



ОРИГИНАЛЬНЫЕ СТАТЬИ

Оригинальная статья

УДК 616-073.75

<https://doi.org/10.52560/2713-0118-2024-6-23-38>

Опыт оптимизации дозовой нагрузки при проведении цифровой маммографии с применением фантома CIRS 010D

Тамара Валерьевна Павлова¹, Ольга Андреевна Митрохина²,
Сергей Андреевич Варламов³

¹ ООО «Центральный научно-исследовательский институт лучевой диагностики»,
Москва, Россия

² ОТКЗ «Медицинский институт им. С. И. Георгиевского» ФГАОУ ВО «Крымский
федеральный университет имени В. И. Вернадского», Симферополь, Россия

³ ООО НТЦ-МТ, Москва, Россия

¹ chaleur1891@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0002-2759-0552>

² glo-glo@mail.ru, <https://orcid.org/0009-0005-7463-7607>

³ vsa@mtl.ru, <https://orcid.org/0009-0007-2621-6300>

Автор, ответственный за переписку: Ольга Андреевна Митрохина, glo-glo@mail.ru

Аннотация

Цель исследования. Продемонстрировать возможность снижения лучевой нагрузки на пациентку при сохранении высокого качества маммографических изображений.

Материалы и методы. С помощью маммографии получены цифровые изображения фантома молочной железы в различных режимах съемки с регистрацией дозовой нагрузки во время исследования и оценкой качества визуализации.

Результаты. Определены оптимальные параметры съемки, при которых достигается минимальная лучевая нагрузка без снижения качества снимка.

Заключение. Показана возможность снижения лучевой нагрузки на пациентку при проведении маммографии за счет подбора оптимальных физико-технических параметров съемки.

Ключевые слова: лучевая нагрузка, молочная железа, маммография

Для цитирования: Павлова Т. В., Митрохина О. А., Варламов С. А. Опыт оптимизации дозовой нагрузки при проведении цифровой маммографии с применением фантома CIRS 010D // Радиология — практика. 2024;6:23-38. <https://doi.org/10.52560/2713-0118-2024-6-23-38>

© Павлова Т. В., Митрохина О. А., Варламов С. А., 2024.

Источники финансирования

Исследование не финансировалось какими-либо источниками.

Конфликт интересов

Авторы заявляют, что данная работа, ее тема, предмет и содержание не затрагивают конкурирующих интересов. Мнения, изложенные в статье, принадлежат авторам рукописи. Авторы подтверждают соответствие своего авторства международным критериям ICMJE (все авторы внесли существенный вклад в разработку концепции, подготовку статьи, прочли и одобрили финальную версию перед публикацией).

Соответствие принципам этики

Работа соответствует этическим нормам Хельсинкской декларации Всемирной медицинской ассоциации «Этические принципы проведения научных медицинских исследований с участием человека» с поправками 2008 года и «Правилами клинической практики в Российской Федерации», утвержденными Приказом Минздрава РФ от 19.06.2003.

ORIGINAL RESEARCH

Original research

Experience in Optimizing the Radiation Dose during Digital Mammography Using the CIRS 010D Phantom

Tamara V. Pavlova¹, Olga A. Mitrohina², Sergey A. Varlamov³

¹ Central Research Institute of Radiation Diagnostics, Moscow, Russia

² Medical Institute named after S. I. Georgievsky of the FSAEI of HE "Crimean Federal University V. I. Vernadsky", Simferopol, Russia

³ STC-MT, Moscow, Russia

¹ chateur1891@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0002-2759-0552>

² glo-glo@mail.ru, <https://orcid.org/0009-0005-7463-7607>

³ vsa@mtl.ru, <https://orcid.org/0009-0007-2621-6300>

Автор, ответственный за переписку: Ольга Андреевна Митрохина, glo-glo@mail.ru

Abstract

Aim. Demonstrate the possibility of reducing the radiation load on the patient while maintaining high quality mammographic images.

Materials and Methods. Using mammography, we obtained digital images of the breast phantom in various shooting modes, recording the dose load during the study and evaluating the quality of visualization.

Results. The optimal shooting parameters have been determined at which the minimum radiation load is achieved without reducing the image quality.

Conclusion. This study demonstrates the potential to reduce radiation exposure during mammography by optimizing the physical and technical parameters used in the procedure.

Keywords: Radiation Dose, Breast, Mammography

For citation: Pavlova T. V., Mitrohina O. A., Varlamov S. A. Experience in Optimizing the Radiation Dose during Digital Mammography Using the CIRS 010D Phantom. *Radiology – Practice*. 2024;6:23-38. (In Russ.). <https://doi.org/10.52560/2713-0118-2024-6-23-38>

Funding

The study was not funded by any sources.

Conflicts of Interest

The authors state that this work, its topic, subject and content do not affect competing interests. The opinions expressed in the article belong to the authors of the manuscript. The authors confirm the compliance of their authorship with the international ICMJE criteria (all authors have made a significant contribution to the development of the concept, the preparation of the article, read and approved the final version before publication).

Compliance with Ethical Standards

The work complies with the ethical standards of the Helsinki Declaration of the World Medical Association «Ethical Principles of conducting scientific medical research with human participation» as amended in 2008 and the «Rules of Clinical Practice in the Russian Federation» approved by the Order of the Ministry of Health of the Russian Federation dated 06/19/2003.

Актуальность

Рак молочной железы (РМЖ) на сегодняшний день остается важной как медицинской, так и социально-экономической проблемой. В общей структуре злокачественных заболеваний РМЖ сохраняет лидирующую позицию. Распространенность этого заболевания в России выросла за последние 10 лет с 391,7 до 541,7 чел. на 100 тысяч населения [4]. Маммография представляет собой основу инструментальной лучевой диагностики РМЖ у женщин после 40 лет [1].

