

Характеристика радиационного риска, связанного с проведением компьютерной томографии, для российских пациентов, путем оценки числа потерянных лет здоровой жизни

Л.В. Репин¹, Р.Р. Ахматдинов¹, А.М. Библин¹, А.В. Водоватов^{1,2}, Л.А. Чипига^{1,3,4}, И.Г. Шацкий¹

¹ Санкт-Петербургский научно-исследовательский институт радиационной гигиены имени профессора П.В. Рамзаева, Федеральная служба по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека, Санкт-Петербург, Россия

² Санкт-Петербургский государственный педиатрический медицинский университет, Санкт-Петербург, Россия

³ Российский научный центр радиологии и хирургических технологий имени академика А.М. Гранова, Министерство здравоохранения Российской Федерации, Санкт-Петербург, Россия

⁴ Национальный медицинский исследовательский центр им. В.А. Алмазова, Министерство здравоохранения Российской Федерации, Санкт-Петербург, Россия

Оценка радиационных рисков при медицинском облучении пациентов — один из обязательных этапов при обосновании назначения медицинских рентгенорадиологических исследований. Основные цели такой оценки заключаются в необходимости анализа польза — вред при назначении исследования и в информировании пациентов или их законных представителей о радиационном риске, сопровождающем рекомендуемое исследование. Традиционный подход к оценке радиационного риска заключается в использовании для характеристики риска показателей на основе пожизненной заболеваемости и/или смертности в связи с воздействием радиационного фактора. Однако развитие методологии оценки популяционного здоровья и необходимость гармонизации методологии оценки радиационного риска с рисками от воздействия факторов иной природы предполагают использование более информативных обобщенных показателей здоровья при оценке воздействия вредных факторов среды обитания. Цель работы заключалась в практическом применении разрабатываемой методологии оценки радиационного ущерба для характеристики риска путем расчета значений показателя DALY (числа лет здоровой полноценной жизни, потерянных вследствие воздействия ионизирующего излучения) для различных половозрастных групп пациентов из российской популяции при проведении компьютерной томографии. Для достижения указанной цели применялся разработанный ранее метод оценки числа лет здоровой жизни, потерянных вследствие воздействия ионизирующих излучений. Вычисления производились с помощью специально разработанной компьютерной программы на основе моделей Международной комиссии по радиологической защите при использовании медико-демографических данных российской популяции. В статье представлены результаты расчета значений показателя DALY для 6 видов компьютерно-томографических исследований. Использование показателя DALY для характеристики риска вместо наиболее широко используемой величины радиационного ущерба (или пожизненного риска смерти с учетом вреда от снижения качества жизни при возникновении онкологического заболевания, не приводящего к смерти) представляет собой попытку гармонизации методологии оценки радиационного риска с методологиями оценки рисков для здоровья иной природы. Одним из направлений использования результатов расчета является разработка поло- и возраст-зависимых коэффициентов риска, связанного с медицинским облучением пациентов. Анализ полученных результатов показал, что возрастное распределение рисков хорошо согласуется с данными, представленными в методических рекомендациях МР 2.6.1.0215-20 «Оценка радиационного риска у пациентов при проведении рентгенорадиологических исследований». Также показано, что показатель DALY может служить основой для сравнительной оценки получаемых и предотвращаемых рисков в области медицинского облучения пациентов.

Ключевые слова: радиационный риск, эффективная доза, годы жизни с поправкой на нетрудоспособность, медицинское облучение, компьютерная томография.

Репин Леонид Викторович

Санкт-Петербургский научно-исследовательский институт радиационной гигиены имени профессора П.В. Рамзаева
Адрес для переписки: 197101, Россия, Санкт-Петербург, ул. Мира, д. 8; E-mail: l.repin@niirg.ru

Введение

Эффективная доза, разработанная в качестве удобной меры радиационного риска для населения и персонала в целях контроля соблюдения основных пределов доз при неравномерном облучении в условиях нормальной эксплуатации радиационных объектов [1–4]¹, по причине простоты и удобства стала повсеместно использоваться в качестве меры риска, связанного с медицинским облучением пациентов. Однако на протяжении многих лет в научном сообществе не прекращается дискуссия о необходимости корректировки сложившегося подхода [4–7], и тому есть несколько веских причин:

- в отличие от облучения населения за счет природных и техногенных источников, медицинское облучение носит острый, а не пролонгированный или фракционированный характер;

- дозы облучения, получаемые пациентами при некоторых видах медицинских рентгенорадиологических исследований, существенно превосходят среднегодовые дозы техногенного облучения населения и персонала радиационных объектов;

- медицинское облучение пациентов, как правило, связано с существенно неравномерным по телу облучением (это же относится и к некоторым природным источникам, например, к воздействию радона и дочерних продуктов его распада, однако степень неравномерности медицинского облучения и число затронутых органов, как правило, существенно выше);

- результаты оценки радиационных рисков (в том числе и при медицинском облучении) на основе эффективной дозы и коэффициентов номинального риска не могут быть напрямую сопоставлены (сравнены) с рисками иной этиологии, например, от воздействия химических и биологических факторов;

- в процессе обоснования назначения диагностических и терапевтических рентгенорадиологических процедур необходимо сравнивать радиационный ущерб (риск) с риском недополучения диагностической информации и/или недостижения лечебного эффекта. На текущий момент данное сравнение крайне затруднено и не имеет проработанной методической основы.

