauch.-prakt. konf. Saint-Petersburg; 2007: 3-7. (in Russian).*
 18. Geynits A.V., Tsyganova G.I., Bazaitova L.V., Kartusova L.N. Current research areas and trends in the development of laser medicine. *Lasers and Health - 99 (Lazery i zdorov'e - 99: materialy mezhdunar. Kongressa).* Moscow; 1999: 3-6. (in Russian).
 19. Malyshev A.F., Malyshev A.I. Issues of diagnosis and treatment of malignant tumors. 2nd Far Eastern Oncological Conference. *Tez. dokl. 2-y Dal'nevostochnoy onkologicheskaya konferentsii.* Vladivostok; 2000: 194-7. (in Russian).
 20. Golov V.S., Domanov M.S., Lysogorov O.S., Pechenin Yu.V. Laser surgical installation on a CO₂ laser with enhanced capabilities. *Biomed. radioelektron.* 2000; 12: 31-4. (in Russian).
 21. Chunikhin A.A., Bazikyan E.A., Syrnikova N.V., Chobanyan A.G. Laboratory evaluation of the physical and photochemical properties of a new nanosecond semiconductor medical laser generator. *Byulleten' meditsinskikh internet-konferentsiy.* 2015; 5 (11): 1368-70. (in Russian).
 22. Abdrashitov Kh.Z., Nartayakov M.A., Sokolov V.P., Dautov S.B. Minilaparatomic laser resection of the stomach according to Billroth-I with a compression laterolateral gastroduodenoanastomosis. *Lasers and Health - 99 (Lazery i zdorov'e - 99: materialy mezhdunar. Kongressa).* Moscow; 1999: 7-8. (in Russian).
 23. Babayanov B.R., Tatzhibaev B.R. CO₂ laser in purulent wound surgery. *Proceedings of the 8th International Congress of the European Medical Laser Association (EMLA) and the 1st Congress of the Russian Medical Laser Association (RMLA) (Proceedings of the 8th International Congress of the European Medical Laser Association (EMLA) and the 1st Congress of the Russian Medical Laser Association (RMLA)).* Kazan'; 2001: 52-3. (in Russian).
 24. Dobro L.F., Bogatov N.M., Suprunov V.V. *Lasers in medicine.* Krasnodar: Kuban State University; 2011:80 (in Russian).
 25. Ushkova I.N., Mal'kova N.Yu. The state of vision function of persons exposed to radiation of lasers of different wavelengths. *Meditsina truda i promyshlennaya ekologiya.* 1998; 11: 30-2. (in Russian).
 26. Baltrukova T.B., D'yakonova-D'yachenkova T.B. Evaluation of radio-anxiety of graduates of medical universities. *Radiatsionnaya gigiena.* 2012; 5 (1): 25-8. (in Russian).
 27. D'yakonova-D'yachenkova T.B., Sysoev V.N., Apchel V.Ya., Kornilova A.A., Darinskiy Yu.A. Radio-anxiety as one of the prerequisites for the development of disadaptation of radiologists-interns in the education process. *Vestnik Rossiyskoy Voенно-meditsinskoy akademii.* 2013; 1 (41): 180-3. (in Russian).
 28. Shcherbakov I.A. Lasers in modern clinical practice. *Vestnik Rossiyskoy Akademii Nauk.* 2017; 87 (3): 204-12 (in Russian).
 29. Kochiev D.G., Naryshkin S.A., Teodorovich O.V., Shcherbakov I.A. Methods and technologies of photonics in endosurgery. *Optika i spektroskopiya.* 2015; 3: 424-9 (in Russian).
 30. Vishnyakova N.M., Kal'nitskiy S.A. Analysis of X-ray diagnostic equipment in Russian Federation. *Radiatsionnaya gigiena.* 2010; 3 (2): 33-8. (in Russian).
 31. Golikov V.Yu., Sarycheva S.S., Ballonov M.I., Kal'nitskiy S.A. Assessment of doses of radiation exposure doses to patients during interventional radiological studies. *Radiatsionnaya gigiena.* 2009; 2 (3): 26-31. (in Russian).
 32. Izmerov N. F. Health of the employable population of Russia. *Meditsina truda i promyshlennaya ekologiya.* 2003; 5:29- 33 (in Russian).
 33. Izmerov N.F. Suvorov G.A. Physical factors of working and natural environment. Moscow: Meditsina. 2003: 560. (in Russian).
 34. Ham William T. Jr. Pulsed CO₂-laser corneal injury thresholds I T. Jr. Ham William, H.A. Mueller II Health Phys. 1986; 50 (4): 551-2.
 35. Rockwell R.J. Analysing laser hazards. An introduction to exposure hazards and the evaluation of nominal hazards sones I R. *J. Rockwell II Laser and Applie.* 1986; 5 (5): 97-103.

References

1. Health care in Russia 2015: stat.compilation. Moscow: Rosstat; 2015: 174 (in Russian).
2. Kostylev V.A., Narkevich B.Ya. *Medical physics.* Moscow: Meditsina; 2008: 464 (in Russian).
3. *Radiology and radiation therapy at the threshold of the third millennium.* Ed. by M.M. Vlasova; Saint-Petersburg: NORMA; 2003: 468. (in Russian).
4. Bokeriya L.A., Alekyan B.G. The state of X-ray endovascular diagnosis and treatment of diseases of the heart and blood vessels in Russian Federation (2015 г.). *Endovaskulyarnaya khirurgiya.* 2016; 3(2): 5-21. (in Russian).
5. Petreev I.V., Ryazanov V.V., Mavrenkov E.M., Tsvetkov S.V. Irradiation doses of surgeons performing interventional diagnostic and treatment methods at medical institutions of the Ministry of Defense of Russian Federation. *Vestnik Rossiyskoy Voенно-meditsinskoy akademii.* 2010; 2 (30): 167-9 (in Russian).
6. Tsvetkov S.V., Urkenov E.Zh., Ryazanov V.V. Features of radiation safety in health care facilities. *Actual problems of general and military hygiene (Aktual'nye problemy obshchey i voennoy gigieny: materialy Vserossiyskoy nauchno-prakticheskoy konferentsii).* Saint-Petersburg: VMedA; 2011: 154-5. (in Russian).
7. Giordano B.D., Baumhauer J.F., Morgan T.L., Rechtle II G.R. Patient and Surgeon Radiation Exposure: Comparison of Standard and Mini-C-Arm Fluoroscopy. *J Bone Joint Surg Am.* 2009; 91: 297-304.
8. Petreev I.V., Tsvetkov S.V., Mavrenkov E.M. Study of radiation doses in surgeons performing diagnostic and therapeutic procedures using interventional methods. *Topical issues of radiation hygiene (Aktual'nye voprosy radiatsionnoy gigieny).* Saint-Petersburg; 2010: 115. (in Russian).
9. Kesavachandran Ch. N., Haamann F., Nienhaus A. Radiation exposure of eyes, thyroid gland and hands in orthopaedic staff: a systematic review. *European Journal of Medical Research;* 2012: 1-10.
10. Miller D.L., Vano E., Bartal G., Balter S., Dixon R., Padovani R., Schueler B., Cardella J.F., Baere T. Occupational radiation protection in interventional radiology: a joint guideline of the Cardiovascular and Interventional Radiology Society of Europe and the Society of Interventional Radiology. *Cardiovasc Intervent Radiol.* 2010; 33: 230-9.
11. Moore C., Heeck P. Reducing Radiation Risk in Orthopaedic Trauma Surgery. *Bone & Joint Science.* 2011; 02 (07): 1-8.