Помимо бесспорной пользы маммографического обследования для своевременной диагностики РМЖ, важно учитывать, что этот метод сопряжен с воздействием ионизирующего излучения на пациентов. Из чего следует, что рентгенография молочных желез также может способствовать и развитию рака вследствие воздействия ионизирующей радиации на ткань молочной железы и организм в целом [3]. Это необходимо учитывать при планировании и осуществлении маммографического обследования женского населения, особенно бессимптомных пациенток. Важно также

брать во внимание тот факт, что органы и ткани человека обладают разной радиочувствительностью в зависимости от их метаболической и пролиферативной активности. У молочной железы этот показатель высокий [9]. На один случай РМЖ, вызванного маммографией, приходится 300 случаев впервые выявленного при скрининговом обследовании. Маммография в двух стандартных проекциях обеих молочных желез увеличивает риск возникновения РМЖ для женщины возрастом 45 лет на 0,0055 % [8].

Один из основных принципов лучевой диагностики заключается в получении информативных и качественных изображений при минимальной дозовой нагрузке [5, 11]. Поэтому актуален поиск возможности снижения лучевой нагрузки во время проведения маммографии без снижения качества визуализации.

Необходимо отметить также, что вопрос дозиметрического контроля при рентгенологическом исследовании молочных желез остается малоизученным. В отечественной и зарубежной литературе отсутствуют точные данные о достоверно зафиксированной дозе облу-

чения при проведении маммографии в различных режимах и сопоставлении качества визуализации на полученных снимках. Нами было проанализировано 10 отечественных и зарубежных источников информации, представленных в табл. 1. Ни в одном из них не представ-

лена информация по детальному изучению дозовой нагрузки в зависимости от режима съемки и сопоставлению дозы ионизирующего излучения при проведении маммографии и качества получаемого рентгеновского изображения молочных желез.

Таблица 1

Библиография

Название	Автор	Год	Вид источника
Технологический процесс рентгеновской маммографии	Каприн А. Д., Рожкова Н. И.	2024	Руководство для рентгенологов и рентгенолаборантов
Ионизирующее излучение, радиационная безопасность. Оценка радиационного риска у пациентов при проведении рентгенорадиологических исследований	ФБУН «Санкт-Петербургский научно-исследовательский институт радиационной гигиены имени профессора П. В. Рамзаева» Роспотребнадзора (Голиков В. Ю. и соавт.)	2023	Методические рекомендации МР 2.6.1.0215-20
Лучевая диагностика и профилактика ятрогенных повреждений молочной железы	Васильев А. Ю., Павлова Т. В., Буромский И. В.	2022	Монография
Лучевая диагностика. Заболевания молочных желез	Уве Фишер, Фридман Баум, Сузанне Люфтнер-Нагель / пер. с англ.; под общ. ред. чл.-корр. РАН, проф. Б. И. Долгушина	2020	Практическое руководство
Оптимизация доз облучения пациентов в лучевой диагностике	Охрименко С. Е., Ильин Л. А., Коренков И. П., Морозов С. П., Бирюков А. П., Гомболевский В. А., Прохоров Н. И., Лантух З. А., Рыжов С. А., Солдатов И. В., Фомин А. А.	2019	Статья в журнале «Гигиена и санитария». 2019; 98(12)
Практические аспекты рационального использования лучевых методов исследования для ранней диагностики рака молочной железы	Рыбникова Е. И., Минько Б. А., Петросян С. Л., Попов С. В.	2015	Статья в журнале «Евразийский Союз Ученых» (ЕСУ) # 8 (17), 2015 МЕДИЦИНСКИЕ НАУКИ
Дигитальный томосинтез – новая технология в диагностике непальпируемого рака молочной железы	Гринберг М. В., Харченко Н. В., Кунда М. А., Запиров М. М.	2015	Статья в журнале «Вестник РУДН», серия: Медицина, 2015, № 3
Лучевая диагностика в маммологии	Под ред. Н. И. Рожковой	2014	Руководство для врачей

Продолжение таблицы 1

Название	Автор	Год	Вид источника
Снижение лучевых нагрузок при исследованиях на цифровых рентгеновских аппаратах	Камышанская И. Г., Мазуров А. И.	2010	Статья в журнале «Биотехносфера» № 4 (10) / 2010
Дозы облучения пациентов при исследованиях на современных цифровых рентгенодиагностических аппаратах	Сиднев А. Б., Сиднев Д. А., Саворовский В. Ф., Дзигуа Т. В.	2008	Руководство

Цель: продемонстрировать возможность снижения лучевой нагрузки на пациентку при сохранении высокого качества маммографических изображений.

Материалы и методы

Исследование проводилось с применением цифрового рентгеновского маммографа «Маммо-4МТ-Плюс» (производитель МТЛ, Россия) с плоскопанельным детектором непрямого преоб-

разования (размер пикселя 50 мкм), с фиксированным родиевым (Rh) фильтром. Фокусное расстояние при этом составляло 66 см (рис. 1).

Для эксперимента был использован фантом установленного образца CIRS 010D (производитель Computerized Imaging Reference Systems, INC, США) из тканеэквивалентного материала, моделирующего компримированную молочную железу, толщиной 5 см (рис. 2).



