

Уральский медицинский журнал. 2021. Т. 20, № 5. С. 90-97.
Ural medical journal. 2021; Vol. 20, no 5. P. 90-97

Обзор литературы
УДК: 616.441:613.648.4
DOI: 10.52420/2071-5943-2021-20-5-90-97

РАЗВИТИЕ ТИРЕОИДНОЙ ПАТОЛОГИИ У МЕДИЦИНСКИХ РАБОТНИКОВ ПРИ ХРОНИЧЕСКОМ ВОЗДЕЙСТВИИ ИОНИЗИРУЮЩЕГО ИЗЛУЧЕНИЯ В МАЛЫХ ДОЗАХ

Лариса Дмитриевна Гордиенко ¹, Татьяна Петровна Киселева ²,
Иван Иванович Гордиенко ³, Наталья Александровна Цап ⁴

¹⁻⁴ ФГБОУ ВО «Уральский государственный медицинский университет» Минздрава России, Екатеринбург, Россия

¹ larissa_gordienko@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-9807-6745>

² kistapet@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-3960-5096>

³ ivan-gordienko@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0003-3157-4579>

⁴ tsapna-ekat@rambler.ru, <https://orcid.org/0000-0001-9050-3629>

Аннотация

Введение. Рассмотрены вопросы воздействия ионизирующего излучения и радиации на организм медицинского персонала. **Материалы и методы.** Проанализировано 50 современных источников. Показана актуальность исследования постоянного, длительного по времени влияния низких доз радиации ввиду возрастания применения источников ионизирующего излучения в различных областях научной и практической деятельности человека, в том числе в медицине. **Результаты и обсуждение.** Благодаря анализу многочисленных литературных данных выявлено, что оперирующие врачи, сталкивающиеся в своей работе с источниками ионизирующей радиации, часто не имеют достаточного уровня защиты ткани щитовидной железы от излучения. Выявлено, что подавляющее большинство исследований, освещающих тиреоидную патологию у медицинского персонала, работающего с рентгеновскими лучами, направлено на выявление рисков именно рака щитовидной железы и не учитывает патологию неопухолевого генеза. Проанализированы данные научных публикаций, позволяющих сделать вывод об эффектах хронического воздействия ионизирующего излучения, а именно рентген-лучей, в малых дозах на ткани щитовидной железы с морфологической и функциональной точки зрения. **Заключение.** Установлено на основании анализа данных экспериментальных исследований, что под влиянием низкодозированного рентгеновского излучения происходит разобщение межклеточных контактов тиреоцитов, что может приводить к снижению синтеза тиреоидных гормонов и, как следствие, к развитию гипотиреоза.

Ключевые слова: ионизирующее излучение, щитовидная железа, медицинские работники.

Для цитирования: Развитие тиреоидной патологии у медицинских работников при хроническом воздействии ионизирующего излучения в малых дозах / Л. Д. Гордиенко, Т. П. Киселева, И. И. Гордиенко, Н. А. Цап // Уральский медицинский журнал. – 2021. – Т. 20, № 5. – С. 90-97. – <http://doi.org/10.52420/2071-5943-2021-20-5-90-97>.

@ Гордиенко Л.Д., Киселева Т. П., Гордиенко И.И., Цап Н.А., 2021

DEVELOPMENT OF THYROID PATHOLOGY IN MEDICAL WORKERS WITH CHRONIC EXPOSURE TO LOW DOSES IONIZING RADIATIONLarisa D. Gordienko ¹, Tat'jana P. Kiseleva ², Ivan I. Gordienko ³, Natal'ja A. Tsap ⁴¹⁻⁴ Ural State Medical University, Ekaterinburg, Russia¹ larissa_gordienko@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-9807-6745>² kistapet@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-3960-5096>³ ivan-gordienko@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0003-3157-4579>⁴ tsapna-ekat@rambler.ru, <https://orcid.org/0000-0001-9050-3629>**Abstract**

Introduction. The literature review deals with the effects of ionizing radiation and radiation on the body of medical personnel. **Materials and methods.** 50 actual sources were analyzed. The relevance of the study of the constant, long-term influence of low doses of radiation is shown, in view of the increasing use of sources of ionizing radiation in various fields of scientific and practical human activity, including medicine. **Results.** Thanks to the analysis of numerous literature data, it was revealed that operating doctors, who are faced in their work with sources of ionizing radiation, often do not have a sufficient level of protection of the thyroid tissue from radiation. It was revealed that the overwhelming majority of studies highlighting thyroid pathology in medical personnel working with X-rays are aimed at identifying the risks of thyroid cancer and does not take into account the pathology of non-tumor genesis. Analyzed the data of scientific publications, allowing to draw a conclusion about the effects of chronic exposure to ionizing radiation, namely X-rays, in low doses on the thyroid tissue from a morphological and functional point of view. **Discussion.** It was established on the basis of the analysis of experimental data that under the influence of low-dose X-ray radiation, the intercellular contacts of thyrocytes are disconnected, which can lead to a decrease in the synthesis of thyroid hormones and, as a consequence, to the development of hypothyroidism. **Conclusion.** Based on the analysis of the experimental data, it has been established that under the influence of low-dose X-rays there is a disconnection of intercellular contacts of thyrocytes, which may lead to a decrease in the synthesis of thyroid hormones and, consequently, to the development of hypothyroidism.

