

Накопленные дозы пациентов при проведении КТ-исследований в российской клинической практике

Дружинина П.С.

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

В условиях современной клинической практики многократные компьютерно-томографические исследования становятся все более распространенными, что может приводить к накоплению значительных доз облучения у пациентов. Целью данного исследования являлось выявление случаев высоких накопленных эффективных доз (свыше 100 мЗв) у взрослых пациентов, проходивших компьютерно-томографические исследования в двух отделениях Ленинградского областного клинического онкологического диспансера. Материалы и методы: Работа основывалась на анализе данных об эффективных дозах пациентов, полученных из журналов регистрации компьютерно-томографических исследований за периоды 2020–2021 гг. (отделение № 1) и 2019–2021 гг. (отделение № 2). Эффективные дозы были рассчитаны на основании значений DLP с применением соответствующих коэффициентов перехода в соответствии с методическими указаниями МУ 2.6.1.3584-19. Результаты и обсуждение: Результаты показали, что в отделении № 1 1 % пациентов (18 человек) получили накопленные дозы свыше 100 мЗв, с максимальным значением в 239 мЗв. В отделении № 2 аналогичный показатель составил 0,3% (9 человек), с максимальной дозой 147 мЗв. Накопление дозы происходило как в течение длительного времени (до года), так и в течение коротких временных интервалов (менее месяца). Сопоставление полученных результатов с зарубежными данными показало, что накопленные эффективные дозы свыше 100 мЗв нередко выявляются и у неонкологических пациентов, включая пациентов моложе 40 лет. В исследуемой выборке преимущественно преобладали пациенты старше 40 лет. Обоснование и оптимизация КТ-исследований являются основными инструментами по управлению высокими накопленными эффективными дозами пациентов. Необходимо отметить важность оценки не только эффективной, но и поглощенных доз в органах при проведении многократных компьютерно-томографических исследований, особенно при планировании лучевой терапии. Заключение: Необходим системный мониторинг высоких накопленных эффективных доз пациентов в Российской Федерации, особенно для молодых пациентов.

Ключевые слова: компьютерная томография, эффективные дозы, накопленные дозы.

Введение

Нередко компьютерная томография (КТ) сопровождается высокими эффективными дозами облучения пациентов за одно исследование. По данным литературных источников эффективные дозы пациентов при проведении КТ в некоторых случаях могут превышать 100 мЗв за одно исследование [1].

В течение периода диагностики и лечения пациенты могут подвергаться проведению многократных КТ-исследований, в результате чего могут получать высокие накопленные эффективные дозы свыше 100 мЗв, а иногда и свыше 500 мЗв [2-3]. Одним из примеров данного явления может быть пациентка из г. Мальмо (Швеция), которая после 66 КТ-исследований и 138 рентгенограмм брюшной полости получила накопленную эффективную дозу около 810 мЗв [3]. Высокие накопленные эффективные дозы пациенты могут получать как в течении нескольких лет, так и за период госпитализации. При этом на данный момент неизвестно, являются ли высокие накопленные эффективные дозы широко распространенным явлением или ограничиваются отдельными клиническими случаями и небольшим числом медицинских учреждений.

По данным публикаций [4–13] область доз выше 100 мЗв уже не является областью малых доз. Согласно Публикации 103 МКРЗ [14] в этой области доз риск возникновения стохастических эффектов увеличивается вдвое на единицу дозы.

На сегодняшний день нет единого мнения о том, как следует оценивать риски пациентов, получающих накопленные эффективные дозы более 100 мЗв. При этом Национальная академия наук США [15] указывает, что следует придерживаться линейной беспороговой модели оценки риска, так как она считается более обоснованной при дозах свыше 100 мЗв. В 2018 году Национальный совет по радиационной защите и измерениям (англ. – National Council on Radiation Protection and Measurements) (NCRP) провел масштабный метаанализ исследований и пришел к выводу, что линейную беспороговую модель радиационного риска следует продолжать использовать в целях радиационной защиты [16]. Публикация [2] утверждает, что на сегодняшний день имеются данные, свидетельствующие о повышенном риске смертности от рака при эквивалентных дозах свыше 100 мЗв.

Дружинина Полина Сергеевна

Санкт-Петербургский научно-исследовательский институт радиационной гигиены имени профессора П.В. Рамзаева

Адрес для переписки: 197101, Россия, Санкт-Петербург, ул. Мира, д. 8; E-mail: druzhininapauline@gmail.com

Согласно пункту 7.10 СанПиН 2.6.1.1192-03¹ «при достижении накопленной дозы медицинского диагностического облучения пациента 500 мЗв должны быть приняты меры по дальнейшему ограничению его облучения, если лучевые процедуры не диктуются жизненными показаниями».

Проведение многократных КТ-исследований предположительно наиболее характерно для пациентов с обширными травмами, с различными хроническими заболеваниями, со злокачественными новообразованиями и др. [17, 18–23]. Пациенты со злокачественными новообразованиями могут дополнительно подвергаться повторным КТ-сканированиям при планировании лучевой терапии [24–26]. Ряд зарубежных исследований отмечают важность учета поглощенных доз в органах при многократных диагностических КТ-исследованиях для дальнейшего планирования лучевой терапии [27–32].

В Российской Федерации мониторинг накопленных доз пациентов отсутствует. Учет накопленных доз еще затрудняется тем, что пациенты часто проходят КТ-исследования не в одной медицинской организации. На сегодняшний день для Российской Федерации остаются актуальными вопросы о том, насколько в отечественной медицинской практике распространены высокие накопленные дозы при проведении КТ-исследований, необходимо ли эти накопленные дозы контролировать и если да, то при каких патологиях и в каких возрастных группах пациентов.

Цель исследования – выявление высоких накопленных эффективных доз (свыше 100 мЗв) взрослых пациентов, проходивших КТ-исследования, в двух отделениях Ленинградского областного клинического онкологического диспансера (ЛОКОД).

Материалы и методы

В данной работе под высокими накопленными эффективными дозами подразумеваются дозы более 100 мЗв.