Рис. 1. Внешний вид использованного в эксперименте маммографа «Маммо-4МТ-Плюс» (производитель МТЛ, Россия)



Рис. 2. Внешний вид фантома установленного образца CIRS 010D (производитель Computerized Imagin Reference Systems, INC, США)

В толще фантома располагались объекты, имитирующие патологические структуры. Сферы (в количестве 7 шт.) изображали объемные образования, нейлоновые волокна (в количестве 5

шт.) воспроизводили фиброзные уплотнения, а скопления кальцинатов были представлены группами крупинок (в количестве 12, по 6 крупинок в каждой группе), рис. 3.

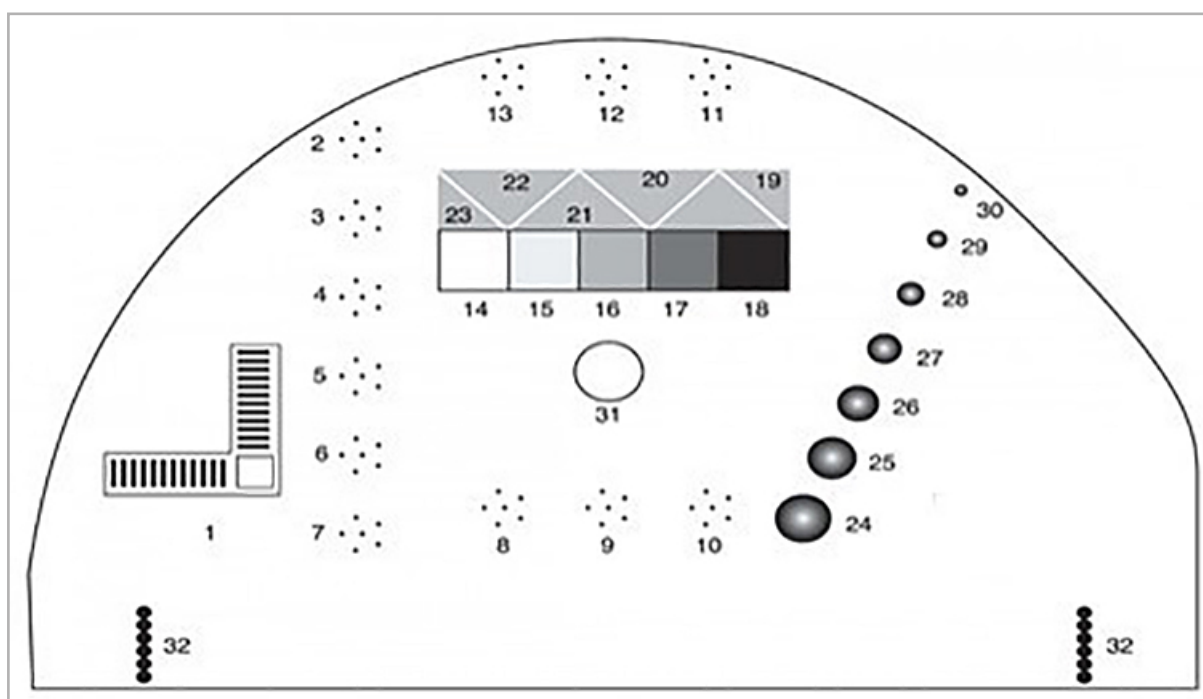


Рис. 3. Карта объектов в структуре фантома CIRS 010D, имитирующих патологические образования. 1 – 5–20 пар линий/мм; крупинка карбоната кальция: 2 – 0,13 мм, 3 – 0,165 мм, 4 – 0,196 мм, 5 – 0,23 мм, 6 – 0,275 мм, 7 – 0,4 мм, 8 – 0,24 мм, 9 – 0,196 мм, 10 – 0,165 мм, 11 – 0,23 мм, 12 – 0,196 мм, 13 – 0,165 мм; железистая ткань, глубина 1 см: 14 – 100 %, 15 – 70 %, 16 – 50 %, 17 – 30 %; 18 – 100 % жировой ткани, глубина 1 см; нейлоновое волокно диаметром: 19 – 1,25 мм, 20 – 0,83 мм, 21 – 0,71 мм, 22 – 0,53 мм, 23 – 0,3 мм; полусферический объект – 75 % железистой массы, 25 % – жировой: 24 – 4,76 мм³, 25 – 3,16 мм³, 26 – 2,38 мм³, 27 – 1,98 мм³, 28 – 1,59 мм³, 29 – 1,19 мм³, 30 – 0,9 мм³; 31 – маркерная зона оптической плотности; 32 – метки границы пучка

Фантом использовался для подбора оптимального режима исследования, при котором достигается минимальная лучевая нагрузка при условии сохранения высокого качества маммографических изображений. Фантом располагался в центральной части детектора по передней его кромке.

Для каждого снимка производился последующий замер дозовой нагрузки путем выполнения повторной экспозиции при тех же параметрах, что и при исследовании фантома для визуальной оценки. Дозиметрия проводилась универсальным прибором Piranha (RTI, Швеция), рис. 4.

Эффективная поглощенная доза определялась согласно МУ 2.6.1.2944-11 расчетным методом на основе ранее полученных данных для данного типа аппарата. Расчет производился по формуле:

$$E = 0,05 \times Hж = 0,05 \times Kж \times Dвх,$$

где $Dвх$ корректировалась исходя из геометрических размеров, а именно:

$$Dвх = Dвх0 \times SID^2 / (SID - Thickness)^2,$$

где $SID = 660$ см, $Thickness$ — толщина железы в см, $Dвх0$ — входная керма в плоскости укладки железы (мГр).

