



ОРИГИНАЛЬНЫЕ СТАТЬИ

Оригинальная статья

УДК 616-073.7

<https://doi.org/10.52560/2713-0118-2024-6-11-22>

Обзор физико-технических и функциональных параметров сканирования на современных конусно-лучевых компьютерных томографах

Никита Юрьевич Переверзев¹, Николай Николаевич Блинов², Елена Геннадиевна Горлычева³

^{1, 2} ФГАОУ ВО «Национальный исследовательский ядерный университет “МИФИ”», Москва, Россия

^{1, 2, 3} НПАО «Амико», Москва, Россия

¹ pereverzec2107@gmail.com, <https://orcid.org/0009-0007-7408-0823>

² nblinov@amico.ru, <https://orcid.org/0000-0002-0385-3864>

³ elenagorlycheva@gmail.com, <https://orcid.org/0009-0005-9476-5171>

Автор, ответственный за переписку: Никита Юрьевич Переверзев, pereverzec2107@gmail.com

Аннотация

Актуальность. Конусно-лучевая компьютерная томография (КЛКТ) находит широкое применение в стоматологии и других областях медицины благодаря высокому качеству изображений и низкой лучевой нагрузке. Усовершенствованные модели томографов позволяют проводить исследования различных анатомических областей, что подчеркивает важность понимания изменений в их физических и технических характеристиках для оптимального соотношения между качеством изображения и лучевой нагрузкой.

Обзор литературы. В статье проведен анализ физико-технических и функциональных параметров различных современных конусно-лучевых компьютерных томографов, которые имеются в открытом доступе — центральной печати или представлены на официальных сайтах производителей. В рамках исследования проведен сбор и анализ данных о физико-технических и функциональных параметрах 11 конусно-лучевых томографов различных производителей, укомплектованных столом пациента или имеющих возможность дооснащения им для проведения исследования с позиционированием объекта исследования в горизонтальном положении. Полученные данные сопоставлялись с параметрами конусно-лучевых томографов, используемых для исследования челюстно-лицевой области.

Заключение. Конструктивные особенности нового поколения конусно-лучевых томографов увеличивают вариативность функциональных возможностей, способствуя расширению спектра диагностических методик. В открытых источниках отсутствует информация о расстояниях между излучателем и детектором, а также о расстояниях объект — детектор, что не дает возможности сделать выводы об инженерно-физических решениях в конус-

© Переверзев Н. Ю., Блинов Н. Н., Горлычева Е. Г., 2024

но-лучевых томографах, которые в значительной степени влияют на качество получаемых изображений.

Ключевые слова: конусно-лучевой компьютерный томограф, стол пациента

Для цитирования: Переверзев Н. Ю., Блинов Н. Н., Горлычева Е. Г. Обзор физико-технических и функциональных параметров сканирования на современных конусно-лучевых компьютерных томографах // Радиология — практика. 2024;6:11-22. <https://doi.org/10.52560/2713-0118-2024-6-11-22>

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

Review of Physicotechnical and Functional Scanning Parameters on Modern Cone-Beam Computed Tomographs

Nikita Yu. Pereverzev¹, Nikolay N. Blinov², Elena G. Gorlycheva³

^{1, 2} Federal State Autonomous Educational Institution of Higher Education «National Research Nuclear University “MEPhI”», Moscow, Russia

^{1, 2, 3} NP JSC “Amico”

¹ pereverzec2107@gmail.com, <https://orcid.org/0009-0007-7408-0823>

² nblinov@amico.ru, <https://orcid.org/0000-0002-0385-3864>

³ elenagorlycheva@gmail.com, <https://orcid.org/0009-0005-9476-5171>

Corresponding author: Nikita Yu. Pereverzev, pereverzec2107@gmail.com

Abstract

Relevance. Cone beam computed tomography (CBCT) is widely used in dentistry and other fields of medicine due to the high image quality and low radiation load. Advanced models of tomographs allow for studies of various anatomical areas, which emphasizes the importance of

understanding changes in their physical and technical characteristics for an optimal ratio between image quality and radiation load.