Исследование проведено на базе двух отделений Ленинградского областного клинического онкологического диспансера, расположенных на Литейном проспекте

г. Санкт-Петербурга (отделение № 1) и в поселке Кузьмолло Ленинградской области (отделение № 2). В обоих КТ-отделениях были проанализированы журналы регистрации доз пациентов, содержащие в себе информацию об индивидуальных эффективных дозах пациентов, проходивших КТ-исследования. В отделении № 1 были проанализированы данные за временной промежуток с начала 2020 года по конец 2021 года. За этот период в данном КТ-отделении было проведено 2328 КТ-исследований 2065 пациентам. В отделении № 2 были проанализированы данные за временной промежуток с конца 2019 года по начало 2021 года. За этот период в данном КТ-отделении было проведено 3668 КТ-исследований 3334 пациентам. Из данных дозового отчета каждого проведенного КТ-исследования была получена информация о величине произведения дозы на длину сканирования (DLP). Далее были рассчитаны индивидуальные эффективные дозы за одно КТ-исследование для каждого пациента с использованием коэффициентов перехода от значений DLP к эффективной дозе согласно методике, представленной в МУ 2.6.1. 3584-19 «Изменения в МУ 2.6.1.2944-19 «Контроль эффективных доз облучения пациентов при проведении медицинских рентгенологических исследований»².

Для определения накопленных эффективных доз были выявлены пациенты, проходившие более одного КТ-исследования за исследуемый период. Накопленная эффективная доза определялась, как сумма эффективных доз за все КТ-исследования, которые проходил пациент за исследуемый период.

Результаты

В отделении № 1 среди всех пациентов, прошедших КТ-исследования, были выявлены 18 пациентов (1 % от числа всех пациентов), получивших накопленную эффективную дозу более 100 мЗв за исследованный период. Накопленные эффективные дозы (более 100 мЗв) для этих пациентов, представлены в таблице 1.

Таблица 1

Накопленные эффективные дозы (свыше 100 мЗв) пациентов, проходивших КТ-исследования в отделении № 1 с 2020 по 2021 год

[Table 1]

Patients' cumulative effective doses (more than 100 mSv) during CT-examinations in medical department No. 1 from 2020 to 2021

Временной промежуток [Time interval]	Пациент [Patient]	Возраст [Age]	КТ-исследование [CT-examination]	Эфф. доза, мЗв [Effective dose, mSv]	Накоп. доза, мЗв [Cumulative dose, mSv]
Август 2020-март 2021 [August 2020-March 2021]	П1 [P1]	62	Грудная клетка+брюшная полость [Chest+abdomen]	40	159
			Брюшная полость+таз [Abdomen+pelvis]	22,6	
			Брюшная полость [Abdomen]	20,2	
			Брюшная полость [Abdomen]	18,6	
			Грудная клетка+брюшная полость [Chest+abdomen]	56,7	

¹ Постановление Главного государственного санитарного врача РФ от 18.02.2003 N 8 «О введении в действие СанПиН 2.6.1.1192-03» (вместе с СанПиН 2.6.1.1192-03. 2.6.1. «Ионизирующее излучение, радиационная безопасность. Гигиенические требования к устройству и эксплуатации рентгеновских кабинетов, аппаратов и проведению рентгенологических исследований. Санитарные правила и нормативы», утв. Главным государственным санитарным врачом РФ 14.02.2003) (Зарегистрировано в Минюсте РФ 19.03.2003 N 4282) [SanPiN 2.6.1.1193-03 "Hygienic requirements on the contents and use of the X-ray rooms, X-ray units and conduction of the X-ray examinations. Sanitary rules and norms". Approved by the Chief State sanitary doctor of the Russian Federation 14.02.2003. Registered in the Ministry of Justice of the Russian Federation 19.03.2003 N 4282 (In Russ.)].

² МУ 2.6.1. 3584-19 «Изменения в МУ 2.6.1.2944-19 «Контроль эффективных доз облучения пациентов при проведении медицинских рентгенологических исследований» [MU 2.6.1. 3584-19 "Amendments to MU 2.6.1.2944-19 "Control of effective doses of radiation to patients during medical X-ray examinations"(In Russ.)].

Краткие сообщения

Продолжение таблицы 1

Временной промежуток [Time interval]	Пациент [Patient]	Возраст [Age]	КТ-исследование [CT-examination]	Эфф. доза, мЗв [Effective dose, mSv]	Накоп. доза, мЗв [Cumulative dose, mSv]
Октябрь 2020-апрель 2021 [October 2020 – April 2021]	П2 [P2]	69	Грудная клетка+брюшная полость [Chest+abdomen]	25,8	104
			Грудная клетка+брюшная полость [Chest+abdomen]	16,2	
			Грудная клетка+брюшная полость [Chest+abdomen]	28,8	
			Грудная клетка+брюшная полость [Chest+abdomen]	32,7	
Февраль-апрель 2021 [February-April 2021]	П3 [P3]	62	Грудная клетка+брюшная полость [Chest+abdomen]	29,9	174
			Грудная клетка+брюшная полость [Chest+abdomen]	28,4	
			Грудная клетка+брюшная по- лость+таз [Chest+abdomen+pelvis]	39,6	
			Грудная клетка+брюшная по- лость+таз [Chest+abdomen+pelvis]	42,4	
			Грудная клетка+брюшная по- лость+таз [Chest+abdomen+pelvis]	33,3	
Август-декабрь 2020 [August-December 2020]	П4 [P4]	67	Грудная клетка [Chest]	17,2	122
			Грудная клетка+брюшная полость [Chest+abdomen]	62,9	
			Грудная клетка+брюшная полость [Chest+abdomen]	28,1	
			Грудная клетка+брюшная полость [Chest+abdomen]	13,8	
Сентябрь 2020-март 2021 [September 2020-March 2021]	П5 [P5]	70	Грудная клетка+брюшная полость [Chest+abdomen]	27,2	143
			Грудная клетка+брюшная полость [Chest+abdomen]	17,8	
			Грудная клетка+брюшная полость [Chest+abdomen]	27,8	
			Брюшная полость+таз [Abdomen+pelvis]	31,4	
			Грудная клетка+брюшная по- лость+таз [Chest+abdomen+pelvis]	39	
Март 2020-март 2021 [March 2020-March 2021]	П6 [P6]	47	Грудная клетка+брюшная по- лость+таз [Chest+abdomen+pelvis]	52,6	116
			Грудная клетка+брюшная по- лость+таз [Chest+abdomen+pelvis]	62,9	
Февраль-март 2021 [February-March 2021]	П7 [P7]	76	Грудная клетка+брюшная полость [Chest+abdomen]	47,7	181
			Грудная клетка+брюшная по- лость+таз [Chest+abdomen+pelvis]	45,6	
			Головной мозг+грудная клетка+брюшная полость+таз [Brain+chest+abdomen+pelvis]	88,1	
Январь-февраль 2021 [January-February 2021]	П8 [P8]	72	Грудная клетка+брюшная полость [Chest+abdomen]	13,8	119
			Головной мозг+грудная клетка+брюшная полость+таз [Brain+chest+abdomen+pelvis]	104,8	