Все установочные параметры эксперимента (режим, кВ, мАс) и измеренные показатели (керма) заносились в таблицы. Затем полученные изображения фантомов передавались на автоматизированную рабочую станцию врача-рентгенолога с пакетами прикладных программ и специализированными медицинскими мониторами с разрешением 5 Мп для анализа маммограмм (рис. 5). Качество полученных рентгенологических изображений фантома оценивалось двумя врачами-рентгенологами,



Рис. 4. Внешний вид универсального дозиметра Piranha, используемого для эксперимента (производитель RTI, Швеция)



Рис. 5. Рабочая станция врача-рентгенолога со специализированными мониторами с разрешением 5 Мп

имеющими опыт описания маммограмм не менее 3 лет.

Все полученные изображения были оценены по критериям видимости: сферическим объектам, крупинкам, волокнам, согласно карте фантома (рис. 3), которые оценивались по шкале видимости от 0 до 5, где:

- 5 — все объекты полностью видны, контуры прослеживаются четко;
- 4 — все анализируемые объекты видны полностью, контуры размыты;
- 3 — часть объектов не видна частично;
- 2 — часть объекта не видна;
- 1 — видны очертания объекта;
- 0 — объект не виден.

Результаты

В ходе эксперимента изображения фантома молочной железы были получены последовательно в ручном режиме (табл. 2) и четырех алгоритмически заданных режимах съемки:

- в автоматическом режиме PRE (кВ, мАс устанавливаются аппаратом по плотности железы) (табл. 3);
- в полуавтоматическом режиме PRE (кВ задает рентгенолаборант, мАс рассчитывает аппарат по плотности железы) (табл. 4);
- в автоматическом режиме FAST (кВ, мАс устанавливаются аппаратом в зависимости от толщины железы) (табл. 5);
- в полуавтоматическом режиме FAST (кВ задает рентгенолаборант, мАс подбирает аппарат по толщине железы) (табл. 6).

Также для вышеуказанных режимов были получены экспериментальные снимки со снижением на 25 и 50 % от заданного аппаратом показателя произведения ток-время (мАс) (табл. 3–5). Для определения начальных режимов экспозиции был выполнен снимок в автоматическом режиме.

Таблица 2

Результаты эксперимента в ручном режиме

Имя файла	Анодное напряжение рентгеновской трубки, кВ	Произведение ток-время, мАс	Эффективная поглощенная доза, мЗв	Визуализация, балл
CIRS010D_50mm_ MANUAL_26kV_ 20mAs	26	20	0,01	3
CIRS010D_50mm_ MANUAL_26kV_ 50mAs	26	50	0,026	3
CIRS010D_50mm_ MANUAL_26kV_ 80mAs	26	80	0,042	3
CIRS010D_50mm_ MANUAL_29kV_ 80mAs	29	80	0,059	4
CIRS010D_50mm_ MANUAL_29kV_ 100mAs	29	100	0,074	2
CIRS010D_50mm_ MANUAL_29kV_ 125mAs	29	125	0,092	5
CIRS010D_50mm_ MANUAL_31kV_ 100mAs	31	100	0,09	2
CIRS010D_50mm_ MANUAL_31kV_ 125mAs	31	125	0,113	5
CIRS010D_50mm_ MANUAL_31kV_ 160mAs	31	160	0,148	5
CIRS010D_50mm_ MANUAL_34kV_ 250mAs	34	250	0,292	5
CIRS010D_50mm_ MANUAL_34kV_ 300mAs	34	300	0,346	5
CIRS010D_50mm_ MANUAL_34kV_ 352mAs	34	350	0,412	5

Таблица 3

Результаты эксперимента в автоматическом режиме PRE

Имя файла	Анодное напряжение рентгеновской трубки, кВ	Производство ток-время, мАс	Воздушная керма, мГр	Эффективная поглощенная доза, мЗв	Визуализация, балл
CIRS010D_50mm_PRE_30.5kV_106.5mAs	30,5	106,5	5,637	0,094	5
CIRS010D_50mm_PRE-25ProcмAs_30.5kV_80mAs	30,5	80	4,133	0,071	4
CIRS010D_50mm_PRE-50ProcмAs_30.5kV_52mAs	30,5	52	2,689	0,046	4

Таблица 4

Результаты эксперимента в полуавтоматическом режиме PRE

Имя файла	Анодное напряжение рентгеновской трубки, кВ	Производство ток-время, мАс	Воздушная керма, мГр	Эффективная поглощенная доза, мЗв	Визуализация, балл
CIRS010D_50mm_PRE_automAs_26kV_253mAs	26	253	8,506	0,133	5
CIRS010D_50mm_FAST-25ProcмAs_automAs_26kV_190mAs	26	190	6,475	0,1	5
CIRS010D_50mm_FAST-50ProcмAs_automAs_26kV_127mAs	26	127	4,377	0,068	4
CIRS010D_50mm_PRE_automAs_29kV_142mAs	29	142	6,409	1,102	5
CIRS010D_50mm_FAST-25ProcмAs_automAs_29kV_107mAs	29	107	5,008	0,08	5
CIRS010D_50mm_FAST-50ProcмAs_automAs_29kV_71mAs	29	71	3,263	0,05	5
CIRS010D_50mm_PRE_automAs_31kV_98mAs	31	98	5,158	0,089	5
CIRS010D_50mm_FAST-25ProcмAs_automAs_31kV_74mAs	31	74	4,038	0,069	5
CIRS010D_50mm_FAST-50ProcмAs_automAs_31kV_49mAs	31	49	2,695	0,046	4
CIRS010D_50mm_PRE_automAs_34kV_56.7mAs	34	56,7	3,829	0,066	3

Продолжение таблицы 4

Имя файла	Анодное напряжение рентгеновской трубки, кВ	Производство ток-время, мАс	Воздушная керма, мГр	Эффективная поглощенная доза, мЗв	Визуализация, балл
CIRS010D_50mm_FAST-25ProcмAs_automAs_34kV_43mAs	34	43	2,979	0,05	5
CIRS010D_50mm_FAST-50ProcмAs_automAs_34kV_28mAs	34	28	1,861	0,033	3