Review. The article analyzes the physical, technical and functional parameters of scanning various modern cone-beam computed tomographs (CBCT), which are available in the public domain — central printing or presented on the official websites of manufacturers. As part of the study, data were collected and analyzed on the physical, technical and functional parameters of 11 cone-beam tomographs from various manufacturers equipped with a tomographic table or having the possibility of retrofitting with a tomographic table for conducting research with the positioning of the object of study in a horizontal position. The data obtained were compared with the parameters of cone-beam tomographs used to study the maxillofacial region.

Conclusions. The design features of the new generation of cone beam tomographs increase the variability of functionality, contributing to the expansion of the range of diagnostic techniques. There is no information in open sources about the distances between the emitter and the detector, as well as the object-detector distance, which makes it impossible to draw conclusions about the mechanical and physical solutions in cone beam tomographs, which significantly affects the quality of the images obtained.

Keywords: Cone-Beam Computed Tomography, Patient Table

For citation: Pereverzev N. Yu., Blinov N. N., Gorlycheva E. G. Review of physico-technical and functional parameters of scanning on modern cone-beam computed tomographs. *Radio-logy — Practice*. 2024;6:11-22. (In Russ.). <https://doi.org/10.52560/2713-0118-2024-6-11-22>

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

Конусно-лучевая компьютерная томография (КЛКТ) уже нашла широкое применение в стоматологии, челюстно-лицевой хирургии и оториноларингологии [4]. Данный метод исследования зарекомендовал себя благодаря получению изображений высокого качества и информативности в сочетании со сниженной лучевой нагрузкой. Хорошая детализация плотных анатомиче-

ских структур, высокое пространственное разрешение, быстрота в проведении исследования постепенно привели к увеличению интереса врачей общемедицинских специальностей к применению данной методики. Ряд производителей конусно-лучевых томографов стал разрабатывать системы, оснащенные столом пациента, тем самым давая возможность проведения исследований дистальных отделов конечностей, ма-

лых суставов, а последние модели таких систем позволяют проводить исследования и крупных сегментов с помощью конического луча. Для растущего интереса со стороны медицинских работников к данной методике важно понимать, какие изменения в физико-технических параметрах и функционале претерпевает новое поколение конусно-лучевых томографов, чтобы данный метод продолжал иметь оптимальное соотношение «качество изображения — лучевая нагрузка».

Обзор литературы

Первое упоминание КЛКТ представлено в публикации Р. Mozzo и соавт. в 1998 г. В своей работе авторы представили новый тип компьютерной томографии и его применение в челюстно-лицевой хирургии и стоматологии [6]. Первый конусно-лучевой компьютерный томограф, разработанный компанией QR s.r.l. (Италия), был представлен на стоматологической выставке в Милане. Томограф представлял собой сканирующий блок со столом пациента. Конструкция была не сквозного типа, поэтому данная система была представлена для широкой публики в качестве стоматологической.

В качестве излучателя использовался моноблок, анодное напряжение составляло 110 кВ, детектором являлся рентгеновский электронно-оптический преобразователь (РЭОП) с диаметром 12 дюймов, а максимальное поле сканирования имело форму шара диаметром 15 см. Впоследствии компания QR s.r.l. (Италия) усовершенствовала первый томограф, внедрив новые технологии, и выпустила обновленные модели конусно-лучевых систем серии NewTom™, которые сейчас применяются лучевыми диагностами для оценки патологических и воспалительных процессов различных анатомических сегментов.

В отечественной литературе в 2012 г. в работе А. Ю. Васильева и соавт. впервые был поднят вопрос о примене-