Keywords: ionizing radiation, thyroid gland, medical professionals.**For citation:**Development of thyroid pathology in medical workers with chronic exposure to low doses of ionizing radiation / L. D. Gordienko, T. P. Kiseleva, I. I. Gordienko, N. A. Tsap // Ural medical journal. – 2021. – Vol. 20 (5). – P. 90-97. – <http://doi.org/10.52420/2071-5943-2021-20-5-90-97>.**ВВЕДЕНИЕ**

В настоящее время в здравоохранении большая роль отводится профилактике и раннему выявлению заболеваний, в том числе и профессионально обусловленных. Активно продвигается диспансеризация населения и скрининги, что позволяет улучшать качество оказываемой медицинской помощи и, как следствие, увеличивать среднюю продолжительность жизни. В связи с этим все большую актуальность в последние годы обретают исследования, направленные на изучение эпидемиологии профессиональной заболеваемости.

Медицинские работники являются одной из наиболее крупных профессиональных групп, подверженной воздействию сразу нескольких факторов риска. В России, по статистическим данным, численность врачей в 2017 г. составила 698 тысяч человек, среднего медицинского персонала — 1525 тысяч [1]. Как сообщает Ермолина Т.А. и соавторы [2], сотрудники здравоохранения, в том числе средний медперсонал, занимают 5 место по распространенности профзаболеваний. Показано, что уровень смертности у медицинских работников младше 50 лет в среднем на 32% выше, чем у лиц того же возраста, не относящихся к данной сфере деятельности. Стоит отметить, что у оперирующих врачей эта цифра достигает 40%. Несмо-

тря на то, что фактическая выявляемость профзаболеваний не превышает 10% от их общего числа, фактическая распространенность профессиональной патологии у врачей и медицинских сестер намного выше, чем это представлено в официальной статистике [3]. Возможными причинами могут являться особенности профессиональной деятельности, ведь многие врачи получают медицинскую помощь по месту работы у своих коллег или вовсе назначают себе лечение самостоятельно, как результат — получаемые статистические данные об уровне заболеваемости медиков оказываются заведомо ниже.

Как и в других сферах деятельности, специалисты в области здравоохранения при исполнении профессиональных обязанностей подвергаются воздействию неблагоприятных факторов производственной среды. Обычно такие факторы подразделяются в зависимости от природы их происхождения на следующие категории: химические (к ним относят высокоактивные лекарственные препараты, средства для наркоза, цитостатики и т. д.), биологические (патогенные микроорганизмы, в том числе вирус иммунодефицита человека, вирусы гепатита В и С, устойчивые к антибактериальным препаратам бактерии), физические (лазерное, ионизирующее и неионизирующее излучения, шум, вибрация и т. д.) и нервно-эмоци-

ональные (эмоциональное и интеллектуальное напряжение, сменная работа, приводящая к нарушению биологических ритмов и т. д.) [4, 5].

В связи с увеличением количества лучевых диагностических и лечебных мероприятий возрастает актуальность изучения роли воздействия физических вредных производственных факторов в развитии профессиональной патологии у медицинского персонала. Особый интерес представляют различные виды ионизирующей радиации, источником которой для врачей и медсестер чаще всего являются аппараты для рентген-диагностики.

Принято полагать, что медицинский персонал, не относящийся к непосредственной работе с рентгеновскими аппаратами, менее подвержен воздействию рентгеновского излучения во время проведения диагностических и лечебных процедур ввиду применения ограничительных профилактических мероприятий. Но данные многочисленных исследований показывают, что воздействию рентгеновских лучей подвержены не только сотрудники рентген-кабинетов, но и оперирующие врачи, использующие в своей практике многоканальные телевизионные установки для рентгенохирургических вмешательств. При этом наибольшему облучению подвержены травматологи-ортопеды, работа которых невозможна без рентгенологического контроля [6, 7, 8].

Опасность воздействия ионизирующего излучения (ИИ) на организм человека была неоднократно доказана влиянием техногенных катастроф, профессиональными изменениями здоровья у сотрудников атомных электростанций [9, 10, 11]. В исследовании, проведенном Yurt A. (2014), было показано, что различные виды ионизирующего излучения, в том числе рентгеновского, могут привести к местным лучевым повреждениям или лучевой болезни, к гипоталамическому, астеническому или астеновегетативному синдромам [12].

Эндокринная система при облучении работает как одно из адаптационных, координирующих звеньев, выступающих в функциональном трио с нервной и иммунной системами. По общепринятому положению все эндокринные железы подвержены повреждению при радиационном воздействии, но в разной степени. Наиболее чувствительны к облучению гипофиз, щитовидная железа и половые железы [13, 14, 15].

Особенности ответа тканей ЩЖ на облучение ионизирующей радиацией с разными дозами и экспозицией неоднократно доказывались данными многочисленных исследований, в которых осуществлялась оценка состояния функции ЩЖ у ликвидаторов Чернобыльской атомной электростанции (ЧАЭС), жителей региона Семипалатинского ядерного испытательного полигона (СИЯП) и других территорий, где имела место та или иная техногенная радиационная катастрофа [9, 10]. Так, было показано, что риски возникновения РЩЖ выше у населения, проживающего на загрязненных после аварии на ЧАЭС территориях РФ (Брянская, Калужская, Тульская, Орловская области), при этом большему риску подвержена та группа населения, у которой облучение пришлось на возрастной период от 0 до 14 лет [11].