При этом некоторые достоинства эффективной дозы, такие как аддитивность значений или отсутствие возрастных различий риска в пределах широких возрастных групп, оказываются довольно спорными в области медицинского облучения. В научных публикациях регулярно

обсуждается необходимость дифференцирования оценок радиационного риска в зависимости от пола и возраста пациентов, необходимость учета демографических характеристик в различных группах пациентов (например, отличие в функциях дожития групп пациентов и всего населения в целом), необходимость переноса оценок риска на национальные популяции и т.п. [4–8].

Один из возможных подходов к решению указанных задач был реализован в виде 2 методических документов: МР 2.6.1.0098-15 «Оценка радиационного риска у пациентов при проведении рентгенорадиологических исследований»² и пришедших им на смену МР 2.6.1.0215-20 «Оценка радиационного риска у пациентов при проведении рентгенорадиологических исследований»³ [8]. В указанных документах приведены оценки риска для отдельных видов медицинского облучения и классификация рисков по качественной шкале для информационной поддержки принятия решений по поводу обоснованности медицинского облучения.

В настоящей статье предложен альтернативный подход к половозрастной дифференциации радиационных рисков на основе расчета показателя DALY⁴, т.е. числа потерянных вследствие облучения лет здоровой полноценной жизни. Показатель DALY представляет собой обобщенный показатель популяционного здоровья, представляющий собой сумму числа лет, потерянных вследствие преждевременной смертности по причине конкретного заболевания, и числа лет, прожитых в состоянии неполного здоровья (состоянии нетрудоспособности) по причине вышеназванного заболевания (формула 1):

$$DALY=YLL+YLD, \quad (1)$$

где YLL⁵ – число лет, потерянных вследствие преждевременной смерти,

YLD⁶ – число лет, прожитых в состоянии неполного здоровья.

При этом годам жизни, прожитым в состоянии неполного здоровья, присваиваются различные веса от 0 до 1 в зависимости от степени тяжести конкретных заболеваний. Методика оценки тяжести заболеваний разрабатывается в рамках проекта Всемирной организации здравоохранения «Глобальное бремя болезней» и постоянно совершенствуется [9, 10]. Показатель DALY широко используется в области организации здравоохранения и находит все более широкое применение в оценке рисков для здоровья [11–13].

¹ Ситуации аварийного облучения в настоящей работе не рассматриваются.

² МР 2.6.1.0098-15 «Оценка радиационного риска у пациентов при проведении рентгенорадиологических исследований», утвержденные Главным государственным санитарным врачом Российской Федерации 06.04.2015 г. [Methodical Recommendation (MR) 2.6.1.0098-15 "Assessment of radiation risk of patients during radiological examinations". Approved by the Chief state sanitary doctor of the Russian Federation on 06.04.2015). (In Russ.)]

³ МР 2.6.1.0215-20 «Оценка радиационного риска у пациентов при проведении рентгенорадиологических исследований», утвержденные Главным государственным санитарным врачом Российской Федерации 21.09.2020 г. [Methodical Recommendation (MR) 2.6.1.0215-20 "Assessment of radiation risk of patients during radiological examinations". Approved by the Chief state sanitary doctor of the Russian Federation on 21.09.2020). (In Russ.)]

⁴ Disability-adjusted life years (англ.) – годы жизни с поправкой на нетрудоспособность.

⁵ Years of Life Lost (англ.) – потерянные годы жизни.

⁶ Years Lived with Disability (англ.) – годы, прожитые с нетрудоспособностью (заболеванием).

Цель исследования – расчет значений показателя DALY для различных половозрастных групп пациентов из российской популяции при проведении компьютерной томографии.

Задачи исследования

1. Оценены органные дозы пациентов различных возрастных групп при различных видах компьютерно-томографических (КТ) исследований.

2. Рассчитаны значения показателя DALY для различных видов исследований с использованием указанных органных доз на основе моделей радиационного риска из 152-й Публикации Международной комиссии по радиологической защите (далее – МКРЗ) [3].

3. Значения DALY, полученные по моделям относительного и абсолютного риска, взвешены с использованием соответствующих множителей из 152-й Публикации МКРЗ.

Материалы и методы

Для оценки числа потерянных лет здоровой жизни применялась методика расчета показателя DALY, описанная в [14–16].

Расчет включал в себя следующие этапы:

1. Оценка средних значений органных доз облучения для пациентов различного пола и возраста для 6 видов КТ-исследований: всего тела, головы, органов грудной клетки, органов брюшной полости, органов грудной клетки с введением контрастного вещества, органов брюшной полости с введением контрастного вещества. Органные дозы были рассчитаны с использованием программного обеспечения NCICT [17] по протоколам КТ-сканирования, собранных лабораторией радиационной гигиены медицинских организаций ФБУН НИИРГ им. П.В. Рамзаева в различных регионах Российской Федерации в период 2010–2019 гг. Ранее эти данные были использованы при разработке МР 2.6.2.0215-20. Расчет доз облучения для категории «Другие солидные ЗНО» был выполнен в соответствии с рекомендациями 103-й Публикации МКРЗ [2].

2. Расчет избыточной заболеваемости радиогенными раками, вызванными однократным облучением, по модели МКРЗ в различных достигнутых возрастах в зависимости от пола и возраста при облучении по моделям абсолютного и относительного риска с использованием российских медико-демографических данных за 2018 г. [18].

3. Расчет значений показателя DALY по моделям абсолютного и относительного риска в соответствии с методикой, описанной в [15] для соответствующих значений органных доз у лиц различного пола и возраста при проведении 6 вышеуказанных видов КТ-исследований.

4. Для переноса результатов оценки риска по моделям абсолютного и относительного риска на российскую популяцию полученные значения взвешивались с помощью коэффициентов, предложенных в 152-й Публикации МКРЗ [3].