нии КЛКТ в травматологии и представлено новое поколение КЛК-томографа. Авторами были описаны следующие преимущества: высокое пространственное разрешение; отсутствие артефактов от металлоконструкций; быстрота проведения исследования. Особый вклад в развитие конусно-лучевых компьютерных томографов в диагностике дистальных отделов конечностей, ревматоидных артритов и малых суставов внесла Макарова Д. В. и соавт. (2015). В своих статьях о применении данного метода она использовала результаты сканирований, получаемых с конусно-лучевого томографа NewTom 5G производства QR s.r.l. (Италия), оснащенного столом пациента. Данная модель является концептуальным продолжением системы 1990-х годов NewTom 9000, который был первым томографом, разработанным для использования в области челюстно-лицевой диагностики [5]. Тем не менее NewTom 5G сильно шагнул вперед, тем самым показывая пользователям и инженерам, что дальнейшее развитие метода подразумевало улучшение аппаратных составляющих конусно-лучевых томографов. Для оценки тенденции развития конусно-лучевых систем с горизонтальным расположением пациента важно отметить такие компоненты и составляющие томографов со столом пациента, как система обработки получаемых данных, виды используемых рентгеновских трубок и типы детекторов.

Конусно-лучевая компьютерная томография, как и мультиспиральная компьютерная томография (МСКТ), является трансмиссионным методом получения медицинских изображений. Различие состоит в том, что в случае с КЛКТ пучок рентгеновских квантов, формируемых рентгеновской трубкой, будет конусным, а в случае с МСКТ — веерным. Это, в свою очередь, оказывает свое влияние на контрастность получаемых изображений, лучевую нагрузку, время сканирования [7]. Также видоизменяется ма-

тематика восстановления изображения. Зачастую для восстановления изображений применяется алгоритм Фельдкампа, являющийся по своей сути алгоритмом фильтрации обратных проекций. Тем не менее в этом алгоритме данные проекции сначала подвергаются обратному преобразованию, а уже после фильтруются для уменьшения шума и артефактов.

КЛКТ обычно требует менее высокой мощности, чем МСКТ, из-за небольшой скорости сканирования и необходимости получения меньшего количества срезов за один оборот. Это означает, что рентгеновская трубка МСКТ может потреблять больший ток и иметь более высокое выходное напряжение. Как следствие, КЛК-томограф может иметь более узкий диапазон энергии рентгеновского излучения, что будет отражаться на диагностических способностях оборудования, основанного на данном методе. При этом лучевая нагрузка, получаемая пациентом в процессе проведения сканирования, является важным фактором для определения метода проводимой диагностики. Так, эффективная доза, необходимая для получения одного снимка стопы с помощью традиционной рентгенографии, составляет 0,001 мЗв по сравнению с 0,07 мЗв для одного такого же снимка с помощью обычной компьютерной томографии и 0,01–0,03 мЗв для одного снимка стопы с помощью КЛКТ, что соответствует $\leq 1\%$ от среднего значения годовой дозы облучения, получаемой населением согласно НРБ-99/2009 (5 мЗв/год), или эквивалентная 10 обычным рентгеновским прицельным снимкам. Высокая разрешающая способность при сравнительно низкой лучевой нагрузке, возможность оценки мелких костных и плотных мягкотканых структур, а также минимальное количество артефактов от металлоконструкций и высокоплотных инородных тел позволяют применять КЛКТ как приоритетную методику на первичном этапе обследования и при

динамическом контроле результатов лечения пациентов с повреждениями и некоторыми заболеваниями дистальных отделов конечностей, заменяя стандартную рентгенографию [1]. Еще одним существенным отличием КЛКТ-технологии является тот факт, что соединение рентгеновской трубки со схемой питания томографа является более надежным из-за отсутствия необходимости быстрого вращения на углы более 360 градусов. В МСКТ данная проблема решается за счет вращающихся валов и токопроводящих колец, что добавляет сложности конструкции, а как следствие требует регулярного обслуживания данных элементов.

Обращает на себя внимание тенденция к выбору рентгеновских трубок с меньшим размером фокусного пятна по сравнению со стоматологическими КЛКТ [7]. Площадь фокусного пятна анода влияет на мощность и время экспозиции. Увеличение скорости вращения анода позволяет распределить тепловую нагрузку на большую область фокусного пятна и обеспечить за счет этого более короткое время экспозиции. Именно поэтому в приведенных в данном исследовании системах со столом пациента зачастую установлена рентгеновская трубка с вращающимся анодом. Некоторыми производителями предусмотрено изменение размера фокусного пятна. Это достигается с помощью физического переключения между двумя нитями накала, с которых происходит эмиссия электронов в рентгеновской трубке.