Brief reports

Продолжение таблицы 1

Временной промежуток [Time interval]	Пациент [Patient]	Возраст [Age]	КТ-исследование [CT-examination]	Эфф. доза, мЗв [Effective dose, mSv]	Накоп. доза, мЗв [Cumulative dose, mSv]
Апрель 2021 [April 2021]	П9 [P9]	71	Грудная клетка+брюшная полость [Chest+abdomen]	56,5	133
			Грудная клетка+брюшная полость [Chest+abdomen]	76,6	
Октябрь-декабрь 2021 [October-December 2021]	П10 [P10]	60	Грудная клетка+брюшная полость [Chest+abdomen]	39,8	239
			Грудная клетка+брюшная полость [Chest+abdomen]	55	
			Грудная клетка+брюшная полость+таз [Chest+abdomen+pelvis]	74	
			Брюшная полость [Abdomen]	18	
			Грудная клетка+брюшная полость+таз [Chest+abdomen+pelvis]	52,4	
			Грудная клетка+брюшная полость [Chest+abdomen]	78,6	
Март-апрель 2021 [March-April 2021]	П11 [P11]	60	Грудная клетка+брюшная полость+таз [Chest+abdomen+pelvis]	29,5	202
			Грудная клетка+брюшная полость+таз [Chest+abdomen+pelvis]	93,6	
			Головной мозг+грудная клетка+брюшная полость+таз [Brain+chest+abdomen+pelvis]	39,2	
Сентябрь 2020-март 2021 [September 2020-March 2021]	П12 [P12]	60	Грудная клетка+брюшная полость+таз [Chest+abdomen+pelvis]	17,7	189
			Грудная клетка+брюшная полость+таз [Chest+abdomen+pelvis]	17,8	
			Грудная клетка+брюшная полость+таз [Chest+abdomen+pelvis]	44,3	
			Головной мозг+грудная клетка+брюшная полость+таз [Brain+chest+abdomen+pelvis]	69,7	
			Грудная клетка+брюшная полость+таз [Chest+abdomen+pelvis]	17,1	
Февраль-апрель 2021 [February-April 2021]	П13 [P13]	67	Грудная клетка+брюшная полость+таз [Chest+abdomen+pelvis]	25,9	130
			Брюшная полость+таз [Abdomen+pelvis]	15,6	
			Брюшная полость+таз [Abdomen+pelvis]	15	
			Грудная клетка+брюшная полость+таз [Chest+abdomen+pelvis]	49,1	
			Брюшная полость	7,5	
			Головной мозг+грудная клетка+брюшная полость [Brain+chest+abdomen+pelvis]	102,3	
Март 2021 [March 2021]	П14 [P14]	75	Грудная клетка+брюшная полость [Chest+abdomen]	48,2	151

Краткие сообщения

Окончание таблицы 1

Временной промежуток [Time interval]	Пациент [Patient]	Возраст [Age]	КТ-исследование [CT-examination]	Эфф. доза, мЗв [Effective dose, mSv]	Накоп. доза, мЗв [Cumulative dose, mSv]
Март-апрель 2021 [March-April 2021]	П15 [P15]	64	Грудная клетка+брюшная полость [Chest+abdomen]	22,5	106
			Брюшная полость+таз [Abdomen+pelvis]	40,9	
			Грудная клетка+брюшная полость+таз [Chest+abdomen+pelvis]	42,4	
Декабрь 2020-март 2021 [December 2020-March 2021]	П16 [P16]	59	Грудная клетка+брюшная полость+таз [Chest+abdomen+pelvis]	34,8	112
			Грудная клетка+брюшная полость+таз [Chest+abdomen+pelvis]	38,1	
			Грудная клетка+брюшная полость [Chest+abdomen]	38,8	
Март 2020-март 2021 [March 2020-March 2021]	П17 [P17]	64	Грудная клетка+брюшная полость [Chest+abdomen]	56,3	195
			Грудная клетка+брюшная полость+таз [Chest+abdomen+pelvis]	9,1	
			Головной мозг+грудная клетка+брюшная полость+таз [Brain+chest+abdomen+pelvis]	130	
Ноябрь 2020-март 2021 [November 2020-March 2021]	П18 [P18]	60	Грудная клетка+брюшная полость [Chest+abdomen]	58,7	143
			Грудная клетка+брюшная полость [Chest+abdomen]	84,3	

В отделении № 2 среди всех пациентов, прошедших КТ-исследования, были выявлены 9 пациентов (0,3 % от числа всех пациентов), получивших накопленную эффективную

дозу более 100 мЗв за исследованный период. Накопленные эффективные дозы (свыше 100 мЗв) для этих пациентов, представлены в таблице 2.

Таблица 2

Накопленные эффективные дозы (свыше 100 мЗв) пациентов, проходивших КТ-исследования в отделении №2 с конца 2019 по начало 2021 гг.