5. Полученные значения DALY, соответствующие органным дозам, получаемым в ходе КТ-исследований,

суммировались на последнем этапе для получения интегральной оценки DALY.

6. Для выполнения расчетов использовалась специально разработанная программа на языке Wolfram Language.

Результаты и обсуждение

В результате выполнения расчетов были получены значения радиогенных⁷ DALY для 36 половозрастных групп пациентов (по 18 возрастных групп пациентов мужского и женского пола) при выполнении 6 видов КТ-исследований. В таблице представлены округленные до целого числа лет значения DALY, связанные с воздействием ИИ, при выполнении КТ для мужчин и женщин в расчете на 10 000 пациентов. Для справки приводятся соответствующие средние значения эффективной дозы для гермафродитного фантома. При этом для взрослых пациентов приводится одно значение эффективной дозы для всех возрастных групп.

Как видно из представленных в таблице результатов расчета, значение DALY для всех процедур убывает, начиная с возраста 20 лет. Это связано с тем, что значение DALY при одинаковых органных дозах зависит исключительно от функции дожития, которая убывает с возрастом. Значения же DALY в детском и подростковом возрастах зависят в первую очередь от параметров проведения исследований и анатомических особенностей организма детей и подростков, что приводит к большому различию органных доз и, как следствие, может приводить к колебаниям значений DALY при различных видах исследований (рис. 1).

Одним из важных практических аспектов настоящей работы является анализ распределения рисков медицинского облучения пациентов в зависимости от пола и возраста пациента при проведении исследования, т.е. разработка подходов к расчету поло- и возраст-зависимых показателей радиационного риска для конкретных видов рентгенорадиологических исследований. Указанная задача была решена в рамках методических рекомендаций МР 2.6.1.0215-20 «Оценка радиационного риска у пациентов при проведении рентгенорадиологических исследований», однако в качестве показателя риска использовалась величина пожизненного риска смерти с учетом вреда от снижения качества жизни и российские медико-демографические данные за 2008 г. В настоящей работе аналогичные расчеты были проведены для показателя DALY по российским медико-демографическим данным за 2018 г. На рисунке 2 сопоставлены распределения значений показателей риска по данным МР 2.6.2.0215-20 и значения DALY, полученные в рамках настоящей работы. Видно, что возрастные распределения радиационных рисков хорошо согласуются между собой.

Таким образом, использование показателя DALY в качестве меры радиационного вреда для здоровья при медицинском облучении пациентов может дополнять оценки риска на основе показателей смертности, используемые

⁷ Проведение медицинских рентгенорадиологических исследований сопряжено с риском не только радиационной природы, но и с иными видами риска: например, с риском возникновения аллергических реакций на введение контрастного вещества и т.д. В настоящей статье под радиогенным DALY подразумеваются оценки с помощью показателя DALY только радиационного риска, возникающего при нормальном проведении рентгенорадиологического исследования.

Значения DALY от воздействия ИИ на 10 000 пациентов при выполнении КТ-исследований

[Table

DALY values from exposure to ionizing radiation per 10,000 patients for computed tomography (CT) examinations]

Возраст при облучении, лет [Age at exposure, years]	Вид и область проведения КТ-исследования [Type and area of CT examination]																			
	КТ головы [Head CT]		КТ органов грудной клетки [Chest CT]				КТ органов грудной клетки с контрастом [Chest CT with contrast]				КТ органов брюшной полости [Abdominal CT]		КТ органов брюшной полости с контрастом [Abdominal CT with contrast]				КТ всего тела [Whole-body CT]			
	Эф. доза, мЗв [Effective dose, mSv]		DALY на 10 000 чел., лет [DALY per 10 000 per., year]		Эф. доза, мЗв [Effective dose, mSv]		DALY на 10 000 чел., лет [DALY per 10 000 per., year]		Эф. доза, мЗв [Effective dose, mSv]		DALY на 10 000 чел., лет [DALY per 10 000 per., year]		Эф. доза, мЗв [Effective dose, mSv]		DALY на 10 000 чел., лет [DALY per 10 000 per., year]		Эф. доза, мЗв [Effective dose, mSv]		DALY на 10 000 чел., лет [DALY per 10 000 per., year]	
	М [M]	Ж [F]	М [M]	Ж [F]	М [M]	Ж [F]	М [M]	Ж [F]	М [M]	Ж [F]	М [M]	Ж [F]	М [M]	Ж [F]	М [M]	Ж [F]	М [M]	Ж [F]	М [M]	Ж [F]
0	1,82	6	10	2,83	20	51	4,24	30	76	5,37	54	69	8,05	82	103	14,3**	89	180		
1	2,12	7	16	2,84	18	49	4,26	28	74	5,75	55	69	9,78	94	117		89	174		
5	2,39	8	15	3,15	19	47	5,04	30	76	6,03	49	77	12,06	98	154		75	141		
10	1,88	4	6	3,19	17	39	5,75	30	71	6,24	50	63	13,73	111	138		64	113		
15	2,75	9	11	4,15	22	42	8,31	44	83	6,50	43	53	16,24	108	133		65	109		
20		7	8		27	51		63	121		45	61		146	196		62	101		
25		7	8		24	44		56	104		39	52		124	168		54	88		
30		6	8		21	38		50	90		33	45		107	144		48	76		
35		6	7		19	33		45	78		29	38		92	122		43	66		
40		6	6		17	28		40	66		24	32		78	101		38	56		
45		5	6		15	24		36	57		20	26		65	83		33	48		
50	2,6	5	5	5,8	13	20	13,6	31	47	7,7	17	21	24,7	53	67	14,9	29	40		
55		4	5		11	17		25	39		13	16		41	52		23	33		
60		3	4		8	13		19	31		9	12		30	39		17	26		
65		2	3		6	10		13	22		6	9		20	28		12	19		
70		2	2		3	6		6	13		3	5		10	16		6	11		
75		0	1		1	3		1	7		1	3		2	9		1	6		
80		0	0		0	1		0	2		0	1		1	2		0	2		

* Оценка эффективной дозы для КТ всего тела приводится на основании сведений, представленных в МР 2.6.2.0215–20 [The effective dose estimation for whole body CT is based on the information provided in MR 2.6.2.0215-20.].