В сравнении характеристик рентгеновских трубок для КЛКТ-систем со столом пациента и стоматологических КЛКТ прослеживается тенденция на увеличение напряжения и токов на трубке, зачастую появляется возможность вращения анода (табл. 1). Все эти факторы находятся в жесткой взаимосвязи с конструктивом томографов со столом, а конкретно размером апертуры гентри

(параметр, который существенно изменяется при переходе от конструкций на

колонне к горизонтальным конструкциям со столом пациента).

Таблица 1

**Сравнение характеристик рентгеновских трубок КЛКТ-систем
с томографическим столом и стоматологических КЛКТ-систем на колонне**

Тип КЛКТ-системы	Со столом пациента			Стоматологические		
Производитель/модель	NewTom 5G XL	Animage Fidex GT	PlanMed Verity	NewTom Giano HR	ProMax 3D Classic	Vatech A9
Напряжение трубки, кВ	75/110	50–120	80–96	60–90	60–90	60–99
Ток, мА	5–32	2,4–120	2,4–120	2–16	1–14	4–10
Размер фокусного пятна, мм	0,3	0,3/0,6	0,5	0,5	0,5	0,5
Вращающийся анод	Есть	Есть	Нет	Нет	Нет	Нет

Оценивая технические параметры конусно-лучевых компьютерных томографов, оснащенных столом пациента или имеющих возможность дооснащения им, размер детектора является характерной отличительной чертой. Изначально в КЛКТ для детектирования изображений использовались электронно-оптические преобразователи и ПЗС-матрицы (прибор с зарядовой связью) в качестве приборов для преобразования рентгеновского излучения в электрический ток. Однако со временем они были заменены плоскпанельными детекторами [5], которые сейчас активно применяются в современных КЛКТ со столом пациента (табл. 2). Плоскпанельные детекторы обладают рядом преимуществ перед электронно-оптическими преобразователями, такими как более высокое пространственное разрешение, меньшие искажения изображения, меньшие шумы, более широкий динамический диапазон сканирования и возможность динамического получения серии изображений. Они также более чувствительны к рентгеновскому излучению, что позволяет снизить лучевую нагрузку на пациентов.

В настоящее время на рынке стоматологических конусно-лучевых томографов особое распространение получили порядка 11 торговых марок. Почти все системы, используемые в стоматологии, схожи между собой по техническим параметрам:

1. Напряжение на рентгеновской трубке составляет от 60 до 99 кВ.
2. Максимальный анодный ток колеблется в диапазонах от 2–16 мА.
3. Расстояние источник — детектор в диапазоне от 500–620 мм.
4. Размер фокусного пятна от 0,5–0,6 мм.
5. Размер плоскпанельного детектора от 10×10 см до 16×16 см.
6. Максимальный размер поля сканирования без сшивания объемов от 8×6 до 16×10 см.

Для анализа систем с горизонтальным расположением пациента были выделены модели томографов, оснащенных столом пациента или имеющих возможность дооснащения им, представленные в данный момент на рынке:

1. NewTom 5G (QR s.r.l., Италия)
2. NewTom 5G XL (Cefla s.c., Италия)
3. NewTom 7G (Cefla s.c., Италия)

4. Planmed Verity (Planmed oy, Финляндия)
 5. Claris V (iCRco inc., США)
 6. TC460 (SONTU Medical Imaging Equipment Co., Ltd, Китай)
 7. Vimago GT30 Pico (Epica, США)
 8. DeteCT (JPI Healthcare, США / Китай)
 9. Fidex-GT (Animage LLC, США)
 10. iRay CBCT (iRay Tecnology LTD, Китай)
 11. Large V Ultra 3D (LargeV Instrument corp. LTD, Китай)
- Выявив основные узлы конусно-лучевых компьютерных томографов и их специфику, в табл. 2 были представлены физико-технические и функциональные параметры конусно-лучевых томографов. Данные взяты из открытых источников.
- Наличие стола пациента или возможности дооснащения им ведет за со-

Таблица 2

Физико-технические и функциональные параметры конусно-лучевых компьютерных томографов, имеющих в своем составе стол пациента или возможность дооснащения им