Однако стоит отметить, что в практической деятельности современного врача имеет место краткосрочное воздействие малых доз ионизирующего излучения, но в постоянном режиме. Поэтому научный интерес вызывает изучение патогенеза

развития тиреоидной патологии у медицинских работников, индуцированный именно хроническим воздействием радиации в малых дозах.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Проведение поиска релевантных и актуальных научных публикаций осуществлялось с использованием наиболее распространенных баз данных доказательной медицины, таких как Cochrane Library, PubMed, ResearchGate, а также в электронных научных библиотеках (CyberLinka, e-library) и в специализированной поисковой системе Google Scholar. Для оптимизации поиска были обозначены следующие критерии: исследования, опубликованные на английском, русском, немецком, украинском языках. Преимущество отдавалось новым исследованиям, выполненным после 2015 года, при этом принимались во внимание данные крупных научных трудов, подходящих для обзора и опубликованных ранее.

При проведении поиска подходящих публикаций отдавалось предпочтение исследованиям высокого методологического качества: мета-анализам, систематическим обзорам и когортным исследованиям, также принимались во внимание публикации результатов научных исследований с дизайном «случай-контроль» и поперечные одномоментные наблюдения [16, 17].

Ключевыми словами для поиска служили ионизирующее излучение и функция щитовидной железы, влияние рентгеновского излучения на организм, рентгеновское излучение и функция щитовидной железы, ионизирующее излучение в медицине, радиационно-индуцируемые заболевания у медицинских работников, x-ray and thyroïd, thyroïd gland, x-ray, medical staff, radiation and health of medical personnel.

Всего было найдено 106 литературных источников, соответствующих выбранным ключевым словам, из которых для последующего анализа были отобраны 51: отсеивались исследования, в которых оценивались риски тиреоидной патологии у пациентов, а не у медицинского персонала, изучалась вероятность возникновения патологии других органов и систем у медицинских работников под воздействием рентгеновского излучения, а также исследования низкого методологического качества.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Ионизирующее излучение в работе медицинского персонала

Рентгеновское излучение, как сообщает Комлева Ю. В. и соавторы [18], считается одной из самых распространенных причин развития лейкоза, рака кожи и лучевой катаракты у медицинского персонала. Несмотря на то, что в последнее время активно проводится изучение роли медицинского облучения как на пациентов, так и на врачей, имеющиеся литературные данные о последствиях воздействия ионизирующей радиации в медицинской практике остаются достаточно противоречивыми и немногочисленными.

На сегодняшний день для населения, работающего с источниками ионизирующего излучения, используются следующие меры защиты от радиации: защита расстоянием, временем, экранированием (экраны и средства индивидуальной защиты (СИЗ), содержащие тяжелые металлы) и химическая. В здравоохранении наиболее часто используется защита расстоянием и экранирова-

нием. Примером может служить исключение нахождения врача в момент исследования в одном помещении с источником ионизирующего излучения или использование просвинцованных фартуков и воротников при наличии необходимости быть в момент исследования непосредственно рядом с пациентом (в операционной) [19].

Согласно правилам СанПиН 2.6.1.2523-09 «Нормы радиационной безопасности» НРБ-99/2009 от 07 июля 2009 года, нормы облучения для хирургов такие же, как и для населения в целом, и составляют 1 мЗв в год в среднем за любые последовательные 5 лет, но не более 5 мЗв в год [20].

В исследовании, проведенном в 2015 году Saeman M.R. и соавторами [21], было установлено, что среднее время использования рентген-установки за одну операцию составляет 12,8 секунды, при этом среднегодовое время хирурга, проведенное под воздействием рентгеновских лучей, составляет 15,4 минуты, таким образом, расчетная годовая доза облучения составила 1,5 мГр/год на каждого врача с учетом постоянного и правильного использования средств индивидуальной защиты.

Воздействие ионизирующего излучения на ткани щитовидной железы

В настоящее время детально доказана повышенная чувствительность тканей щитовидной железы к воздействию ионизирующей радиации [22, 23]. Это подтверждает факт выявления значительного роста как злокачественной, так и доброкачественной патологии ЩЖ у населения, которое подверглось радиационному воздействию в результате аварии на ЧАЭС, а также у жителей территории, прилегающей к СЯЯП, в сравнении с интактным взрослым населением [24, 25, 26].

Согласно результатам исследования, проведенного в 2014 году Еспенбетовой М. Ж. и соавторами [26, 27], было выявлено, что очаговые новообразования в ткани щитовидной железы различного характера у ликвидаторов аварии на ЧАЭС выявлены в среднем у 40,7% исследуемых, в то время как у жителей региона СЯЯП данная патология встречалась у 50,5% обследованных. Необходимо отметить, что у ликвидаторов аварии на ЧАЭС, по данным ультразвукового исследования, преобладали образования размерами менее 20 мм, а у жителей СЯЯП наблюдалась противоположная картина — образования чаще превышали 20 мм в диаметре. Таким образом, представленные результаты исследования говорят о чувствительности тиреоидной ткани в равной степени не только к высокодозированному облучению, но и к радиации в сравнительно небольших дозах, что, несомненно, увеличивает риски возникновения патологии ЩЖ, в частности, узловых одиночных и множественных образований как доброкачественного, так и злокачественного характера [28].