** Приведена оценка для группы возрастов от 0 до 4 лет [given for ages from 0 to 4 years old].

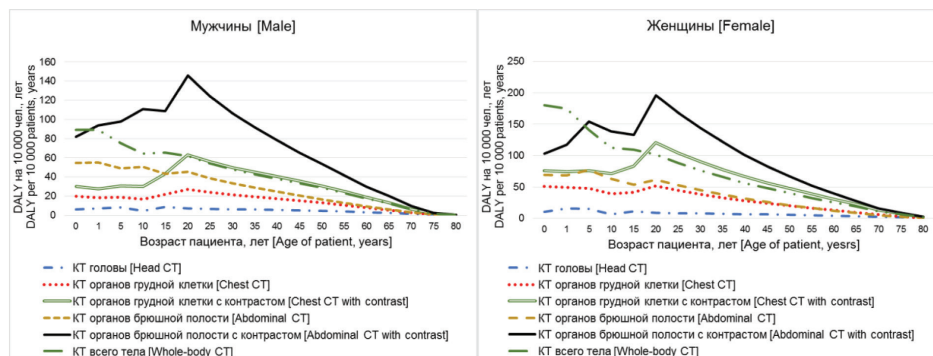


Рис. 1. Зависимость значений радиогенного DALY от возраста пациентов при проведении КТ-исследований в Российской Федерации [Fig. 1. Dependence of radiogenic DALY values on the age of patients undergoing CT examinations in the Russian Federation]

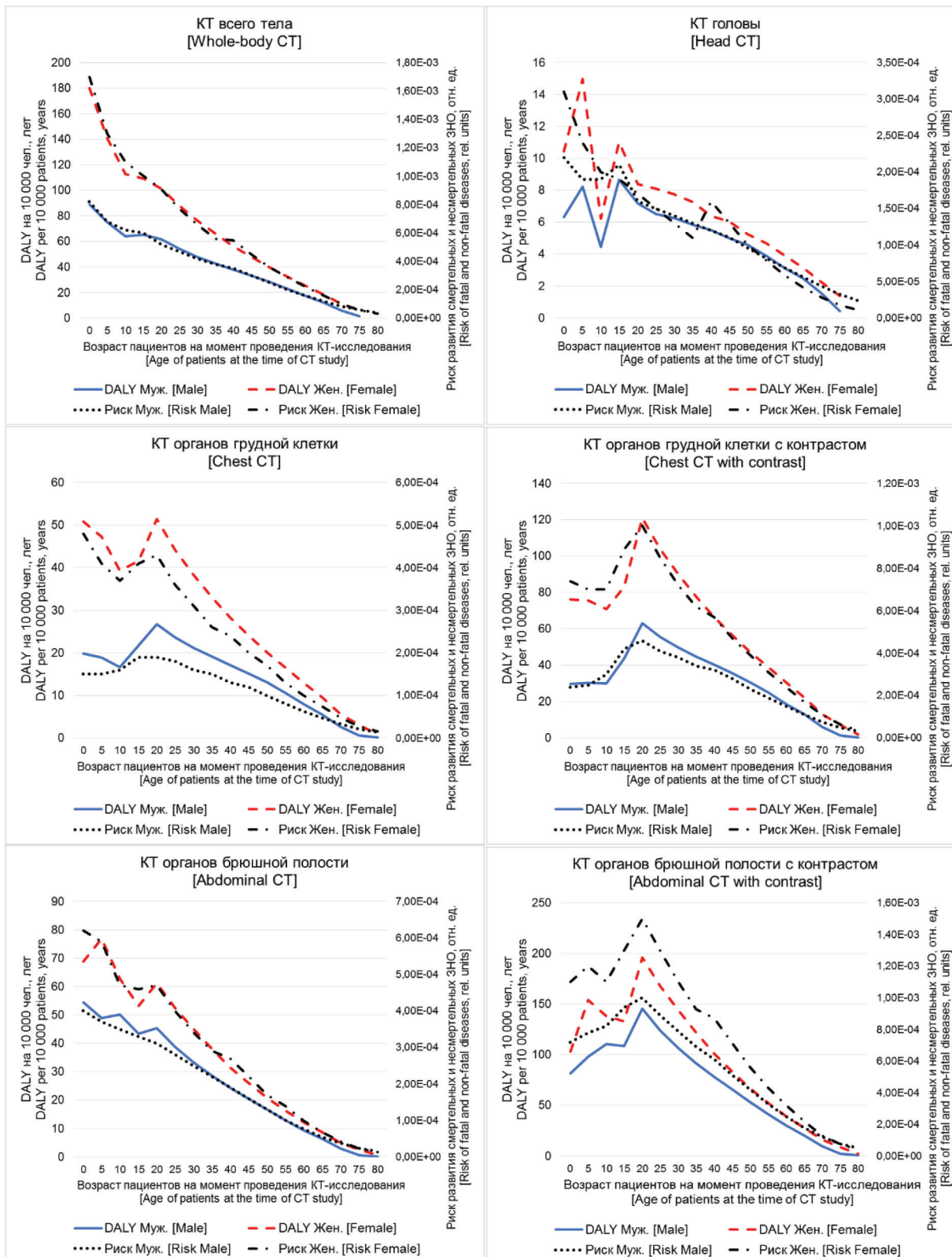


Рис. 2. Сопоставление возрастных распределений рисков, представленных в MR 2.6.1.0215–20, и показателей DALY, полученных в настоящей работе, для различных КТ-исследований

[Fig 2. Comparison of age-specific risk distributions presented in MR 2.6.1.0215-20 and DALY values obtained in this study for different CT examinations]

в настоящее время, и существенно расширить информативность оценки и характеристики радиационных рисков для здоровья.