Модель	Напряжение излучателя, кВ	Размер фокусного пятна, мм (используемый)	Тип анода (!)	Ток, мА	Угол съемки, °	Апертура гентри, см	Размер поля сканирования без сшивания объемов, см	Размер детектора	Расстояние «источник излучения — детектор»	Функции
NewTom 5G	110	0,3	Да	1–20	360	58	18 × 16	25 × 20	970	—
NewTom 5G XL	75 или 110	0,3	Да	5–32	360	58	21 × 19	26 × 30	970	*
NewTom 7G	75–120	0,3/0,6	Да	5–120	360	77	29 × 17	30 × 30	980	*, **, ***
Planmed Verity	80–96	0,6	Нет	2,4–12	210	30	13 × 16	—	580	Поворотный гентри
Claris V	120	0,3/0,6	Да	100	—	71/79	30 × 13	43 × 43	—	—
Sontu TC460	40–125	0,3/0,6	—	1–12	—	46	—	—	—	—
Epica Vimago	50–120	0,75	Нет	10	—	59	—	—	—	—
DeteCT	40–120	0,6/1,2	—	1–200	360	75	—	—	—	—
Fidex-GT	40–120	0,3/0,6	Да	2,4–120	—	—	24 × 54	—	—	*, ***
iRay CBCT	40–125	0,3/0,6	Да	0,5–100	360	56	23 × 18	470 × 470	855	**, ***
Large V Ultra 3D	1	60–100	0,5	Да	2–10	360	60	—	—	—
	2	60–120	0,25	Да	2–10		—	—	—	—

Примечание: * — функция съемки в динамике; ** — функция скопии; *** — функция графии; ! — с возможностью вращения и без.

бой ряд преимуществ с точки зрения проведения обследования:

1. Возможность проведения исследования под седацией.
2. Возможность сканирования более крупных анатомических объектов.
3. Комфортное положение для пациента, имеющего сложности в нахождении неподвижно в вертикальном положении.

Исследования под седацией являются преимуществом, поскольку возникает возможность сканирования детей или животных. То есть объектов, которые не могут в течение времени сканирования быть неподвижными. Время сканирования при этом также является важным фактором при выборе метода исследования, в сочетании с реальным временем эмиссии, которое влияет на лучевую нагрузку, полученную пациентом при проведении сканирования. Однако важно отметить, что данные о времени сканирования редко представлены в доступных источниках, а реальное время эмиссии вовсе отсутствует в качестве параметра, выдаваемого производителем в общий доступ.

С технической точки зрения наличие стола пациента неизбежно влечет за собой необходимость увеличения размеров полей сканирования и ряда других важных показателей, поскольку подразумевает использование оборудования для сканирования крупных анатомических сегментов. Увеличение анодного напряжения является закономерной тенденцией в ходе развития технологии, поскольку увеличение размера поля сканирования, выполненного за один оборот гентри, и сканирования более плотных анатомических структур приводит к необходимости еще и увеличения, в значительной степени, силы тока. Диапазон значений силы тока увеличивается от 2 до 10 раз по сравнению с дентальными КЛКТ, дабы обеспечить специалистам хорошее качество получаемых изображений. Важно отметить,

что при этом производители редко передают в открытые источники данные по лучевой нагрузке, которая зависит от параметров сканирования, а значит, может поставить под сомнение целесообразность проведения данного вида обследования, если польза от проведенного сканирования будет недостаточна.