[Table 2]

Patients' cumulative effective doses (more than 100 mSv) during CT-examinations in medical department No. 2 from the end of 2019 to the beginning of 2021]

Временной промежуток [Time interval]	Пациент [Patient]	Возраст [Age]	КТ-исследование [CT-examination]	Эфф. доза, мЗв [Effective dose, mSv]	Накоп. доза, мЗв [Cumulative dose, mSv]
Ноябрь 2019-июль 2020 [November 2019 – July 2020]	П1 [P1]	70	Грудная клетка+брюшная полость+таз [Chest+abdomen+pelvis]	32,1	119
			Брюшная полость [Abdomen]	23,1	
			Грудная клетка + брюшная полость [Chest+abdomen]	32,1	
			Грудная клетка+брюшная полость+таз [Chest+abdomen+pelvis]	32,1	
Январь-март 2020 [January-March 2020]	П2 [2]	64	Таз [Pelvis]	15,9	147
			Брюшная полость + таз [Abdomen+pelvis]	12,1	
			Грудная клетка + брюшная полость + таз [Chest+abdomen+pelvis]	30,2	
			Таз [Pelvis]	15,1	
			Таз [Pelvis]	23,2	
			Брюшная полость + таз [Abdomen+pelvis]	28,1	
			Таз	22,2	

Brief reports

Окончание таблицы 2

Временной промежуток [Time interval]	Паци- ент [Patient]	Воз- раст [Age]	КТ-исследование [CT-examination]	Эфф. доза, мЗв [Effective dose, mSv]	Накоп. доза, мЗв [Cumulative dose, mSv]
Декабрь 2019-январь 2021 [December 2019 – January 2021]	П3 [P3]	69	Грудная клетка+брюшная полость [Chest+abdomen]	29,7	119
			Грудная клетка+брюшная полость [Chest+abdomen]	28,1	
			Грудная клетка + брюшная полость + таз [Chest+abdomen+pelvis]	37,8	
			Грудная клетка+брюшная полость [Chest+abdomen]	23,5	
Февраль 2020-январь 2021 [February 2020 – January 2021]	П4 [P4]	63	Грудная клетка + брюшная полость [Chest+abdomen]	28,1	141
			Грудная клетка+брюшная полость [Chest+abdomen]	28,1	
			Грудная клетка + брюшная полость [Chest+abdomen]	60	
			Грудная клетка+брюшная полость [Chest+abdomen]	24,5	
Декабрь 2019-декабрь 2020 [December 2019-December 2020]	П5 [P5]	34	Шея+грудная клетка+брюшная полость [Neck+chest+abdomen]	30,2	123
			Шея + грудная клетка + брюшная полость [Neck+chest+abdomen]	29,8	
			Шея + Грудная клетка + брюшная полость [Neck+chest+abdomen]	32,6	
			Шея+грудная клетка+брюшная полость [Neck+chest+abdomen]	30,1	
Январь 2020-февраль 2021 [January 2020 – February 2021]	П6 [P6]	62	Грудная клетка + брюшная полость [Chest+abdomen]	21,8	111
			Грудная клетка+брюшная полость [Chest+abdomen]	28,1	
			Грудная клетка + брюшная полость [Chest+abdomen]	28,9	
			Грудная клетка+брюшная полость+таз [Chest+abdomen+pelvis]	32,3	
Декабрь 2020-февраль 2021 [December 2020 – February 2021]	П7 [P7]	63	Грудная клетка + брюшная полость + таз [Chest+abdomen+pelvis]	30,4	117
			Брюшная полость+таз [Abdomen+pelvis]	24,8	
			Грудная клетка+брюшная полость [Chest+abdomen]	21,8	
			Брюшная полость [Abdomen]	19,8	
			Брюшная полость [Abdomen]	19,8	
Декабрь 2019-июнь 2020 [December 2019 – June 2020]	П8 [P8]	40	Грудная клетка+брюшная полость+таз [Chest+abdomen+pelvis]	33,1	130
			Грудная клетка + брюшная полость + таз [Chest+abdomen+pelvis]	32,1	
			Грудная клетка + брюшная полость [Chest+abdomen]	32,3	
			Грудная клетка+брюшная полость [Chest+abdomen]	32,1	
Декабрь 2019-декабрь 2020 [December 2019-December 2020]	П9 [P9]	65	Грудная клетка+брюшная полость+таз [Chest+abdomen+pelvis]	32,3	126
			Грудная клетка + брюшная полость + таз [Chest+abdomen+pelvis]	32,1	
			Грудная клетка + брюшная полость + таз [Chest+abdomen+pelvis]	31,9	
			Грудная клетка + брюшная полость [Chest+abdomen]	29,8	

Обсуждение

В двух отделениях ЛОКОД были выявлены пациенты, получившие накопленную эффективную дозу свыше 100 мЗв. Максимальная выявленная доза составила 239 мЗв у пациента, которому было проведено 5 КТ-исследований в течение трех месяцев.

Все пациенты получили высокие накопленные эффективные дозы в разные временные промежутки: некоторые пациенты получили за один месяц, у некоторых накопленная эффективная доза была получена за год. В отделении № 1 два пациента получили накопленные дозы 133 мЗв и 151 мЗв в течение одного месяца, 4 пациента получили накопленные дозы 181 мЗв, 119 мЗв, 202 мЗв и 106 мЗв в течение двух месяцев, три пациента получили накопленные дозы 174 мЗв, 239 мЗв и 130 мЗв в течение трех месяцев. В отделении № 2 один пациент получил накопленную дозу 119 мЗв в течение двух месяцев, два пациента получили накопленные дозы 147 мЗв и 117 мЗв в течение трех месяцев.

Высокие накопленные эффективные дозы наблюдаются и в зарубежных странах. По результатам исследования [33] было выявлено 8952 пациентов, каждому из которых в течение 5 лет в среднем было проведено по 19 КТ (максимум — 109 КТ). Это привело к накопленным эффективным дозам для этих пациентов в диапазоне от 100 до 1185 мЗв. В исследованиях [34–35] отмечается, что многократные КТ-исследования с накопленной дозой более 100 мЗв не являются редкостью, и пациенты могут получить такую дозу всего за один день.

Результаты зарубежного исследования [34] показали, что значительная часть пациентов, которые получили накопленные эффективные дозы свыше 100 мЗв, являлись пациентами с незлокачественными новообразованиями и попадали в возрастную группу до 40 лет. В текущем исследовании в отделениях ЛОКОД высокие накопленные дозы, в основном, получили пациенты старше 40 лет. При этом было выявлено два человека, кто попал в возрастную категорию моложе 40 лет.

В исследовании [17] отмечается, что в мире насчитывается около 0,9 миллиона пациентов, которые получили эффективную дозу свыше 100 мЗв и у которых имеются доказательства повышения риска развития рака. Большинство из этих пациентов — тяжелобольные пожилые люди. Из всех пациентов, которые получили эффективную дозу свыше 100 мЗв, примерно каждый пятый пациент был моложе 50 лет [17].