Опыт прошлого века, где имели место крупные радиационные катастрофы (бомбардировка Хиросимы и Нагасаки, авария на ЧАЭС, производственном объединении «Маяк»), позволил прийти к однозначному выводу, что облучение ионизирующей радиацией тиреоцитов в больших дозах увеличивает риски развития рака щитовидной железы. Это подтверждается многочисленными исследованиями, в которых оценивались отдаленные риски возникновения рака щитовидной железы у населения, подвергнувшегося облучению. Неоднократно установлено, что риски значительно возрастают, что подтверждает высокую чувствительность тиреоидной ткани к радиации [29, 30, 31, 32, 33].

Необходимо отметить, что рак щитовидной железы представляет весьма актуальную проблему: на его долю приходится 1-3% от всех злокачественных опухолей, причем подавляющее число пациентов с РЩЖ — это лица молодого возраста [34].

Исследования прошлого века рассматривают воздействие ионизирующей радиации как один из ведущих патогенетических факторов развития РЩЖ, но необходимо учитывать, что изучению подвергалось воздействие радиации в достаточно высоких дозах [29, 30, 31]. В то время как в профессиональной деятельности современного медицинского работника редко можно встретить высокодозированное облучение, чаще всего на практике врач сталкивается с ионизирующим излучением в низких дозах, но несущим постоянный характер. В связи с чем все чаще в последние годы можно встретить данные исследований, направленные на изучение роли низкодозированного облучения тканями щитовидной железы у медицинских работников.

В ряде исследований, проведенных в Южной Корее в 2018-2019 гг. Lee et al. [35, 36], было выявлено, что распространенность рака щитовидной железы в популяции медиков, работающих с рентген-оборудованием, на порядок выше, чем в общем населении, однако статистическая значимость данных различий доказана не была. Стоит отметить, что в данных исследованиях считалось, что 80% медиков и более полностью соблюдают всевозможные приемы техники безопасности при контакте с источниками радиации, а именно используют защитные воротники и фартуки.

Необходимо обратить внимание, что не только в этих исследованиях не нашлось прямой взаимосвязи между возникновением рака щитовидной железы и воздействием рентгеновских лучей на медицинский персонал.

Так, в 2018 году Little M.P. и соавторы опубликовали исследование, в котором оценивали вероятность возникновения РЩЖ у сотрудников рентген-кабинетов. Показано, что из 76415 рентген-технологов лишь у 415 человек в течение жизни было зарегистрировано злокачественное новообразование тканей щитовидной железы, что свидетельствует об отсутствии связи медицинской радиации и возникновения РЩЖ у врачей-рентгенологов [37]. Отсутствие выявленной взаимосвязи может объяснить тот факт, что сотрудники рентген-кабинетов обычно не находятся в момент исследования непосредственно в помещении, где находится оборудование и источник ионизирующего излучения. Данная категория медицинских работников, как правило, имеет полную защиту от воздействия рентгеновских лучей.

Доказано, что ношение просвинцованных средств индивидуальной защиты значительно снижает процент поглощенной тканями радиации. Так, Schueler V.A. и соавторами (2012) сообщалось, что использование средств защиты со свинцовым слоем толщиной 5 мм уменьшает радиационное облучение на 97-99% [38].

В 2011 году было проведено исследование, в котором с помощью дозиметрического датчика определялся уровень облучения рентгеновскими лучами на поверхности защитного фартука и под ним. Установлено, что подавляющее большинство лучей средство защиты успешно отражает [39]. Lee S.Y. и соавторы [40] в ходе своего исследования, выполненного в 2013 году, показали, что для

защиты тканей щитовидной железы воротник должен плотно прилегать к шее, иначе средняя эффективность снижается. Таким образом, даже полное соблюдение всех правил техники безопасности не дает 100% защиты от воздействия ионизирующей радиации в условиях операционной, тем не менее эти меры являются необходимыми и обязательными, чтобы минимизировать риски отдаленных негативных воздействий.

С учетом основных норм безопасности международного агентства по атомной энергии (МАГАТЭ) работодатели, в том числе в медицинских организациях, обязаны предоставить своим работникам всю необходимую информацию о возможных рисках для здоровья, связанных с эксплуатацией источников ионизирующего излучения даже при соблюдении правил техники безопасности на рабочем месте, а также обязаны информировать лиц, работающих в условиях постоянного облучения, о потенциальных рисках для здоровья и обеспечивать сотрудников всеми средствами индивидуальной защиты [41, 42].

Однако реалии далеки от рекомендованных норм: даже с учетом наличия в каждой операционной полного комплекта средств индивидуальной защиты от ионизирующего излучения (фартук, воротник, шапочка, очки), как показывает практика, сами врачи часто пренебрегают соблюдением всех требований техники безопасности.

Согласно опыту специалистов из США (Wayne State University, 2015 год) [43], защитный воротник для экранирования радиации от щитовидной железы чаще всего в операционной отсутствует. Это обусловлено тем, что данное средство индивидуальной защиты помимо надлежащего хранения должно подвергаться обработке согласно всем требованиям асептики и антисептики после каждого оперативного вмешательства, что на практике не выполняется. По этой причине даже при наличии защитного воротника в комплекте хирурги отказываются от его ношения, оставляя ткани щитовидной железы беззащитными перед рентгеновскими лучами.

В исследовании Горецкого О.С. и соавторов (2019), что 13,3% рентгенохирургов не используют защитный воротник для щитовидной железы при проведении оперативного вмешательства. Установлено, что более четверти медицинского персонала, вошедшего в исследование, недооценивает негативное влияние ионизирующей радиации [44].