С увеличением запроса на проведение обследований более крупных анатомических объектов неизбежным является увеличение апертуры гентри и необходимость увеличения поля сканирования (FOV-Field of View). Анализируя информацию из открытых источников, становится очевидно, что даже при применении полноразмерных (43×43 см) детекторов остается необходимость увеличения поля сканирования, так как его геометрические размеры, несмотря на увеличенный размер детектора, остаются достаточно малыми, что не позволяет в полной мере провести сканирование крупного объекта, ради чего и создавались эти системы. Так, у модели Claris V при наличии полноразмерного детектора размером 43×43 см размер FOV без проведения сшивания отсканированных объемов составляет 30×13 см. А у модели NewTom 7G, имеющей размер детектора 30×30 см, производитель добился размера 29×17 см. Важно отметить, что размеры полей сканирования около 20×17 см достаточны для проведения сканирования челюстно-лицевой области. А вот для обследования плечевых, тазобедренных суставов, грудного и брюшного отделов такие размеры недостаточны. Однако даже при наличии сравнительно небольших полей сканирования в научной литературе встречается большое количество публикаций по изучению возможностей визуализации малых суставов, например, у таких авторов, как Макарова Д. В. и соавт. (2015), проводивших свое исследование на томографе NewTom 5G. При этом специалистами отмечается ряд преимуществ по качеству получае-

мых изображений в сравнении с другими методами диагностики.

Производители по-разному решают вопрос об увеличении размеров полей, кто-то использует увеличенные размеры детектора (данные представлены в табл. 2), кто-то применяет сшивку объемов, получаемых из нескольких сканирований. Увеличение числа сканирований, необходимых для расширения размера поля сканирования, также будет увеличивать лучевую нагрузку на пациента. При этом важно помнить, что метод КЛКТ отличается, в значительной степени, сниженной лучевой нагрузкой на пациента по сравнению с МСКТ.

Одним немаловажным фактором является отсутствие в открытых источниках информации о расстояниях между источником и детектором (РИД), а также расстояний «объект — детектор», что не дает возможности сделать вывод о качестве получаемых изображений в полном объеме. Так, изменение значений данных расстояний может привести к:

1. Улучшению пространственного разрешения. При увеличении РИД за счет уменьшения геометрического разброса лучей.
2. Снижению уровня облучения. Поскольку рентгеновское излучение распространяется в пространстве, увеличение расстояния между источником и детектором может снизить интенсивность излучения в области интереса и за ее пределами.
3. Влияние на геометрические искажения. Увеличение РИД может привести к искажению размеров и форм анатомических структур и усложнить интерпретацию изображений, особенно в краевых областях.
4. Влияние на время сканирования. Увеличение РИД может повлиять на продолжительность сканирования из-за необходимости преодоления большего расстояния лучами рентгеновского излучения. Это мо-

жет быть особенно заметно при сканировании больших областей тела.

Важно также понимать, что сравнительно небольшие на данном этапе развития технологии поля сканирования делают метод конусно-лучевой компьютерной томографии лимитированным, так как информация о месте локализации исследуемого сегмента должна быть известна специалисту заранее для подбора оптимального размера поля сканирования и правильного позиционирования пациента. Однако некоторые производители, например в аппарате NewTom 7G, уже стремятся за счет внедрения дополнительных методов диагностики, таких как графия, дать возможность специалисту сначала получить топографическую картину исследуемого объекта, после чего специалист определяет локализацию патологического процесса и выполняет подбор оптимальных параметров сканирования.

Производители расширяют функциональные возможности конусно-лучевых томографов, добавляя такие методы лучевой диагностики, как графия и скопия. Функция графии реализуется в сочетании с вращающимся гентри, позволяя оператору проводить графическое обследование под различными углами обзора. Функция скопии, имеющая ограничение по продолжительности, позволяет специалисту провести динамическое исследование для оценки функциональной способности сустава или для отслеживания контрастирования объекта. Таким образом у современных конусно-лучевых томографов появляется мультифункциональность, что впоследствии, при подборе оптимальных физико-технических параметров, может позволить данным системам занять лидирующее место на рынке, став универсальным томографом.

Заключение

Несмотря на полученное широкое распространение методики конусно-лу-

чевой компьютерной томографии, данный метод сравнительно недавно стал применяться для исследования анатомических объектов, отличных от челюстно-лицевой области. Однако уже порядка 11 производителей представили на рынке КЛКТ со столом пациента или возможностью дооснащения им. Необходимость сканирования и изучения объектов больших размеров привела к изменению габаритов томографов, апертуры гентри, размеров детекторов, используемых в системах, а также увеличению таких параметров, как напряжение на рентгеновской трубке и сила тока. Однако важно отметить, что наряду с улучшенными физико-техническими параметрами и расширенным спектром методов диагностики, используемых в одной системе, общая тенденция ведет к приближению по конструктивным параметрам таких томографов к привычным МСКТ. Также на данном этапе развития конусно-лучевых томографов со столом пациента отсутствуют достоверные данные по реально получаемым лучевым нагрузкам на пациентов в сравнении с информативностью изображения.