Вопрос необходимости учета и контроля высоких накопленных эффективных доз пациентов является непростым. Для пациентов с тяжелыми патологиями актуальность контроля накопленных эффективных доз снижается, так как на первый план выходит необходимость «здесь и сейчас» провести качественную диагностику. Для пожилых пациентов высокие накопленные эффективные дозы могут не иметь последствий за счет небольшого срока дожития. Учет и оценка накопленных эффективных доз в первую очередь необходимы для молодых пациентов (особенно детей) за счет высокого срока дожития и высоких шансов на выздоровление. Также важно учитывать накопленные поглощенные и эффективные дозы, которые пациенты получают при КТ с целью планирования лучевой терапии для предотвращения развития тканевых реакций, а также для максимально возможного снижения риска негативных последствий облучения в будущем.

На данный момент в Российской Федерации контроль за накопленными эффективными дозами пациентов невозможен в виду многих причин. Однако этими высокими накопленными эффективными дозами можно попытаться управлять. Наилучшими инструментами для этого являются четкое обоснование проведения КТ-исследований и их оптимизация.

Необходимо отметить, что несмотря на то, что в Российской Федерации на сегодняшний день основной мерой облучения пациентов является эффективная доза, в вопросе накопленных эффективных доз первостепенную роль играют накопленные поглощенные дозы в органах, так как с их помощью можно проводить количественную оценку риска. Поэтому для пациентов, которые получают высокие накопленные дозы, немаловажно проводить реконструкцию поглощенных доз.

Заключение

1. В Российской Федерации, как и в зарубежных странах, могут встречаться высокие накопленные эффективные дозы пациентов. Несмотря на то, что данное исследование было проведено на базе только одного онкологического диспансера, существование высоких накопленных эффективных доз пациентов в России неоспоримо и требует более тщательного изучения.

2. Несмотря на то, что на данный момент отсутствует единая методика оценки риска пациентов, получающих накопленные эффективные дозы свыше 100 мЗв, пациентов, получающих высокие накопленные эффективные дозы, необходимо выявлять. Особенно это касается молодых пациентов (в том числе детей), так как для них риск развития вторичных раков выше за счет большего срока дожития.

3. Необходимо выявлять высокие накопленные эффективные дозы пациентов для реконструкции поглощенных доз, которые необходимо учитывать при планировании дальнейшей лучевой терапии онкобольных.

Информация о конфликте интересов

Авторы декларируют отсутствие конфликтов интересов.

Сведения об источнике финансирования

Исследование не имело спонсорской поддержки.

Литература

1. Chipiga L., Bernhardsson C. Patient doses in computed tomography examinations in two regions of the Russian Federation // *Radiation Protection Dosimetry*. 2016. Vol. 169, № 1-4. P. 240-244. DOI: 10.1093/rpd/ncv516.
2. Brambilla M., Vassileva J., Kuchcinska A. et al. Multinational data on cumulative radiation exposure of patients from recurrent radiological procedures: call for action // *European Radiology*. 2020. Vol. 30, № 5. P. 2493-2501. DOI: 10.1007/s00330-019-06528-7.
3. 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. DOI: 10.1093/rpd/ncw034.
4. Vassileva J., Holmberg O. Radiation protection perspective to recurrent medical imaging: what is known and what more is needed? // *The British Journal of Radiology*. 2021. Vol. 94, № 1126. DOI: 10.1259/bjr.20210477.
5. Averbeck D., Salomaa S., Bouffler S. et al. Progress in low dose health risk research // *Mutation Research/Reviews in Mutation Research*. 2018. Vol. 776. P. 46-69. DOI: 10.1016/j.mrrev.2018.04.001.
6. Dauer L., Brooks A., Hoel D. et al. Review and evaluation of updated research on the health effects associated with low-dose ionising radiation // *Radiation Protection Dosimetry*. 2010. Vol. 140, № 2. P. 103-136. DOI: 10.1093/rpd/ncq141.
7. Hamada N., Azizova T., Little M. An update on effects of ionizing radiation exposure on the eye // *The British Journal of Radiology*. 2020. Vol. 93, № 1115. P. 20190829. DOI: 10.1259/bjr.20190829.
8. Kitahara C., Linet M., Drozdovitch V. et al. Cancer and circulatory disease risks in US radiologic technologists associated with performing procedures involving radionuclides // *Occupational and Environmental Medicine*. 2015. Vol. 72, № 11. P. 770-776. DOI: 10.1136/oemed-2015-102834.
9. Little M., Azizova T., Hamada N. Low- and moderate-dose non-cancer effects of ionizing radiation in directly exposed