Несколько исследований, проведенных в 2012-2020 годах, позволили установить, что уровень знаний в отношении собственной радиационной безопасности среди оперирующих врачей достаточно низкий: хирурги не понимают всего масштаба, наносимого радиацией вреда для организма, не учитывают отсроченные эффекты и, как следствие, могут пренебрегать некоторыми средствами защиты [45, 46, 47, 48].

Стоит отметить, что помимо сложностей при обработке воротника, долгосрочное его использование напрямую связано с усталостью оперирующего врача: к концу операционного дня значительно снижается внимательность, быстрота реакции, что может негативно сказываться на качестве оказываемой медицинской помощи. Именно по этой причине специалисты все чаще отказываются от использования защитного воротника во время оперативных вмешательств [49].

Роль рентгеновских лучей в развитии патологии щитовидной железы неопухолевого генеза

Несмотря на то, что подавляющее большинство исследований, целью которых является поиск причин развития РЩЖ у медицинского персонала, подвергающегося хроническому воздействию рентгеновских лучей, не находят статистически значимой связи между данным профессиональным фактором риска и частотой возникновения онкопатологии тканей щитовидной железы, актуальным представляется изучение рисков развития тиреоидной патологии неопухолевого генеза в данной группе населения. Это обусловлено тем, что во всех вышеуказанных научных работах не исследуются функциональные нарушения щитовидной железы (гипотиреоз, гипертиреоз), аутоиммунные процессы, а также злообразование у медиков из группы риска по патологии щитовидной железы.

В экспериментальных исследованиях, проведенных Кувенёвой О.Н. и соавторами в 2013 году [50], было изучено воздействие низких доз рентгеновского излучения с разной экспозицией на ткани щитовидной железы лабораторных крыс. Было доказано, что тиреоциты являются весьма чувствительными к действию рентген-лучей, особенно их апикальная и базальная части. Согласно результатам электронной микроскопии, выполненной облученным животным после аутопсии, было выявлено, что длительное по времени облучение тканей щитовидной железы низкими дозами рентгеновской радиации приводит к ряду морфологических изменений в структуре органа на микроскопическом уровне, а именно: происходит увеличение объема коллоида фолликулов, уменьшается высота фолликулярного эпителия, происходит разобщение межклеточных контактов, в результате чего отмечается значительное расширение межклеточного пространства. Все данные морфологические признаки в первую очередь свидетельствуют о снижении функциональной активности клеток щитовидной железы у подопытных животных в ответ на воздействие рентген-лучами. При изучении структурных и функциональных изменений в самой клетке было показано, что нарушения, вызванные радиацией, носят неспецифический характер и соответствуют стандартному комплексу реакций в ответ на неблагоприятное воздействие. В первую очередь происходит изменение в структуре ядра: определяется расширение перинуклеарного пространства, нуклеопикноз, повреждение наружной ядерной мембраны и ее дегрануляция, уменьшение числа и объема ядрышек. Как результат данных структурных изменений ядерного аппарата клетки, на функциональном уровне отмечается снижение синтеза РНК и, следовательно, белка, что отображается снижением функциональной активности тиреоцита после облучения. Необходимо отметить, что авторами исследования выявлены изменения не только в структуре ядер клеток щитовидной железы у подопытных животных, но и в структуре органелл. Установлено, что в гранулярной эндоплазматической сети резко и значительно расширяются цистерны («ажурный» вид клеток при электронной микроскопии), в митохондриях наблюдается набухание и уплотнение матрикса, а в комплексах Гольджи происходит значимое уменьшение размеров и количества вакуолей [51].

Все вышеуказанные морфофункциональные изменения, вызванные в клетках щитовидной железы воздействием рентгеновских лучей, свидетельствуют в первую очередь о том, что в той или иной степени все органеллы тиреоцитов чувствительны к действию рентгеновского излучения. При этом все вышеописанные структурные изменения могут приводить к снижению синтетической активности тиреоцита и, как следствие, снижению продукции тиреоидных гормонов, что в конечном итоге рано или поздно приведет к развитию гипотиреоза. Стоит отметить, что выявленное воздействие рентгеновских лучей на ядерный аппарат тиреоцитов не только опасно снижением продукции РНК и, как следствие, снижением процессов синтеза, но и повышенной вероятностью возникновения точечных мутаций, которые могут дать начало тиреоидной неоплазии [50, 51].

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Ткани щитовидной железы являются весьма чувствительными к ионизирующему излучению, что неоднократно доказывалось опытом многочисленных радиационных катастроф.

Медицинские работники на рабочем месте достаточно часто сталкиваются с источниками ионизирующего излучения — рентген-аппаратами.

Хирурги разных специальностей стабильно подвержены воздействию рентгеновского излучения, находясь в операционных. Это обусловлено тем, что при проведении лечебных манипуляций во многих ситуациях требуется выполнение рентгенографии или рентгеноскопии для оценки эффективности проводимого вмешательства, например, при сопоставлении костных отломков переломов.

В условиях операционной исключается защита организма медицинского персонала расстоянием или экранированием свинцовой стеной, а защита жизненно-важных органов осуществляется с помощью просвинцованного фартука и воротника, специальных очков и шапочек. Стоит отметить, что эффективность проводимых мероприятий может быть снижена при нарушении техники безопасности.