Таблица 5

Результаты эксперимента в автоматическом режиме FAST

Имя файла	Анодное напряжение рентгеновской трубки, кВ	Производство ток-время, мАс	Воздушная керма, мГр	Эффективная поглощенная доза, мЗв	Визуализация, балл
CIRS010D_50mm_FAST_30kV_93mAs	30	93	4,479	0,08	5
CIRS010D_50mm_FAST-25ProcмAs_30kV_70mAs	30	70	3,487	0,06	3
CIRS010D_50mm_FAST-50ProcмAs_30kV_45mAs	30	45	2,236	0,038	3

Таблица 6

Результаты эксперимента в полуавтоматическом режиме FAST

Имя файла	Анодное напряжение рентгеновской трубки, кВ	Производство ток-время, мАс	Воздушная керма, мГр	Эффективная поглощенная доза, мЗв	Визуализация, балл
CIRS010D_50mm_FAST_automAs_26kV_187mAs	26	187	6,2	0,098	5
CIRS010D_50mm_FAST_automAs_29kV_107.9mAs	29	107,9	4,992	0,079	5
CIRS010D_50mm_FAST_automAs_31kV_83mAs	31	83	4,512	0,075	5
CIRS010D_50mm_FAST_automAs_34kV_49mAs	34	49,4	3,299	0,057	4

Установочные параметры маммографии (режимы кВ, мАс), измеренные значения дозы рентгеновского излучения фиксировались в таблицах (табл. 2–6). Перед началом исследования для

каждого выполненного снимка была разработана кодировка и условные обозначения.

Было получено 34 изображения фантома в режимах с разбросом параме-

тров: напряжение от 26 до 34 кВ, величина произведения ток-время от 20 до 350 мАс, дозовая нагрузка варьировалась в диапазоне 0,01–1,1 мЗв.

Была выведена средняя оценка качества визуализации по 5-балльной шкале для каждого изображения.

В результате визуального анализа изображений, опираясь на критерии видимости, согласно карте фантома (рис. 3) были определены оптимальные физико-технические параметры съемки, при которых достигалась минимальная дозовая нагрузка без снижения качества визуализации.

Сопоставляя видимость сферических объектов, волокон и крупинок, опытным путем был определен такой режим съемки, при котором получаются изображения фантома по качеству визуализации аналогичные получаемым при исследовании в стандартном алгоритмически заданном режиме аппарата. На снимке в стандартном режиме определяются все 5 волокон (19–22), все 7 сферических образований (24–30), группы крупинок определяются четко под но-

мерами 4–9, 11–12, а скопления под номерами 3, 10 и 13 визуализируются нечетко, с размытыми контурами, группа под номером 2 определяется частично. Аналогичная визуализация достигнута и в отобранном в ходе эксперимента режиме как оптимальный (рис. 6).

Полуавтоматический режим PRE при напряжении 34 кВ и сниженном на 25 % от заданного аппаратом показателя произведения ток-время до 43 мАс оказался оптимальным.

На снимке визуализируются также 5 волокон (19–22), 7 сферических образований (24–30), группы крупинок под номерами 4–9, 11–12 определяются четко, а под номерами 3, 10 и 13 — с размытыми контурами, группа крупинок под номером 2 определяется частично.

При этом в данном режиме эффективная доза составила 0,05 мЗв, что оказалось на 47 % ниже дозы, получаемой при исследовании в автоматическом режиме (рис. 7).

На основании полученных данных в ходе эксперимента с фантомом, имитирующим компримированную молочную