- individuals, especially circulatory and ocular diseases: a review of the epidemiology // *International Journal of Radiation Biology*. 2021. Vol. 97, № 6. P. 782-803. DOI: 10.1080/09553002.2021.1876955.
10. Little M., Wakeford R., Bouffler S. et al. Review of the risk of cancer following low and moderate doses of sparsely ionising radiation received in early life in groups with individually estimated doses // *Environment International*. 2022. Vol. 159. P. 106983. DOI: 10.1016/j.envint.2021.106983.
 11. McLean A., Adlen E., Cardis E. et al. A restatement of the natural science evidence base concerning the health effects of low-level ionizing radiation // *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences*. 2017. Vol. 284, № 1862. P. 20171070. DOI: 10.1098/rspb.2017.1070.
 12. NCRP. Commentary No. 24 – Health Effects of Low Doses of Radiation: Perspectives on Integrating Radiation Biology and Epidemiology (2015).
 13. Tang F., Loganovsky K. Low dose or low dose rate ionizing radiation-induced health effect in the human // *Journal of Environmental Radioactivity*. 2018. Vol. 192. P. 32-47. DOI: 10.1016/j.jenvrad.2018.05.018.
 14. Tapio S., Little M., Kaiser J. et al. Ionizing radiation-induced circulatory and metabolic diseases // *Environment International*. 2021. Vol. 146. P. 106235. DOI: 10.1016/j.envint.2020.106235.
 15. Публикация 103 Международной Комиссии по Радиационной защите (МКРЗ) / пер. с англ., под общ. ред. М.Ф. Киселева, Н.К. Шандалы. М.: Изд. ООО ПКФ «Алана», 2009. 312 с.
 16. Fabritius G., Brix G., Nekolla E. et al. Erratum: Cumulative radiation exposure from imaging procedures and associated lifetime cancer risk for patients with lymphoma // *Scientific Reports*. Vol. 7, № 1. DOI: 10.1038/srep46644.
 17. Rehani M., Yang K., Melick E. et al. Patients undergoing recurrent CT scans: assessing the magnitude // *European Radiology*. 2020. Vol. 30, № 4. P. 1828-1836. DOI: 10.1007/s00330-019-06523-y.
 18. National Council of Radiation Protection and Measurements (2018) Implications of recent epidemiologic studies for the linear-nonthreshold model and radiation protection. NCRP Commentary No. 27. Bethesda, Maryland: NCRP.
 19. Rehani M., Melick E., Alvi R. et al. Patients undergoing recurrent CT exams: assessment of patients with non-malignant diseases, reasons for imaging and imaging appropriateness // *European Radiology*. 2020. Vol. 30, № 4. P. 1839-1846. DOI: 10.1007/s00330-019-06551-8.
 20. Chen J., Einstein A., Fazel R. et al. Cumulative Exposure to Ionizing Radiation From Diagnostic and Therapeutic Cardiac Imaging Procedures // *Journal of the American College of Cardiology*. 2010. Vol. 56, № 9. P. 702-711. DOI: 10.1016/j.jacc.2010.05.014.
 21. Marcu L., Chau M., Bezak E. How much is too much? Systematic review of cumulative doses from radiological imaging and the risk of cancer in children and young adults // *Critical Reviews in Oncology/Hematology*. 2021. Vol. 160. P. 103292. DOI: 10.1016/j.critrevonc.2021.103292.
 22. Griffey R., Sodickson A. Cumulative Radiation Exposure and Cancer Risk Estimates in Emergency Department Patients Undergoing Repeat or Multiple CT // *American Journal of Roentgenology*. 2009. Vol. 192, № 4. P. 887-892. DOI: 10.2214/ajr.08.1351.
 23. Bedetti G., Botto N., Andreassi M. et al. Cumulative patient effective dose in cardiology // *The British Journal of Radiology*. 2008. Vol. 81, № 969. P. 699-705. DOI: 10.1259/bjr/29507259.
 24. Broder J., Bowen J., Lohr J. et al. Cumulative CT Exposures in Emergency Department Patients Evaluated for Suspected Renal Colic // *The Journal of Emergency Medicine*. 2007. Vol. 33, № 2. P. 161-168. DOI: 10.1016/j.jemermed.2006.12.035.
 25. Kim P., Gracias V., Maidment A. et al. Cumulative Radiation Dose Caused By Radiologic Studies in Critically Ill Trauma Patients // *The Journal of Trauma: Injury, Infection, and Critical Care*. 2004. Vol. 57, № 3. P. 510-514. DOI: 10.1097/01.ta.0000141028.97753.67.
 26. Bhandari V., Patel P., Gurjar O. et al. Impact of repeat computerized tomography replans in the radiation therapy of head and neck cancers // *Journal of Medical Physics*. 2014. Vol. 39, № 3. P. 164. DOI: 10.4103/0971-6203.139005.
 27. Kan M., Leung L., Wong W. et al. Radiation Dose From Cone Beam Computed Tomography for Image-Guided Radiation Therapy // *International Journal of Radiation Oncology*Biophysics*. 2008. Vol. 70, № 1. P. 272-279. DOI: 10.1016/j.ijrobp.2007.08.062.
 28. Özseven A., Dirican B. Evaluation of patient organ doses from kilovoltage cone-beam CT imaging in radiation therapy // *Reports of Practical Oncology and Radiotherapy*. Vol. 26, № 2. P. 251-258. DOI: 10.5603/rpor.a2021.0038.
 29. International commission on radiological protection. Draft report: Radiological Protection Aspects of Imaging in Radiotherapy. URL: https://www.icrp.org/docs/TG116%20RP%20Imaging%20in%20RT%20for%20Public%20Consultation_final.docx (Дата обращения: 08.04.2025).
 30. Derikvand A., Bagherzadeh S., MohammadSharifi A. et al. Estimation of cancer risks due to chest radiotherapy treatment planning computed tomography (CT) simulations // *Radiation and Environmental Biophysics*. 2023. Vol. 62, № 2. P. 269-277. DOI: 10.1007/s00411-023-01025-4.
 31. Zhang Y., Wu H., Chen Z. et al. Concomitant Imaging Dose and Cancer Risk in Image Guided Thoracic Radiation Therapy // *International Journal of Radiation Oncology*Biophysics*. 2015. Vol. 93, № 3. P. 523-531. DOI: 10.1016/j.ijrobp.2015.06.034.
 32. Bagherzadeh S., Jabbari N., Khalkhali H. Estimation of lifetime attributable risks (LARs) of cancer associated with abdominopelvic radiotherapy treatment planning computed tomography (CT) simulations // *International Journal of Radiation Biology*. 2018. Vol. 94, № 5. P. 454-461. DOI: 10.1080/09553002.2018.1450536.
 33. Rehani M., Hauptmann M. Estimates of the number of patients with high cumulative doses through recurrent CT exams in 35 OECD countries // *Physica Medica*. 2020. Vol. 76. P. 173-176. DOI: 10.1016/j.ejmp.2020.07.014.
 34. Rehani M., Melick E., Alvi R. et al. Patients undergoing recurrent CT exams: assessment of patients with non-malignant diseases, reasons for imaging and imaging appropriateness // *European Radiology*. 2020. Vol. 30, № 4. P. 1839-1846. DOI: 10.1007/s00330-019-06551-8.
 35. Rehani M., Heil J., Baliyan V. Multicentric study of patients receiving 50 or 100 mSv in a single day through CT imaging—frequency determination and imaging protocols involved // *European Radiology*. 2021. Vol. 31, № 9. P. 6612-6620. DOI: 10.1007/s00330-021-07734-y.