Собственный опыт, основанный на оценке работы оперирующих специалистов г. Екатеринбург-

га, показал, что даже защитный фартук, который всегда есть в наличии, надевают не все врачи. В то же время защитный воротник чаще всего отсутствует, а при его наличии медицинские работники все-равно не используют данный вид средств защиты. Это обусловлено в первую очередь тяжестью воротника, его массивными размерами, что ограничивает подвижность в шейном отделе позвоночника и доставляет значительное неудобство.

Таким образом, можно сделать вывод, что ткань щитовидной железы хирургов довольно часто остается незащищенной перед действием ИИ. Суммарное время действия рентгеновского аппарата во время одного оперативного вмешательства может достигать нескольких минут, в течение которых часть рентген-лучей, производимых рентгеновской трубкой, оказывают влияние на ткани щитовидной железы медицинских работников. Необходимо учесть, что доза излучения достаточно мала, чтобы вызвать острое поражение тиреоцитов, но при этом облучение имеет хронический характер и длится годами, что способствует суммации патологических эффектов и увеличивает риски развития тиреоидной патологии.

Имеющиеся на сегодняшний день исследования, оценивающие отдаленные результаты хронического рентгеновского излучения на ткани щитовидной железы, показывают в основном риски возникновения злокачественной онкопатологии.

Практически вся проанализированная нами научная литература посвящена исследованию связи риска онкологических заболеваний ЩЖ с воздействием ионизирующих излучений, в то время как распространенность рака щитовидной железы обычно на порядок ниже распространенности многих неонкологических заболеваний органа. Утверждение справедливо для заболеваний тиреоидной ткани опухолевого и неопухолевого генеза. Например, показатели заболеваемости множественным узловым зобом уверенно демонстрируют дозовый тренд [10]. Аналогичные исследования для широкого спектра неонкологических заболеваний как никогда актуальны. Когорта медицинского персонала для этого — самая подходящая группа.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Россия в цифрах. 2019: Крат. Стат. Сб./Росстат-М., 2019 – 549 с.
2. Состояние здоровья медицинских работников. Обзор литературы / Ермолина Т. А. Мартынова Н.А., Калинин А.Г. и др. // Вестник новых медицинских технологий. – 2012. – Т. 19. – № 3. – С.197-200.
3. Куракова, Н. Г. Синдром выгорания врачей лучше всего лечится с помощью повышения зарплаты // Менеджер здравоохранения. – 2011. – № 7. – С. 64–69.
4. Гатиятуллина, Л. Л. Состояние здоровья медицинских работников // Вестник современной клинической медицины. – 2016. – Т. 9. – № 3. – С.69–75.
5. Соленова Л. Г., Некрасова Е. А. Медицинские работники: профессиональные канцерогенные факторы и онкологический риск // Успехи молекулярной онкологии. – 2018. – Т. 5. – № 3. – С. 25-39. <https://doi.org/10.17650/2313-805X-2018-5-3-25-39>
6. Tracking cumulative radiation exposure in orthopaedic surgeons and residents: what dose are we getting? / Gausden E. B., Christ A. B., Zeldin R. et al. // JBJS. – 2017;99(15):1324-1329. <https://doi.org/10.2106/jbjs.16.01557>.
7. Hoffer C. E., Ilyas A. M. Fluoroscopic radiation exposure: are we protecting ourselves adequately? // J Bone Joint Surg Am. – 2015;97(9):721–5. <https://doi.org/10.2106/jbjs.n.00839>.
8. Occupational radiation exposure from C arm fluoroscopy during common orthopaedic surgical procedures and its prevention / Mahajan A., Sumant S., Atul K. S. et al. // J Clin Diagn Res. – 2015;9(3):RC01–4. <https://doi.org/10.7860/jcdr/2015/10520.5672>.
9. Тиреоидная патология в отдаленные сроки после аварийного радиационного воздействия / Рабинович Е. И., Поволоцкая С. В., Обеснюк В. Ф. и др. // Анализ риска здоровью. – 2018. – № 2. – С. 52–61. <https://doi.org/10.21668/health.risk/2018.2.06.eng>.
10. Imaizumi M., Ohishi W., Nakashima E. Association of radiation dose with prevalence of thyroid nodules among atomic bomb survivors exposed in childhood (2007-2011) // JAMA internal medicine. – 2015;175(2):228-236. <https://doi.org/10.1001/jamainternmed.2014.6692>.