Однозначно можно сказать, что данная методика проведения исследования развивается, производители еще не пришли к оптимальным решениям по соотношению «физико-технические параметры — информативность изображения — лучевая нагрузка». Некоторые производители приближают свои системы с точки зрения параметров подготовки к сканированию к МСКТ, но процесс разработки оптимальной модели еще не завершен.

Список источников

1. Васильев А. Ю., Блинов Н. Н. (мл.), Егорова Е. А., Кушнир К. В., Макарова Д. В., Горлычева Е. Г., Пожарова Г. П. Возможности конусно-лучевой компьютерной томографии в диагностике повреждений и заболеваний опорно-двигательного аппарата // Рос-

сийский Электронный Журнал Лучевой Диагностики. 2015. Т. 5, № 2. С. 141–142.

2. Макарова Д. В., Кушнир К. В., Горлычева Е. Г., Егоров М. В. Возможности конусно-лучевой компьютерной томографии при оценке изменений суставов кисти и запястья у пациентов с ревматоидным артритом // Медицинская визуализация. 2015. № 4. С. 109–115.
3. Титов А. Д. Конусно-лучевая компьютерная томография (КЛКТ) // Центральная научная вестник. 2017. № 10 (27). С. 27–28.
4. Шолохова Н. А., Жарков Д. К. Конусно-лучевая компьютерная томография в диагностике остеомиелита конечностей у детей и подростков (обзор литературы с клиническими наблюдениями) // Радиология — практика. 2023. № 2. С. 11–23. <https://doi.org/10.52560/2713-0118-2023-2-11-23>
5. Kaasalainen T., Ekholm M., Siiskonen T., Kortensniemi M. Dental Cone Beam CT: An Updated Review. *Physica Medica*. 2021;88:193-217. <https://doi.org/10.1016/j.ejmp.2021.07.007>
6. Mozzo P., Procacci C., Tacconi A., Martini P. T., Andreis I. A. A New Volumetric CT Machine for Dental Imaging Based on the Cone Beam Technique: Preliminary Results. *European Radiology*. 1998;8(9): 1558-1564. <https://doi.org/10.1007/s003300050586>
7. Zhao C., Herbst M., Vogt S., Ritschl L., Kappler S., Siewerdsen J. H., Morgan R. H., Zbijewski W. Cone-beam Imaging with Tilted Rotation Axis: Method and Performance Evaluation. *Medical physics*. 2020;47(8):3305-3320. <https://doi.org/10.1002/mp.14209>

References

1. Vasiliev A. Yu., Blinov N. N. (Jr.), Egorova E. A., Kushnir K. V., Makarova D. V., Gorlycheva E. G., Pozharova G. P. Possibilities of Cone Beam Computed Tomography in the Diagnosis of Injuries and Diseases of the Musculoskeletal System.

- Russian Electronic Journal of Radiology*. 2015;5(2):141-142. (In Russ.).
2. Makarova D. V., Kushnir K. V., Gorlycheva E. G., Egorov M. V. Cone-Beam CT Opportunities in Assessment of Hand and Wrist Joints in Patients with Rheumatoid Arthritis. *Medical visualization*. 2015;4: 109-115. (In Russ.).
 3. Titov A. D. Cone Beam Computed Tomography (CBCT). *Central Science Bulletin*. 2017;10(27):27-28. (In Russ.).
 4. Sholokhova N. A., Zharkov D. K. Cone Beam Computed Tomography in the Diagnosis of Limb Osteomyelitis in Children and Adolescents (Literature Review with Clinical Observations). *Radiology — Practice*. 2023;2:11-23. (In Russ.). <https://doi.org/10.52560/2713-0118-2023-2-11-23>
 5. Kaasalainen T., Ekholm M., Siiskonen T., Kortensniemi M. Dental Cone Beam CT: An Updated Review. *Physica Medica*. 2021;88:193-217. <https://doi.org/10.1016/j.ejmp.2021.07.007>
 6. Mozzo P., Procacci C., Tacconi A., Martini P. T., Andreis I. A. A New Volumetric CT Machine for Dental Imaging Based on the Cone Beam Technique: Preliminary Results. *European Radiology*. 1998;8(9): 1558-1564. <https://doi.org/10.1007/s003300050586>
 7. Zhao C., Herbst M., Vogt S., Ritschl L., Kappler S., Siewerdsen J. H., Morgan R. H., Zbijewski W. Cone-beam Imaging with Tilted Rotation Axis: Method and Performance Evaluation. *Medical physics*. 2020;47(8):3305-3320. <https://doi.org/10.1002/mp.14209>