Поступила: 08.04.2025

Дружинина Полина Сергеевна – младший научный сотрудник, лаборатория радиационной гигиены медицинских организаций 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: druzhininapauline@gmail.com
ORCID: 0000-0003-2921-067X

Для цитирования: Дружинина П.С. Накопленные дозы пациентов при проведении КТ-исследований в российской клинической практике // *Радиационная гигиена*. 2025. Т. 18, № 2. С. 131–140. DOI: 10.21514/1998-426X-2025-18-2-131-140

Patients' cumulative doses during CT-examinations in Russian clinical practice

Polina S. Druzhinina

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

In modern clinical practice, multiple computed tomography examinations are increasingly common, which can lead to the accumulation of significant effective doses of patients. The aim of this study was to identify cases of high cumulative effective doses (more than 100 mSv) of adult patients undergoing computed tomography examinations in two departments of the Leningrad Regional Clinical Oncological Dispensary. Materials and Methods. The study is based on the analysis of patient effective dose data obtained from computed tomography examination logbooks for the periods 2020–2021 (Department No. 1) and 2019–2021 (Department No. 2). Effective doses were calculated based on dose-length product values using appropriate conversion coefficients in accordance with methodological guidelines MU 2.6.1.3584-19. Results. The study results showed that in Department No. 1, 1 % of patients (18 individuals) received cumulative doses exceeding 100 mSv, with a maximum value of 239 mSv. In Department No. 2, the corresponding figure was 0.3 % (9 individuals), with a maximum dose of 147 mSv. The dose accumulated over both extended periods (up to a year) and short intervals (less than a month). A comparison of the obtained results with international data showed that cumulative effective doses more than 100 mSv are often observed in non-oncological patients, including patients under the age of 40. In the study sample, most patients were over 40 years old. Justification and optimization of computed tomography examinations are the main tools for managing high cumulative effective doses in patients. It is important to emphasize the need to assess not only effective but also absorbed organ doses during multiple computed tomography examinations, especially when planning radiation therapy. Conclusions. Systematic monitoring of high cumulative effective doses in patients is necessary in the Russian Federation, particularly among younger patients.

Key words: computed tomography, effective doses, cumulative doses.

Conflict of interests

The authors declare no conflicts of interest.

Sources of funding

The study had no sponsorship.

References

- Chipiga L, Bernhardtsson C. Patient doses in computed tomography examinations in two regions of the Russian Federation. *Radiation Protection Dosimetry*. 2016;169(1-4): 240-244. DOI: 10.1093/rpd/ncv516.
- Brambilla M, Vassileva J, Kuchcinska A, Rehani M. Multinational data on cumulative radiation exposure of patients from recurrent radiological procedures: call for action. *European Radiology*. 2020;30(5): 2493-2501. DOI: 10.1007/s00330-019-06528-7.
- Mattsson S. Need for individual cancer risk estimates in x-ray and nuclear medicine imaging. *Radiation Protection Dosimetry*. 2016;169(1-4): 11-16. DOI: 10.1093/rpd/ncw034.
- Vassileva J, Holmberg O. Radiation protection perspective to recurrent medical imaging: what is known and what more is needed? *The British Journal of Radiology*. 2021;94(1126): 20210477. DOI: 10.1259/bjr.20210477.
- Averbeck D, Salomaa S, Bouffler S, Ottolenghi A, Smyth V, Sabatier L. Progress in low dose health risk research. *Mutation Research / Reviews in Mutation Research*. 2018;776: 46-69. DOI: 10.1016/j.mrrev.2018.04.001.
- Dauer L, Brooks A, Hoel D, Morgan W, Stram D, Tran P. Review and evaluation of updated research on the health effects associated with low-dose ionising radiation. *Radiation Protection Dosimetry*. 2010;140(2): 103-136. DOI: 10.1093/rpd/ncq141.
- Hamada N, Azizova T, Little M. An update on effects of ionizing radiation exposure on the eye. *The British Journal of Radiology*. 2020;93(1115): 20190829. DOI: 10.1259/bjr.20190829.
- Kitahara C, Linet M, Drozdovitch V, Alexander B, Preston D, Simon S, et al. Cancer and circulatory disease risks in US radiologic technologists associated with performing procedures involving radionuclides. *Occupational and Environmental Medicine*. 2015;72(11): 770-776. DOI: 10.1136/oemed-2015-102834.
- Little M, Azizova T, Hamada N. Low- and moderate-dose non-cancer effects of ionizing radiation in directly exposed individuals, especially circulatory and ocular diseases: a review of the epidemiology. *International Journal of Radiation Biology*. 2021;97(6): 782-803. DOI: 10.1080/09553002.2021.1876955.
- Little M, Wakeford R, Bouffler S, Abalo K, Hauptmann M, Hamada N, et al. Review of the risk of cancer following low and moderate doses of sparsely ionising radiation received in early life in groups with individually estimated doses. *Environment International*. 2022;159(H.D.): 106983. DOI: 10.1016/j.envint.2021.106983.
- McLean A, Adlen E, Cardis E, Elliott A, Goodhead D, Harms-Ringdahl M, et al. A restatement of the natural science evidence base concerning the health effects of low-level ionizing radiation. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences*. 2017;284(1862): 20171070. DOI: 10.1098/rspb.2017.1070.
- NCRP. Commentary No. 24 – Health Effects of Low Doses of Radiation: Perspectives on Integrating Radiation Biology and Epidemiology (2015).
- Tang F, Loganovsky K. Low dose or low dose rate ionizing radiation-induced health effect in the human. *Journal of Environmental Radioactivity*. 2018;192: 32-47. DOI: 10.1016/j.jenvrad.2018.05.018.
- Tapio S, Little M, Kaiser J, Impens N, Hamada N, Georgakilas A, et al. Ionizing radiation-induced circulatory and metabolic diseases. *Environment International*. 2021;146(H.D.): 106235. DOI: 10.1016/j.envint.2020.106235.
- ICRP Publication 103. The 2007 Recommendations of the International Commission on Radiological Protection: translation from English. Ed. by MF Kiselev, NK Shandala. Moscow: "Alana"; 2009. 312 p. (In Russian).
- Fabritius G, Brix G, Nekolla E, Klein S, Popp H, Meyer M, et al. Erratum: Cumulative radiation exposure from imaging procedures and associated lifetime cancer risk for patients with lymphoma. *Scientific Reports*. 2017;7(1): 46644. DOI: 10.1038/srep46644.