11. Туманов, К. А. Оценка радиационных рисков заболеваемости раком щитовидной железы для населения загрязненных радионуклидами территорий России после аварии на Чернобыльской АЭС : автореф. ... дис. канд. биол. наук. – Обнинск, 2012. – 18 с.
12. Yurt, A. Evaluation of awareness on radiation protection and knowledge about radiological examinations in healthcare professionals who use ionized radiation at work // *Mol. Imaging Radionucl. Ther.* –2014;23(2):48–53. <https://doi.org/10.4274/mirt.00719>.
13. Мавлютова Г. Х., Галямов А. Б., Рашитов Л. З. Повреждающие и стимулирующие эффекты ионизирующего излучения // *Международный научно-исследовательский журнал.* – 2015. – Т.7. – № 38. – С.37-39.
14. Воронцова З. А., Золотарева С. Н., Логачева В. В. Морфологические аспекты радиопротекции в эксперименте // *Вестник новых медицинских технологий.* – 2014. – Т.21. – № 2. – С.90-94. <https://doi.org/10.12737/5008>
15. Little, M. P. The statistical power of epidemiological studies analyzing the relationship between exposure to ionizing radiation and cancer, with special reference to childhood leukemia and natural background radiation // *Radiat Res.* –2010;174(3):387–402. <https://doi.org/10.1667/RR2110.1>.
16. Гржибовский А. М., Иванов С. В. Поперечные (одномоментные) исследования в здравоохранении // *Наука и здравоохранение.* – 2015. – № 2. – С 5-18.
17. Гржибовский А. М., Иванов С. В., Горбатова М. А. Исследования типа «случай– контроль» в здравоохранении // *Наука и здравоохранение.* – 2015. – № 4. – С.5-17.
18. Комлева Ю. В., Махонько М. Н., Шкробова Н. В. Заболевания медицинских работников от воздействия ионизирующего излучения и их профилактика // *Бюллетень медицинских интернет-конференций.* – Общество с ограниченной ответственностью «Наука и инновации», 2013. – Т. 3. – №. 11. – С. 1171-1173.
19. Дудоров В. Е., Бардина Т. А., Варфоломеев Н. А. Некоторые проблемы мер по защите населения до и после получения ионизирующего излучения // *Достижения вузовской науки* 2018. – 2018. –Т.1 – С. 108-113.
20. Нормы радиационной безопасности (НРБ 99/2009): СанПиН 2.6.1.2523–09 (утв. Постановлением Главного государственного санитарного врача РФ от 07 июля 2009 г. № 47). – Федеральний центр гигиены и эпидемиологии Роспотребнадзора. – 2009. – С. 101.
21. Radiation exposure and safety practices during pediatric central line placement / Saeman M. R., Burkhalter L. S., Blackburn T. J. et al. // *J Pediatr Surg.* – 2015;50(6):992–5. <https://doi.org/10.1016/j.jpedsurg.2015.03.022>.
22. Частота встречаемости патологии щитовидной железы у жителей территорий, прилегающих к бывшему Семипалатинскому испытательному ядерному полигону / Еспенбетова М. Ж., Жуманбаева Ж. М., Амренова К. Ш. и др. // *Academy.* – 2017. – №. 11. – С.64-68.
23. Тронько Н. Д., Пушкарев В. М. 30 лет аварии на Чернобыльской АЭС. Молекулярногенетические механизмы канцерогенеза в щитовидной железе // *Цитология и генетика.* – 2016. – Т.50. – № 6. – С.15-22.
24. Ogawa M. M., Sakasi H. Hiroshima, an experience that can never be forgotten: long-term follow-up of Hiroshima survivors // *International journal of dermatology.* 2011;(50):890–892. <https://doi.org/10.1111/j.1365-4632.2011.05108.x>.
25. Шинкаркина А. П., Абросимов А. Ю., Лушников Е. Ф. Структура патологии щитовидной железы у молодого населения загрязненных радионуклидами территорий России по данным Чернобыльского банка ткани // *Современные проблемы радиационной медицины: от теории к практике* : материалы Международной научно-практической конференции / под общ. ред. А. В. Рожко. – Гомель. – 2013. – С.120.
26. Состояние щитовидной железы у населения районов, прилегающих к бывшему семипалатинскому испытательному ядерному полигону / Еспенбетова М. Ж., Заманбекова Ж. К., Уватаева Ж.С. и др. // *Наука и здравоохранение.* – 2014. – № 5. – С.28-32.
27. Данные скрининга патологии щитовидной железы у жителей районов, подвергшихся радиационному облучению / Еспенбетова М. Ж., Заманбекова Ж. К., Сарсебаева Г. С. и др. // *Наука и здравоохранение.* – 2014. – №. 3. – С.22-25.
28. Риск развития нарушений неспецифической резистентности при длительном воздействии малых доз радиации / Пивина Л. М., Семенова Ю. М., Белихина Т. И. и др. // *Наука и Здравоохранение.* – 2017. – №. 5. – С.158-171.
29. Рожко, А. В. Чернобыльская катастрофа: медико-биологические закономерности формирования и прогнозирование тиреоидной патологии у населения // *Международный эндокринологический журнал.* – 2011. – №. 4(36). – С.84-93.
30. Радиоиндуцированная патология щитовидной железы у лиц, подвергшихся воздействию радиации в результате аварии на ЧАЭС во внутриутробном, детском и подростковом возрасте / Балева Л. С. Яковлева И. Н., Карахан Н. М. и др. // *Российский вестник перинатологии и педиатрии.* – 2013. – Т. 58. – №. 5. – С.82-86.
31. Морфофункциональные изменения щитовидной железы у детей, облученных в результате аварии на Чернобыльской АЭС, и потомком облученных родителей / Балева Л. С., Яковлева И. Н., Сипягина А. Е. и др. // *Вопросы практической педиатрии.* – 2012. – № 4. – С.13-16.
32. Radiation exposure and thyroid cancer incidence among Hiroshima and Nagasaki residents / Prentice R. L., Kato H., Yoshimoto K. et al. // *National cancer Institute monograph.* 1982;62:207-212.
33. Оценка риска заболевания раком щитовидной железы у населения при проживании вблизи ПО «Маяк» / Мартиненко И. А., Сокольников М. Э., Кошурникова Н. А. и др. // *Медицинская радиология и радиационная безопасность.* – 2016. – Т. 61. – №. 4. – С. 52-58.
34. Подходы к ранней диагностике рака щитовидной железы / Абдрашитова А. Т., Панова Т. Н., Дьякова О. Н. и др. // *Кубанский научный медицинский вестник.* – 2018. – Т. 25. – №. 3. – С. 139-148. <https://doi.org/10.25207/1608-6228-2018-25-3-139-148>.
35. Thyroid cancer risks among medical radiation workers in South Korea, 1996–2015 / Lee W. J., Preston D. L., Cha E. S. et al. // *Environmental Health.* –2019;18(1):1-10 <https://doi.org/10.1186/s12940-019-0460-z>.
36. Projected lifetime cancer risks from occupational radiation exposure among diagnostic medical radiation workers in South Korea / Lee W. J., Choi Y., Ko S. et al. // *BMC cancer.* – 2018;18(1):1-10. <https://doi.org/10.1186/s12885-018-5107-x>.
37. Assessment of thyroid cancer risk associated with radiation dose from personal diagnostic examinations in a cohort study of US radiologic technologists, followed 1983–2014 / Little M. P. et al. // *BMJ Open.* –2018;8(5):1-9. <https://doi.org/10.1136/bmjopen-2018-021536>.
38. Schueler B. A., Balter S., Miller D. L. Radiation protection tools in interventional radiology // *J Am Coll Radiol.* – 2012;9:844-5. <https://doi.org/10.1016/j.jacr.2012.08.003>.
39. Tuohy C. J., Weikert D. R., Lee D. H. Hand and body radiation exposure with the use of mini C-Arm fluoroscopy // *J Hand Surg [Am].* – 2011;36(4):632–8. <https://doi.org/10.1016/j.jhsa.2010.12.022>.
40. Types and arrangement of thyroid shields to reduce exposure of surgeons to ionizing radiation during intraoperative use of C-arm fluoroscopy / Lee S. Y., Min E., Bae J. et al. // *Spine.* –2013; 38: 2108–2112. <https://doi.org/10.1097/brs.0b013e3182a8270d>.
41. Пожизненный радиационный риск в результате внешнего и внутреннего облучения: метод оценки / Меняйло А. Н., Чекин С. Ю., Кашеев В. В. и др. // *Радиация и риск (Бюллетень Национального радиационно-эпидемиологиче-*