Заключение

Развитие методологии оценки радиационных рисков является одним из приоритетных научно-практических направлений в области обеспечения радиационной безопасности населения. Повсеместное внедрение современных методов медицинской диагностики и лечения с использованием ионизирующих излучений, а также значительный вклад медицинского облучения в годовую коллективную дозу облучения населения Российской Федерации придают особую важность корректной оценке рисков для здоровья, связанных с воздействием данного фактора риска.

Однако особенность медицинского облучения и его отличие от природного и техногенного облучения заключаются в преднамеренном облучении пациентов для получения необходимой диагностической информации и/или лечения выявленных заболеваний. В связи с этим важную роль играет развитие практических подходов к реализации принципа обоснования при медицинском облучении, т.е. разработка практических подходов к сопоставлению ожидаемой пользы и потенциального вреда, связанных с назначением медицинских лучевых исследований и процедур.

Разрабатываемый авторами работы подход заключается в использовании показателя DALY, т.е. потерянного числа лет здоровой полноценной жизни, для расчета вредных последствий медицинского облучения и пользы от его использования, состоящей в предотвращаемых негативных для здоровья последствиях диагностируемого или диагностированного заболевания. Также показатель DALY может служить основой для соотношения радиационных и нерадиационных рисков, связанных с медицинскими рентгенорадиологическими исследованиями и процедурами.

Сведения о личном вкладе авторов в работу над статьей

Репин Л.В. разработал дизайн исследования, определил цели и задачи, осуществлял расчеты значений показателя радиационного ущерба, написал черновик рукописи.

Ахматдинов Р.Р. провел поиск и анализ литературных данных, создал иллюстрации, редактировал промежуточный вариант рукописи

Библин А.М. провел поиск и анализ литературных данных, редактировал промежуточный вариант рукописи, подготовил окончательный вариант рукописи

Водоватов А.В. осуществлял общее руководство исследованием, редактировал промежуточный вариант рукописи

Чипига Л.А. анализировала дозы облучения при КТ-исследованиях

Шацкий И.Г. анализировал дозы облучения при КТ-исследованиях

Информация о конфликте интересов

Авторы статьи заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Сведения об источнике финансирования

Исследование не имело спонсорской поддержки. Статья подготовлена в рамках выполнения НИР «Разработка и научное обоснование прикладных методов оценки радиационных рисков для здоровья населения при различных ситуациях и сценариях облучения на основе современных подходов к оценке радиационного ущерба».

Литература

1. Публикация 60 МКРЗ, часть 1, 61 МКРЗ. Рекомендации Международной комиссии по радиологической защите 1990 года. Пределы годового поступления радионуклидов в организм работающих, основанные на рекомендациях 1990 года / пер. с англ. Т.Д. Кузьминой; под ред. И.Б. Кеирим-Маркуса. М.: Энергоатомиздат, 1994. 192 с.
2. The 2007 Recommendations of the International Commission on Radiological Protection. ICRP Publication 103 // *Annals of the ICRP*. 2007. Vol. 37, No 2-4. 332 p.
3. Radiation detriment calculation methodology. ICRP Publication 152 // *Annals of the ICRP*. 2022. Vol. 51, No 3. 103 p.
4. Use of dose quantities in radiological protection. ICRP Publication 147 // *Annals of the ICRP*. 2021. Vol. 50, No 1. 103 p.
5. Harrison J., Haylock R., Jansen J.T.M., et al. Effective doses and risks from medical diagnostic x-ray examinations for male and female patients from childhood to old age // *Journal of Radiological Protection*. 2023. Vol. 43, № 1, 011518. <https://doi.org/10.1088/1361-6498/acbda7>.
6. Андерссон М., Эккерман К., Павел Д., и др. Улучшенные модели оценки радиационного риска для отдельных когорт пациентов в Швеции. // *Радиационная гигиена*. 2019. Т. 12, № 2. С. 44–54. <https://doi.org/10.21514/1998-426X-2019-12-2-44-54>.
7. Mattsson S. Need for individual cancer risk estimates in x-ray and nuclear medicine imaging // *Radiation Protection Dosimetry*. 2016. Vol. 169, № 1-4. P. 11–16. <https://doi.org/10.1093/rpd/ncw034>.
8. Голиков В.Ю., Водоватов А.В., Чипига Л.А., Шацкий И.Г. Оценка радиационного риска у пациентов при проведении медицинских исследований в Российской Федерации // *Радиационная гигиена*. 2021. Т. 14, № 3. С. 56–68. <https://doi.org/10.21514/1998-426X-2021-14-3-56-68>.
9. Репин Л.В., Ахматдинов Р.Р., Библин А.М., Репин В.С. О гармонизации показателей радиационного риска для здоровья и риска от воздействия иных вредных факторов на основе оценки числа потерянных лет здоровой жизни // *Анализ риска здоровью*. 2022. № 1. С. 170–183. <https://doi.org/10.21668/health.risk/2022.1.18>.
10. Chen A., Jacobsen K.H., Deshmukh A.A., Cantor S.B. The evolution of the disability-adjusted life year (DALY) // *Socio-Economic Planning Sciences*. 2015. Vol. 49. P. 10–15. <https://doi.org/10.1016/j.seps.2014.12.002>.
11. Jepsen P., Younossi Z.M. The global burden of cirrhosis: A review of disability-adjusted life-years lost and unmet needs // *Journal of Hepatology*. 2021. Vol. 75. P. S3–S13. <https://doi.org/10.1016/j.jhep.2020.11.042>.
12. Gianino M.M., Savatteri A., Politano G., et al. Burden of COVID-19: Disability-Adjusted Life Years (DALYs) across 16 European countries // *European Review for Medical & Pharmacological Sciences*. 2021. Vol. 25, № 17. P. 5529–5541. https://doi.org/10.26355/eurrev_202109_26665.
13. Vaillant L., Maitre M., Lafranque E., et al. Proposal of a quantitative approach integrating radioactive and chemical risks // *Radioprotection*. 2023. Vol. 58, № 2. P. 147–155. <https://doi.org/10.1051/radiopro/2023012>.