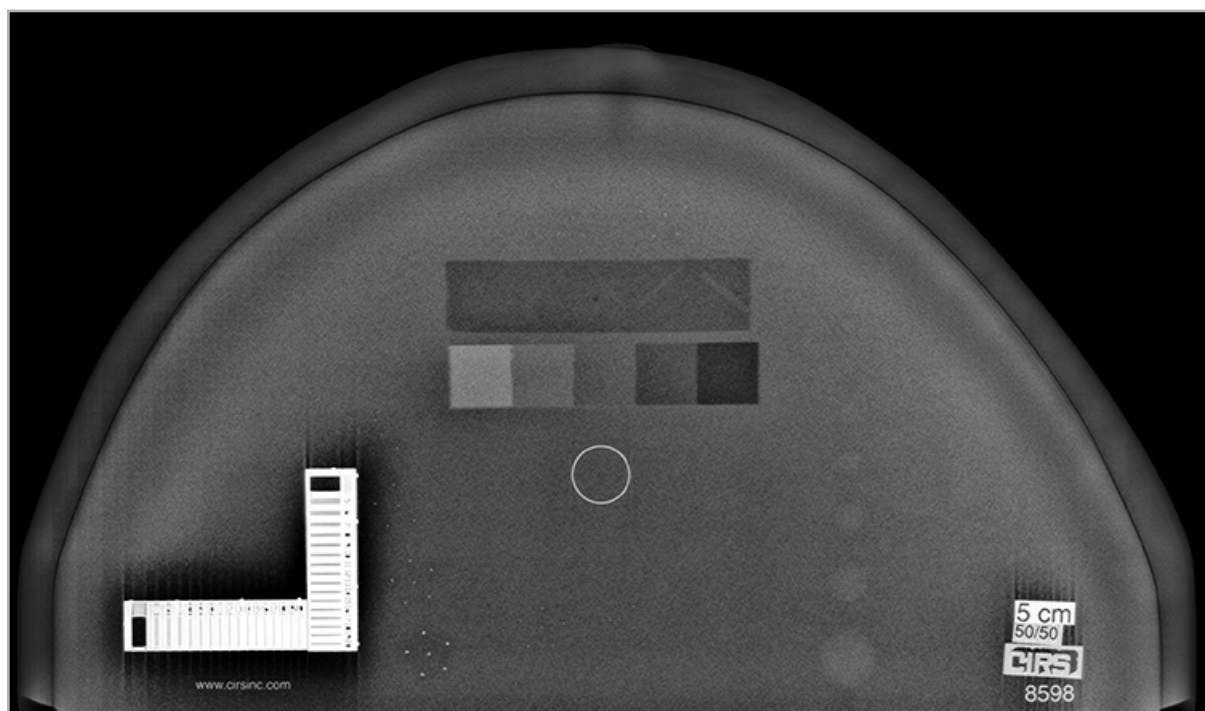


Рис. 6. Рентгенологическое цифровое изображение фантома CIRS 010D в оптимальном режиме

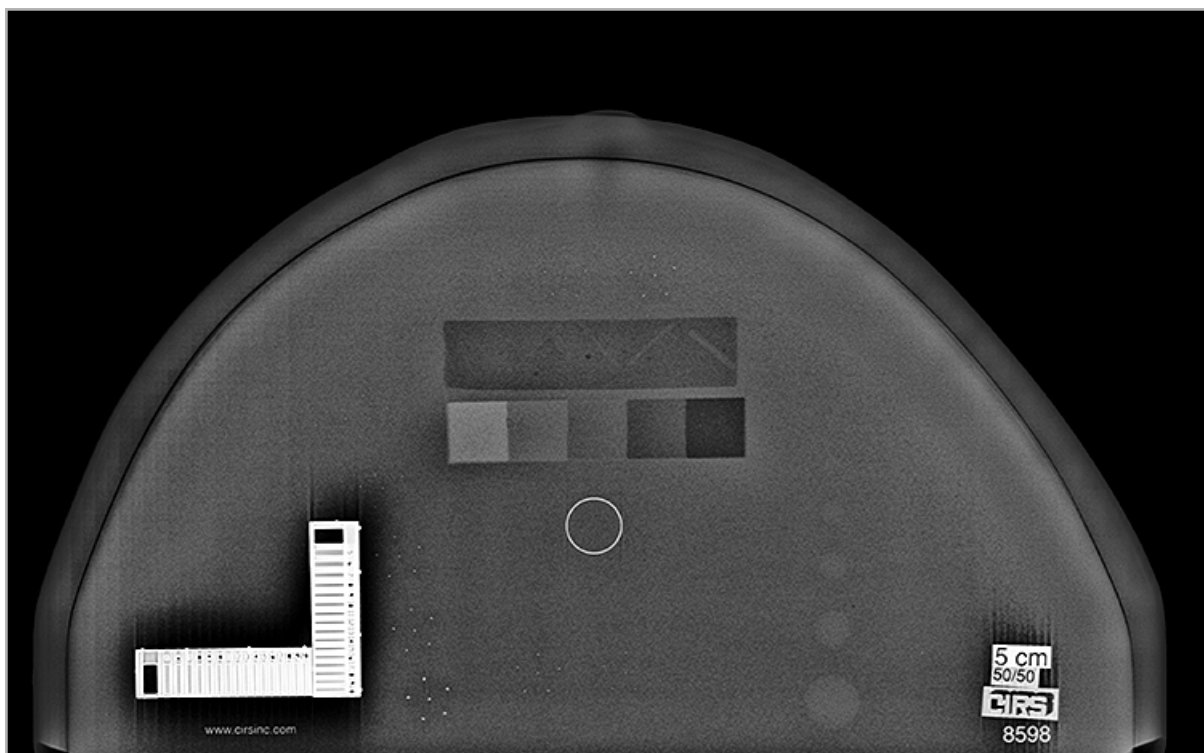


Рис. 7. Рентгенологическое цифровое изображение фантома CIRS 010D в автоматическом режиме

железу, определены оптимальные физико-технические параметры съемки, при которых достигается существенно меньшая дозовая нагрузка. При этом качество визуализации цифровых изображений фантома сопоставимо с получаемым при исследовании в стандартном алгоритмически заданном режиме аппарата.

Оптимальным режимом оказался полуавтоматический режим PRE при напряжении 34 кВ и сниженном на 25 % от заданного аппаратом показателя произведения ток-время до 43 мАс.

Обсуждение

На основании проведенного анализа полученных в ходе эксперимента данных была установлена взаимосвязь между физико-техническими условиями съемки и дозовой нагрузкой. Чем выше были показатели напряжения и произведения ток-время, тем выше была доза излучения. Рассмотрим крайние значения параметров: максимальная дозовая нагрузка 1,1 мЗв была при

значениях: напряжение — 29 кВ, произведение ток-время — 142 мАс. При этом качество визуализации оценивалось на 5 баллов. Минимальное значение величины дозы излучения наблюдалось при значениях: напряжение 34 кВ, произведение ток-время — 28 мАс, качество изображения при этом соответствовало 3 баллам. Сопоставив качество изображения всех полученных цифровых снимков фантома молочной железы в экспериментальных режимах и изображение, полученное в автоматическом режиме, было определено, что есть несколько изображений, по качеству визуализации соответствующих 5 баллам. Оптимальным режимом был определен тот, в котором изображение имело оценку 5 баллов, и при этом дозовая нагрузка была минимальной.

Выбор оптимальных параметров съемки — важный этап снижения лучевой нагрузки при выполнении исследований, во многом определяет качество исследования.