Сведения об авторах / Information about the authors

Переверзев Никита Юрьевич, магистр кафедры медицинской физики ФГАОУ ВО «Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ»», Москва, Россия / инженер отдела перспективных технологий, НПО «Амико», Москва, Россия.

115409, г. Москва, Каширское шоссе, д. 31 / 117105, г. Москва, Варшавское ш., д. 1с2, оф. А213.
+7 (495) 788-5699 / +7 (495) 742-4160

Вклад автора: создание концепции научного направления; анализ литературы, написание текста; участие в сборе материала; работа с изображениями и подписуемыми подписями; одобрение окончательной версии статьи перед ее подачей для публикации.

Pereverzev Nikita Yurievich, Master of the Department of Medical Physics, Federal State Autonomous Educational Institution of Higher Education «National Research Nuclear University «MEPhI»», Moscow, Russia / Engineer, Department of Advanced Technologies, NP JSC Amico, Moscow, Russia.

b. 31, Kashirskoe av., Moscow, 115409, Russia / b. 1c2, office A213, Varshavskoe av., Moscow, 117105, Russia
+7 (495) 788-5699 / +7 (495) 742-4160

Contribution of the author: creation of the concept of the scientific direction; literature analysis, text writing; participation in the collection of material; work with images and captions; approval of the final version of the article before submitting it for publication.

Блинов Николай Николаевич, доктор технических наук, профессор кафедры медицинской физики, ФГАОУ ВО «Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ»», Москва, Россия / директор, НПО «Амико», Москва, Россия.

115409, г. Москва, Каширское шоссе, д. 31 / 117105, г. Москва, Варшавское ш., д. 1с2, оф. А213.
+7 (495) 788-5699 / +7 (495) 742-4160

Вклад автора: создание концепции научного направления, одобрение окончательной версии статьи перед ее подачей для публикации.

Blinov Nikolay Nikolaevich, Doctor of Technical Sciences, Professor of the Department of Medical Physics, National Research Nuclear University MEPhI, Moscow, Russia / Director, NP JSC Amico, Moscow, Russia.

b. 31, Kashirskoe av., Moscow, 115409, Russia / b. 1c2, office A213, Varshavskoe av., Moscow, 117105, Russia.
+7 (495) 788-5699 / +7 (495) 742-4160

Contribution of the author: creation of the concept of the scientific direction; approval of the final version of the article before submitting it for publication.

Горлычева Елена Геннадиевна, начальник отдела томографов, НПАО «Амико», Москва, Россия.
117105, г. Москва, Варшавское ш., д. 1с2, оф. А213.
+7 (495) 742-4160

Вклад автора: создание концепции научного направления, одобрение окончательной версии статьи перед ее подачей для публикации.

Gorlycheva Elena Gennadiievna, head of the tomography department, NP JSC Amico, Moscow, Russia.
b. 1c2, office A213, Varshavskoe av., Moscow, 117105, Russia.
+7 (495) 742-41-60

Contribution of the author: creation of the concept of the scientific direction; approval of the final version of the article before submitting it for publication.

Статья поступила в редакцию 29.07.2024;
одобрена после рецензирования 01.10.2024;
принята к публикации 01.10.2024.

The article was submitted 29.07.2024;
approved after reviewing 01.10.2024;
accepted for publication 01.10.2024.