14. Репин Л.В. Оценка радиационного ущерба для здоровья: о возможности использования эффективной дозы для расчета числа потерянных лет здоровой жизни // *Радиационная гигиена*. 2023. Т. 16, № 1. С. 52–65. <https://doi.org/10.21514/1998-426X-2023-16-1-52-65>.
15. Shimada K., Kai M. Calculating disability-adjusted life years (DALY) as a measure of excess cancer risk following radiation exposure // *Journal of Radiological Protection*. 2015. Vol. 35, № 4. P. 763–775. <https://doi.org/10.1088/0952-4746/35/4/763>.
16. Репин Л.В., Ахматдинов Р.Р., Библин А.М. Расчет числа потерянных лет здоровой жизни вследствие воздействия ионизирующего излучения на население Российской Федерации // *Medline.ru*. Российский биомедицинский журнал. 2023. Т. 24. С. 448–460.
17. NCICT: NCI dosimetry system for Computed Tomography. URL: <https://dceg.cancer.gov/tools/radiation-dosimetry-tools/computed-tomography> (Дата обращения: 20.07.2023).
18. Злокачественные новообразования в России в 2018 году (заболеваемость и смертность) / под ред. А.Д. Каприна, В.В. Старинского, Г.В. Петровой. М.: МНИОИ им. П.А. Герцена – филиал ФГБУ «НМИЦ радиологии» Минздрава России, 2019. 250 с.

Поступила: 17.07.2023 г.

Репин Леонид Викторович – младший научный сотрудник информационно-аналитического центра Санкт-Петербургского научно-исследовательского института радиационной гигиены имени профессора П.В. Рамзаева Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека. **Адрес для переписки:** 197101, Россия, Санкт-Петербург, ул. Мира, д. 8; E-mail: l.repin@niirg.ru

ORCID: 0000-0002-4857-6792

Ахматдинов Рустам Расимович – ведущий инженер-исследователь Информационно-аналитического центра Санкт-Петербургского научно-исследовательского института радиационной гигиены имени профессора П.В. Рамзаева Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека, Санкт-Петербург, Россия

ORCID: 0000-0002-4151-5380

Библин Артем Михайлович – старший научный сотрудник, руководитель Информационно-аналитического центра Санкт-Петербургского научно-исследовательского института радиационной гигиены имени профессора П.В. Рамзаева Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека, Санкт-Петербург, Россия

ORCID: 0000-0002-3139-2479

Водоватов Александр Валерьевич – кандидат биологических наук, ведущий научный сотрудник, заведующий лабораторией радиационной гигиены медицинских организаций, Санкт-Петербургский научно-исследовательский институт радиационной гигиены имени профессора П.В. Рамзаева, Федеральная служба по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека, доцент кафедры общей гигиены, Санкт-Петербургский государственный педиатрический медицинский университет, Санкт-Петербург, Россия

ORCID: 0000-0002-5191-7535

Чипига Лариса Александровна – кандидат технических наук, научный сотрудник лаборатории радиационной гигиены медицинских организаций Санкт-Петербургского научно-исследовательского института радиационной гигиены имени профессора П.В. Рамзаева; научный сотрудник Российского научного центра радиологии и хирургических технологий имени академика А.М. Гранова Минздрава России; доцент кафедры ядерной медицины и радиационных технологий Национального медицинского исследовательского центра им. В.А. Алмазова Минздрава России, Санкт-Петербург, Россия

ORCID: 0000-0001-9153-3061

Шацкий Илья Геннадьевич – научный сотрудник, лаборатория радиационной гигиены медицинских организаций, Санкт-Петербургский научно-исследовательский институт радиационной гигиены имени профессора П.В. Рамзаева, Федеральная служба по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека, Санкт-Петербург, Россия

ORCID: 0000-0003-2809-0223

Для цитирования: Репин Л.В., Ахматдинов Р.Р., Библин А.М., Водоватов А.В., Чипига Л.А., Шацкий И.Г. Характеристика радиационного риска, связанного с проведением компьютерной томографии для российских пациентов, путем оценки числа потерянных лет здоровой жизни // *Радиационная гигиена*. 2023. Т. 16, № 3. С. 37–45. DOI: 10.21514/1998-426X-2023-16-3-37-45