Anastasia V. Likhacheva

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

Address for correspondence: Mira Str., 8, Saint Petersburg, 197101, Russia; E-mail: druzhininapauline@gmail.com

17. Rehani M, Yang K, Melick E, Heil J, Šalát D, Sensakovic W. et al. Patients undergoing recurrent CT scans: assessing the magnitude. *European Radiology*. 2020;30(4): 1828-1836. DOI: 10.1007/s00330-019-06523-y.
18. National Council of Radiation Protection and Measurements (2018) Implications of recent epidemiologic studies for the linear-nonthreshold model and radiation protection. NCRP Commentary No. 27. Bethesda, Maryland: NCRP.
19. Rehani M, Melick E, Alvi R, Doda Khera R, Batool-Anwar S, Neilan T, et al. Patients undergoing recurrent CT exams: assessment of patients with non-malignant diseases, reasons for imaging and imaging appropriateness. *European Radiology*. 2020;30(4): 1839-1846. DOI: 10.1007/s00330-019-06551-8.
20. Chen J, Einstein A, Fazel R, Krumholz H, Wang Y, Ross J. et al. Cumulative Exposure to Ionizing Radiation From Diagnostic and Therapeutic Cardiac Imaging Procedures. *Journal of the American College of Cardiology*. 2010;56(9): 702-711. DOI: 10.1016/j.jacc.2010.05.014.
21. Marcu L, Chau M, Bezak E. How much is too much? Systematic review of cumulative doses from radiological imaging and the risk of cancer in children and young adults. *Critical Reviews in Oncology/Hematology*. 2021;160: 103292. DOI: 10.1016/j.critrevonc.2021.103292.
22. Griffey R, Sodickson A. Cumulative Radiation Exposure and Cancer Risk Estimates in Emergency Department Patients Undergoing Repeat or Multiple CT. *American Journal of Roentgenology*. 2009;192(4): 887-892. DOI: 10.2214/ajr.08.1351.
23. Bedetti G, Botto N, Andreassi M, Traino C, Vano E, Picano E. Cumulative patient effective dose in cardiology. *The British Journal of Radiology*. 2008;81(969): 699-705. DOI: 10.1259/bjr/29507259.
24. Broder J, Bowen J, Lohr J, Babcock A, Yoon J. Cumulative CT Exposures in Emergency Department Patients Evaluated for Suspected Renal Colic. *The Journal of Emergency Medicine*. 2007;33(2): 161-168. DOI: 10.1016/j.jemermed.2006.12.035.
25. Kim P, Gracias V, Maidment A, Shea M, Reilly P, Schwab C. Cumulative Radiation Dose Caused By Radiologic Studies in Critically Ill Trauma Patients. *The Journal of Trauma: Injury, Infection, and Critical Care*. 2004;57(3): 510-514. DOI: 10.1097/01.ta.0000141028.97753.67.
26. Bhandari V, Patel P, Gurjar O, Gupta K. Impact of repeat computerized tomography replans in the radiation therapy of head and neck cancers. *Journal of Medical Physics*. 2014;39(3): 164. DOI: 10.4103/0971-6203.139005.
27. Kan M, Leung L, Wong W, Lam N. Radiation Dose From Cone Beam Computed Tomography for Image-Guided Radiation Therapy. *International Journal of Radiation Oncology*Biophysics*. 2008;70(1): 272-279. DOI: 10.1016/j.ijrobp.2007.08.062.
28. Özseven A, Dirican B. Evaluation of patient organ doses from kilovoltage cone-beam CT imaging in radiation therapy. *Reports of Practical Oncology and Radiotherapy*. 2021;26(2): 251-258. DOI: 10.5603/rpor.a2021.0038.
29. International commission on radiological protection. Draft report: Radiological Protection Aspects of Imaging in Radiotherapy. URL: https://www.icrp.org/docs/TG116%20RP%20Imaging%20in%20RT%20for%20Public%20Consultation_final.docx (Дата обращения: 08.04.2025)
30. Derikvand A, Bagherzadeh S, MohammadSharifi A, Khoshgard K, AllahMoradi F. Estimation of cancer risks due to chest radiotherapy treatment planning computed tomography (CT) simulations. *Radiation and Environmental Biophysics*. 2023;62(2): 269-277. DOI: 10.1007/s00411-023-01025-4.
31. Zhang Y, Wu H, Chen Z, Knisely J, Nath R, Feng Z, et al. Concomitant Imaging Dose and Cancer Risk in Image Guided Thoracic Radiation Therapy. *International Journal of Radiation Oncology*Biophysics*. 2015;93(3): 523-531. DOI: 10.1016/j.ijrobp.2015.06.034.
32. Bagherzadeh S, Jabbari N, Khalkhali H. Estimation of lifetime attributable risks (LARs) of cancer associated with abdominopelvic radiotherapy treatment planning computed tomography (CT) simulations. *International Journal of Radiation Biology*. 2018;94(5): 454-461. DOI: 10.1080/09553002.2018.1450536.
33. Rehani M, Hauptmann M. Estimates of the number of patients with high cumulative doses through recurrent CT exams in 35 OECD countries. *Physica Medica*. 2020;76: 173-176. DOI: 10.1016/j.ejmp.2020.07.014.
34. Rehani M, Melick E, Alvi R, Doda Khera R, Batool-Anwar S, Neilan T, et al. Patients undergoing recurrent CT exams: assessment of patients with non-malignant diseases, reasons for imaging and imaging appropriateness. *European Radiology*. 2020;30(4): 1839-1846. DOI: 10.1007/s00330-019-06551-8.
35. Rehani M, Heil J, Baliyan V. Multicentric study of patients receiving 50 or 100 mSv in a single day through CT imaging—frequency determination and imaging protocols involved. *European Radiology*. 2021;31(9): 6612-6620. DOI: 10.1007/s00330-021-07734-y.

Received: April 08, 2025

For correspondence: Polina S. Druzhinina – Junior 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 Wellbeing (Mira Str., 8, Saint Petersburg, 197101, Russia; E-mail: druzhinapauline@gmail.com)
ORCID: 0000-0003-2921-067X

For citation: Druzhinina P.S. Patients' cumulative doses during CT-examinations in Russian clinical practice. *Radiatsionnaya Gygiena = Radiation Hygiene*. 2025. Vol. 18, No. 2. P. 131–140. (In Russian). DOI: 10.21514/1998-426X-2025-18-2-131-140