Вывод

Полученные в ходе эксперимента данные доказывают возможность оптимизации физико-технических параметров съемки в виде минимизации эффективной дозы при сохранении высокого качества маммографического изображения.

Список источников

1. Васильев А. Ю., Павлова Т. В., Буромский И. В. Лучевая диагностика и профилактика ятрогенных повреждений молочной железы / А. Ю. Васильев, Т. В. Павлова, И. В. Буромский. М.: Издательство ИКАР, 2022. 180 с.: ил. <https://doi.org/10.56582/9785797407522>
2. Гукова А. Д., Петровская В. В., Лубашев Я. А. Оптимизация лучевой нагрузки при обследовании пациентов с патологией краниовертебральной области // Радиология – практика. 2024;(2):10-26. <https://doi.org/10.52560/2713-0118-2024-2-10-26>
3. Ультразвуковое исследование молочной железы / под ред. А.-М. Диксон; пер. с англ.; под ред. Н. И. Рожковой. М.: Практическая медицина, 2011. 288 с.: ил. ISBN 978-5-98811-194-8 (в пер.).
4. Состояние онкологической помощи населению России в 2023 году / под ред. А. Д. Каприна, В. В. Старинского, А. О. Шахзадовой. М.: МНИОИ им. П. А. Герцена – филиал ФГБУ «НМИЦ радиологии» Минздрава России, 2024. 262 с.: ил. URL: <https://oncology-association.ru/wp-content/uploads/2024/06/sop-2023-elektronnaya-versiya.pdf> (30.08.2024).
5. Технологический процесс рентгеновской маммографии / под ред. А. Д. Каприна, Н. И. Рожковой. М.: ГЭОТАР-Медиа, 2024. 144 с.: ил. <https://doi.org/10.33029/9704-8272-8-TPRM-2024-1-144>
6. Мануйлова О. О. Стереомаммография в диагностике заболеваний молочных желез: дис. ... канд. мед. наук: 14.01.13. / Мануйлова О. О. Москва, 2017. 183 с.

7. Маткевич Е. И. Сравнительная оценка лучевой нагрузки на пациентов при компьютерной томографии различных анатомических зон: дис. ... канд. мед. наук: 14.01.13. / Маткевич Е. И. Москва, 2017. 185 с.
8. Лучевая диагностика. Заболевания молочных желез / Уве Фишер, Фридман Баум, Сузанне Люфтнер-Нагель; пер. с англ.; под общ. ред. чл.-корр. РАН, проф. Б. И. Долгушина. 3-е изд. М.: МЕДпресс-информ, 2020. 256 с.: ил. ISBN 978-5-00030-770-0.
9. Ионизирующее излучение, радиационная безопасность. Оценка радиационного риска у пациентов при проведении рентгенорадиологических исследований: Методические рекомендации МР 2.6.1.0215-20. М., 2023. 32 с. ISBN 978-5-203080-65-3.
10. Контроль эффективных доз облучения пациентов при проведении медицинских рентгенологических исследований: Методические указания 2.6.1.2944-11. М.: Федеральный центр гигиены и эпидемиологии Роспотребнадзора, 2011. 38 с. ISBN 978-5-7508-1078-9
11. СанПиН 2.6.1.1192-03. Санитарные правила и нормативы. Гигиенические требования к устройству и эксплуатации рентгеновских кабинетов, аппаратов и проведению рентгенологических исследований: утвержден Главным государственным санитарным врачом РФ 14 февраля 2003 г.: введен 01.05.2003. URL: https://10.rospotrebnadzor.ru/upload/medialibrary/cfc/sanpin-2.6.1.1192_03.pdf (30.08.2024).

References

1. Vasil'ev A. Yu., Pavlova T. V., Buromskii I. V. Luchevaya diagnostika i profilaktika yatrogennykh povrezhdenii molochnoi zhelezy / A. Yu. Vasil'ev, T. V. Pavlova, I. V. Buromskii. M.: Izdatel'stvo IKAR, 2022. 180 s.: il. (In Russ.) <https://doi.org/10.56582/9785797407522>
2. Gukova A. D., Petrovskaya V. V., Lubashev Ya. A. Optimization of Radiation Expo-