Characterization of radiation risk associated with computed tomography for the Russian patients using disability-adjusted life years measure

Leonid V. Repin¹, Rustam R. Akhmatdinov¹, Artem M. Biblin¹, Aleksandr V. Vodovatov^{1,2}, Larisa A. Chipiga^{1,3,4}, Ilya G. Shatskiy¹

¹ Saint-Petersburg Research Institute of Radiation Hygiene after Professor P.V. Ramzaev, Federal Service for Surveillance on Consumer Rights Protection and Human Wellbeing, Saint-Petersburg, Russia

² Saint-Petersburg State Pediatric Medical University, Saint-Petersburg, Russia

³ A. Granov Russian Scientific Center of Radiology and Surgical Technologies of the Ministry of Health of the Russian Federation, Saint-Petersburg, Russia

⁴ Almazov National Medical Research Centre of the Ministry of Health of the Russian Federation, Saint-Petersburg, Russia

Radiation risks assessment in medical exposure of patients is one of the mandatory steps in justifying the medical radiological examinations. The main objectives of such assessment are the need for benefit-harm analysis, when prescribing a study, and informing patients or their legal representatives about the radiation risk associated with the recommended examination. The traditional approach to radiation risk assessment is the use of measures based on lifetime morbidity and/or mortality due to radiation exposure in risk characterization. However, the development of the methodology of population health assessment and the need to harmonize the methodology of radiation risk assessment with risks from exposure to factors of other nature imply the use of more informative generalized health indicators in the assessment of exposure to harmful environmental factors. The aim of actual work was to apply the developed methodology of radiation detriment assessment to characterize the risk by calculating DALY (number of years of healthy full life lost due to exposure to ionizing radiation) values for different sex and age groups of Russian patients undergoing computed tomography. To achieve this goal, the previously developed method of estimating the number of years of healthy life lost due to exposure to ionizing radiation was used. Calculations were performed with the use of a specially developed computer program based on the models of the International Commission on Radiological Protection using medical and demographic data of Russian population. The article presents the results of DALY calculation for six types of computed tomographic examinations. The use of DALY to characterize risk instead of the most widely used value of radiation detriment (or lifetime risk of death, relating the harm from the reduction in the quality of life in the case of non-fatal oncological disease) is an attempt to harmonize the methodology of radiation risk assessment with the methodologies of other kind of health risks. One of the directions of calculation results usage is the development of sex- and age-dependent risk coefficients associated with medical exposure of patients. The analysis of the obtained results showed that the age distribution of risks agrees well with the data presented in the methodological recommendations MR 2.6.1.0215-20 "Assessment of radiation risk to patients in radiology examinations". It is also shown that the DALY indicator can serve as a basis for comparative assessment of obtainable and avoidable risks in the field of medical radiation exposure of patients.

Key words: radiation risk, effective dose, disability-adjusted life years, medical exposure, CT scan.

Personal contribution of authors

Repin L.V. developed design of the study, determined aims and objectives, performed calculations of radiation detriment indicator values, prepared draft of the manuscript.

Akhmatdinov Rustam R. searched and analyzed literature data, created figures, edited the draft of the manuscript.

Biblin A.M. searched and analyzed literature data, edited the draft versions of the manuscript, presented the final version of manuscript for submission.

Vodovatov A.V. provided supervision of the study, the draft versions of the manuscript.

Chipiga L.A. analyzed radiation doses from CT examinations.

Shatskiy I.G. analyzed radiation doses from CT examinations.

Conflict of interests

Authors declare the absence of conflict of interest.

Funding

The study was not supported by sponsorship. The study was performed within framework of research project "Development and scientific justification of applied methods for assessment of radiation risks to public health under different situations and exposure scenarios based on modern approaches to radiation detriment assessment".

References

1. The 1990 Recommendations of the International Commission on Radiological Protection. ICRP Publication 60. *Annals of the ICRP*. Pergamon Press. 1991;21 (1-3): 202.

Leonid V. Repin

Saint-Petersburg Research Institute of Radiation Hygiene after Professor P.V. Ramzaev

Address for correspondence: Mira Str., 8, Saint-Petersburg, 197101; Russia. E-mail: leonid_repin@mail.ru