ского регистра). – 2018. – Т. 27. – № 1. – С.8.

42. Охрана здоровья медицинских работников в условиях модернизации здравоохранения / Аверьянова Т. А. Потеряева Е. Л., Труфанова Н. Л. и др. // Сибирское медицинское обозрение. – 2012. – Т. 74. – № 2. – С. 79-83.
43. Feierabend S., Siegel G. Potential infection risk from thyroid radiation protection // J Orthop Trauma. – 2015; 29(1): 18-20. <https://doi.org/10.1097/bot.000000000000161>.
44. Горецкий О. С., Бондаревский-Колотий В. А. Оценка соблюдения нормативных требований радиационной защиты персонала медицинских учреждений // В сборнике: Донецкие чтения 2019: образование, наука, инновации, культура и вызовы современности: Материалы IV Международной научной конференции. – 2019. – С.161-163.
45. Nugent M., Carmody O., Dudeney S. Radiation safety knowledge and practices among Irish orthopaedic trainees // Irish Journal of Medical Science (1971-). – 2015;184(2):369-373. <https://doi.org/10.1007/s11845-014-1121-4>.
46. The radiation safety education and the pain physicians' efforts to reduce radiation exposure / Kim T. H., Hong S. W., Woo N. S. et al. // Korean J Pain. – 2017;30:104-115. <https://doi.org/10.3344/kjp.2017.30.2.104>.
47. Radiation safety and education in the applicants of the final test for the expert of pain medicine / Park P. E., Park J. M., Kang J. E. et al. // Korean J Pain. – 2012;25:16-21. <https://doi.org/10.3344/kjp.2012.25.1.16>.
48. Carmichael K. D., Bilbrew L. L. Underestimation of fluoroscopic exposure among orthopedic residents // Skeletal Radiology. – 2020;49(3):383-385. <https://doi.org/10.1007/s00256-019-03283-0>.
49. Wearing lead aprons in surgical operating rooms: ergonomic injuries evidenced by infrared thermography / Alexandre D., Prieto M., Beaumont F. et al. // J Surg Res. – 2017;209:227-233. – <https://doi.org/10.1016/j.jss.2016.10.019>.
50. Кувенева О. Н., Радионов С. Н. Морфологические изменения щитовидной железы под действием ионизирующего излучения // Таврический медико-биологический вестник. – 2013. – Т.16. – № 1. – С.124-126.
51. Кувенева, О. Н. Строение щитовидной железы крыс под действием разных видов излучений // Український морфологічний альманах. – 2011. – Т.9. – № 3. – С.151-152.

Сведения об авторах

Л. Д. Гордиенко — ассистент кафедры
Т. П. Киселева — доктор медицинских наук, профессор
И. И. Гордиенко — кандидат медицинских наук
Н. А. Цап — доктор медицинских наук, профессор

Information about the authors

L. D. Gordienko — department assistant
T. P. Kiseleva — Doctor of Science (Medicine), Professor
I. I. Gordienko — MD
N. A. Tsap — Doctor of Science (Medicine), Professor

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.
The authors declare no conflicts of interests.

Статья поступила в редакцию 04.10.2021; одобрена после рецензирования 05.10.2021;
принята к публикации 08.11.2021.
The article was submitted 04.10.2021; approved after reviewing 29.09.2021;
accepted for publication 08.11.2021.