- sure when Examining Patients with Pathology of the Craniovertebral Region. *Radiology – Practice*. 2024;(2):10-26. (In Russ.). <https://doi.org/10.52560/2713-0118-2024-2-10-26>
3. Ul'trazvukovoe issledovanie molochnoi zhelezy / pod red. A.-M. Dikson; per. s angl.; pod red. N. I. Rozhkovoi. M.: Prakticheskaya meditsina, 2011. 288 s.: il. (In Russ.). ISBN 978-5-98811-194-8 (v per.).
 4. Sostoyanie onkologicheskoi pomoshchi naseleniyu Rossii v 2023 godu / pod red. A. D. Kaprina, V. V. Starinskogo, A. O. Shakhzadovoi. M.: MNIOI im. P. A. Gertsena – filial FGBU «NMITs radiologii» Minzdrava Rossii, 2024. 262 s.: il. URL: <https://oncology-association.ru/wp-content/uploads/2024/06/sop-2023-elektronnaya-versiya.pdf> (30.08.2024). – Tekst: elektronnyi. (In Russ.).
 5. Tekhnologicheskii protsess rentgenovskoi mammografii / pod red. A. D. Kaprina, N. I. Rozhkovoi. M.: GEOTAR-Media, 2024. 144 s.: il. (In Russ.). <https://doi.org/10.33029/9704-8272-8-TPRM-2024-1-144>
 6. Manuilova O. O. Stereomammografiya v diagnostike zabolevani molochnykh zhelez: dis. ... kand. med. nauk: 14.01.13. / Manuilova O. O. Moskva, 2017. 183 s. (In Russ.).
 7. Matkevich E. I. Sravnitel'naya otsenka luchevoi nagruzki na patsientov pri komp'yuternoi tomografii razlichnykh anatomicheskikh zon: dis. ... kand. med. nauk: 14.01.13. / Matkevich E. I. Moskva, 2017. 185 s. (In Russ.).
 8. Luchevaya diagnostika. Zabolevaniya molochnykh zhelez / Uve Fisher, Fridman Baum, Suzanne Lyuftner-Nagel'; per. s angl.; pod obshch. red. chl.-korr. RAN, prof. B. I. Dolgushina. 3-e izd. M.: MEDpress-inform, 2020. 256 s.: il. (In Russ.). ISBN 978-5-00030-770-0.
 9. Ioniziruyushchee izluchenie, radiatsionnaya bezopasnost'. Otsenka radiatsionnogo riska u patsientov pri provedenii rentgenoradiologicheskikh issledovaniy: Metodicheskie rekomendatsii MR 2.6.1.0215-20. M., 2023. 32 s. (In Russ.). ISBN 978-5-203080-65-3.
 10. Kontrol' effektivnykh doz oblucheniya patsientov pri provedenii meditsinskikh rentgenologicheskikh issledovaniy: Metodicheskie ukazaniya 2.6.1.2944-11. M.: Federal'nyi tsentr gigieny i epidemiologii Rospotrebnadzora, 2011. 38 s. (In Russ.). ISBN 978-5-7508-1078-9
 11. SanPiN 2.6.1.1192-03. Sanitarnye pravila i normativy. Gigienicheskie trebovaniya k ustroystvu i ekspluatatsii rentgenovskikh kabinetov, apparatov i provedeniyu rentgenologicheskikh issledovaniy: utverzhden Glavnym gosudarstvennym sanitarnym vrachom RF 14 fevralya 2003 g.: vveden 01.05.2003. URL: https://10.rospotrebnadzor.ru/upload/medialibrary/cfc/sanpin2.6.1.1192_03.pdf (30.08.2024). Tekst: elektronnyi (In Russ.).

Сведения об авторах / Information about the authors

Павлова Тамара Валерьевна, доктор медицинских наук, старший научный сотрудник клинического отдела ООО «Центральный научно-исследовательский институт лучевой диагностики», врач-рентгенолог отделения лучевой диагностики Городской клинической больницы им. В. М. Буянова Департамента здравоохранения города Москвы, Москва, Россия.

115516, г. Москва, Бакинская ул., д. 26.

+7 (916) 483-14-92

Вклад автора: создание концепции, формулирование исследовательских целей, задач, проведение инструментальных исследований, анализ и обобщение результатов исследования, критический пересмотр текста рукописи.

Pavlova Tamara Valer'evna, M. D. Med., Professor, Radiologist of Department of Radiation Diagnostic City Clinical Hospital named after V. M. Buyanov, Moscow Healthcare Department, Moscow, Russia.

26, Bakinskaya str., Moscow, 115516, Russia.

+7 (916) 483-14-92

The author's contribution: the creation of a concept, the formulation of research goals, objectives, conducting instrumental research, analysis and generalization of research results, critical revision of the text of the manuscript.

Митрохина Ольга Андреевна, преподаватель кафедры лучевой диагностики и лучевой терапии ОТКЗ «Медицинский институт им. С. И. Георгиевского» ФГАОУ ВО «Крымский федеральный университет имени В. И. Вернадского», врач-рентгенолог, и. о. заведующей лечебно-диагностическим отделением ГБУЗ РК «Симферопольская клиническая больница», Симферополь, Россия.

295043, г. Симферополь, ул. Киевская, 142.

+7 (978) 723-41-87

Вклад автора: сбор данных литературы, анализ и обобщение данных литературы, создание модели исследования, проведение инструментальных исследований, анализ и обобщение результатов исследования, написание текста статьи, визуализация, формулировка выводов.

Mitrokhina Olga Andreevna, teacher of the department of radiation diagnostics and radiation therapy Medical Institute named after S. I. Georgievsky of the FSAEI of HE "Crimean Federal University named after V. I. Vernadsky", Radiologist, Head of Medical and Diagnostic Department Simferopol Clinical Hospital, Simferopol, Russia.

142, Kievskaya str., Simferopol, 295043, Russia.

+7 (978) 723-41-87

The author's contribution: collection of literature data, analysis and generalization of literature data, creation of a research model, conducting instrumental research, analysis and generalization of research results, writing the text of the article, visualization, formulation of conclusions.

Варламов Сергей Андреевич, ведущий инженер-интегратор лаборатории ООО НТЦ-МТ, Москва, Россия. 140030, Московская область, городской округ Люберцы, рабочий поселок Малаховка, микрорайон Овражки, улица Лесопитомник, 10/1.

+7 (905) 589 65 18

Вклад автора: разработка методологии исследования, проведение инструментальных исследований, редактирование публикации.

Varlamov Sergey Andreevich, Lead Laboratory Integrator Engineer STC-MT, Moscow, Russia.

10/1, Lesopitomnik str., village Malakhovka, Ovrazhki, Lyuberetsky district, Moscow region, 140030, Russia.

+7 (905) 589-65-18

Author's contribution: development of research methodology, conducting instrumental research, editing a publication.

Статья поступила в редакцию 31.08.2024;
одобрена после рецензирования 15.10.2024;
принята к публикации 15.10.2024.

The article was submitted 31.08.2024;
approved after reviewing 15.10.2024;
accepted for publication 15.10.2024.