2. The 2007 Recommendations of the International Commission on Radiological Protection. ICRP Publication 103. *Annals of the ICRP*. 2007;37(2-4): 332.
3. Radiation detriment calculation methodology. ICRP Publication 152. *Annals of the ICRP*. 2022;51(3): 103.
4. Use of dose quantities in radiological protection. ICRP Publication 147. *Annals of the ICRP*. 2021;50(1): 82 p.
5. Harrison J, Haylock R, Jansen JTM, Zhang W, Wakeford R. Effective doses and risks from medical diagnostic x-ray examinations for male and female patients from childhood to old age. *Journal of Radiological Protection*. 2023;43(1): 011518. <https://doi.org/10.1088/1361-6498/acbda7>.
6. Andersson M, Eckerman K, Pawel D, Almen A, Mattsson S. Improved radiation risk models applied to different patient groups in Sweden. *Radiatsionnaya Gygiena = Radiation Hygiene*. 2019;12(2): 44–54. <https://doi.org/10.21514/1998-426X-2019-12-2-44-54>.
7. Mattsson S. Need for individual cancer risk estimates in x-ray and nuclear medicine imaging. *Radiation Protection Dosimetry*. 2016;169(1-4): 11–16. <https://doi.org/10.1093/rpd/ncw034>.
8. Golikov VYu, Vodovatov AV, Chipiga LA, Shatskiy IG. Evaluation of radiation risk for patients undergoing medical examinations in the Russian Federation. *Radiatsionnaya Gygiena = Radiation Hygiene*. 2021;14(3): 56–68. <https://doi.org/10.21514/1998-426X-2021-14-3-56-68> (In Russian).
9. Repin LV, Akhmatdinov RR, Biblin AM, Repin VS. On harmonization of health risk indicators caused by ionizing radiation exposure and other harmful factors based on DALY estimates. *Health Risk Analysis*. 2022;1: 162–175. <https://doi.org/10.21668/health.risk/2022.1.18.eng>.
10. Chen A, Jacobsen KH, Deshmukh AA, Cantor SB. The evolution of the disability-adjusted life year (DALY). *Socio-Economic Planning Sciences*. 2015;49: 10–15. <https://doi.org/10.1016/j.seps.2014.12.002>.
11. Jepsen P, Younossi ZM. The global burden of cirrhosis: A review of disability-adjusted life-years lost and unmet needs. *Journal of Hepatology*. 2021;75: S3–S13. <https://doi.org/10.1016/j.jhep.2020.11.042>.
12. Gianino MM, Savatteri A, Politano G, Nurchis MC, Pascucci D, Damiani G. Burden of COVID-19: Disability-Adjusted Life Years (DALYs) across 16 European countries. *European Review for Medical & Pharmacological Sciences*. 2021;25(17): 5529–5541. https://doi.org/10.26355/eurrev_202109_26665.
13. Vaillant L, Maitre M, Lafranque E, Schneider T, Wasselin V. Proposal of a quantitative approach integrating radioactive and chemical risks. *Radioprotection*. 2023;58(2): 147–155. <https://doi.org/10.1051/radiopro/2023012>.
14. Repin LV. Radiation detriment estimation: on the possibility of effective dose usage to assess the number of years of healthy life lost. *Radiatsionnaya Gygiena = Radiation Hygiene*. 2023;16(1): 52–65. <https://doi.org/10.21514/1998-426X-2023-16-1-52-65> (In Russian).
15. Shimada K, Kai M. Calculating disability-adjusted life years (DALY) as a measure of excess cancer risk following radiation exposure. *Journal of Radiological Protection*. 2015;35(4): 763–775. <https://doi.org/10.1088/0952-4746/35/4/763>.
16. Repin LV, Akhmatdinov RR, Biblin AM. Calculation of healthy life years lost due to exposure to ionizing radiation for Russian population. *Medline.ru*. 2023;35: 448–460. (In Russian).
17. NCICT: NCI dosimetry system for Computed Tomography. Available from: <https://dceg.cancer.gov/tools/radiation-dosimetry-tools/computed-tomography> (Accessed 20.07.2023).
18. Malignant tumors in Russia in 2018 (morbidity and mortality). Moscow; 2019. 250 p. (In Russian).

Received: July 17, 2023

For correspondence: Leonid V. Repin – Junior Researcher, Information Analytical Center, Saint-Petersburg Research Institute of Radiation Hygiene after Professor P.V. Ramzaev, Federal Service for Surveillance on Consumer Rights Protection and Human Well-Being (Mira Str., 8, Saint-Petersburg, 197101, Russia; E-mail: l.repin@niirg.ru)

ORCID: 0000-0002-4857-6792

Rustam R. Akhmatdinov – engineer-researcher, information-analytical center, Saint-Petersburg Research Institute of Radiation Hygiene after Professor P.V. Ramzaev, Federal Service for Surveillance on Consumer Rights Protection and Human Well-Being, Saint-Petersburg, Russia

ORCID: 0000-0002-4151-5380

Artem M. Biblin – senior research fellow, head of Information-analytical center, Saint-Petersburg Research Institute of Radiation Hygiene after Professor P.V. Ramzaev, Federal Service for Surveillance on Consumer Rights Protection and Human Well-Being, Saint-Petersburg, Russia

ORCID: 0000-0002-3139-2479

Aleksandr V. Vodovatov – PhD, lead research fellow, Head of the Laboratory of radiation hygiene of medical facilities, Saint-Petersburg Research Institute of Radiation Hygiene after Professor P.V. Ramzaev, Federal Service for Surveillance on Consumer Rights Protection and Human Well-Being, docent of the Department of General Hygiene, Saint-Petersburg State Pediatric Medical University, Saint-Petersburg, Russia

ORCID: 0000-0002-5191-7535

Larisa A. Chipiga – Ph.D., research fellow, Laboratory of radiation hygiene of medical facilities, Saint-Petersburg Research Institute of Radiation Hygiene after Professor P.V. Ramzaev, Federal Service for Surveillance on Consumer Rights Protection and Human Well-Being; research fellow, Granov Russian Research Center of Radiology and Surgical Technologies; docent, Almazov National Medical Research Centre, Saint-Petersburg, Russia

ORCID: 0000-0001-9153-3061

Ilya G. Shatskiy – research fellow, Laboratory of radiation hygiene of medical facilities, Saint-Petersburg Research Institute of Radiation Hygiene after Professor P.V. Ramzaev, Federal Service for Surveillance on Consumer Rights Protection and Human Well-Being, Saint-Petersburg, Russia

ORCID: 0000-0003-2809-0223

For citation: Repin L.V., Akhmatdinov R.R., Biblin A.M., Vodovatov A.V., Chipiga L.A., Shatskiy I.G. Characterization of radiation risk associated with computed tomography for the Russian patients using disability-adjusted life years measure. *Radiatsionnaya Gygiena = Radiation Hygiene*. 2023. Vol. 16, No. 3. P. 37-45. (In Russian). DOI: 10.21514/1998-426X-2023-16-3-37-45