

Лапшин Тимофей Алексеевич Студент 1 курса медицинского факультета
университета "Синергия"

Водолаженко Роман Анатольевич

кандидат технических наук, доцент кафедры прикладной математики
университета "Синергия»

Демьяненко Наталья Геннадьевна, Научный сотрудник, кандидат
медицинских наук, врач-пульмонолог ФГБНУ "ЦНИИТ"

ФИЗИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ И ОСОБЕННОСТИ ВЫСОКОРАЗРЕШАЮЩЕЙ КОМПЬЮТЕРНОЙ ТОМОГРАФИИ

Аннотация. Данная статья посвящена рассмотрению физических основ и особенностей высокоразрешающей компьютерной томографии (ВРКТ) как мощного инструмента контроля различных видов заболеваний и медицинской диагностики. Подробно анализируются принципы формирования изображения, влияние параметров рентгеновского излучения и геометрии сканирования на разрешение и качество получаемых данных. Особое внимание уделяется артефактам, возникающим при ВРКТ, и методам их минимизации. Рассматриваются примеры применения ВРКТ в медицине, а также перспективы дальнейшего развития данного метода.

Annotation. This article is devoted to the consideration of the physical foundations and features of high resolution computed tomography (HRKT) as a powerful tool for non-destructive testing and medical diagnostics. The principles of image formation, the influence of X-ray parameters and scanning geometry on the resolution and quality of the data obtained are analyzed in detail. Special attention is paid to the artifacts that occur during IPT and methods for minimizing them. Examples of the use of VRKT in medicine are considered, as well as prospects for further development of this method.

Ключевые слова: высокоразрешающая компьютерная томография, медицина физические основы.

Keywords: high-resolution computed tomography, medicine, physical fundamentals

Высокоразрешающая компьютерная томография (ВРКТ) представляет собой мощный метод медицинской визуализации, основанный на физических принципах рентгеновского поглощения и математической реконструкции изображений. В отличие от стандартной компьютерной томографии (КТ), ВРКТ использует более тонкие срезы рентгеновского излучения и специализированные алгоритмы реконструкции, позволяющие получать изображения с существенно более высоким пространственным разрешением. Бакаев А. А [1] утверждает, что это особенно важно при визуализации структур малого размера, таких как мелкие бронхи, легочная паренхима и костные структуры. Физическая основа ВРКТ заключается в экспоненциальном ослаблении интенсивности рентгеновского пучка при его прохождении через ткани различной плотности. Коэффициент ослабления зависит от энергии фотонов и атомного состава среды. Детекторы регистрируют интенсивность излучения после прохождения через объект, а затем с помощью алгоритмов обратного проецирования и фильтрации строится трехмерное изображение, отражающее распределение коэффициента ослабления в объеме исследуемого объекта.

Ключевым физическим параметром, определяющим качество изображения в ВРКТ, является разрешение. Пространственное разрешение ограничено размером фокусного пятна рентгеновской трубки, размером детектора и алгоритмами реконструкции. Использование малоразмерных фокусных пятен, детекторов с высокой плотностью элементов и современных итеративных алгоритмов реконструкции позволяет минимизировать артефакты и увеличить разрешение. Важным аспектом является также оптимизация параметров сканирования, таких как напряжение и ток рентгеновской трубки, для получения оптимального соотношения сигнал/шум и минимизации лучевой нагрузки на пациента. Снимок ВКТ лёгких представлен на рис. 1.

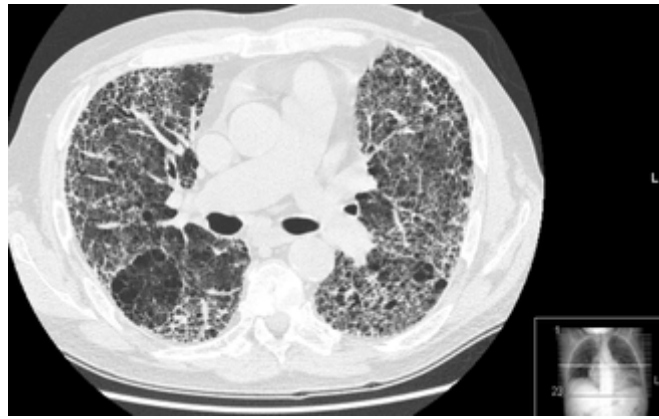


Рисунок 1 - Высокоразрешающая компьютерная томография лёгких

Получение компьютерной томограммы (среза) на выбранном уровне основывается на выполнении следующих операций. Первоначально, происходит формирование требуемой ширины рентгеновского луча посредством коллимирования, что позволяет сфокусировать излучение для получения четкого и детализированного изображения [4].

Затем, осуществляется сканирование пучком рентгеновского излучения, которое достигается движением (вращательным и поступательным) вокруг неподвижного объекта, обеспечиваемого устройством «излучатель - детекторы». Этот процесс позволяет собрать данные о плотности тканей под разными углами, что критически важно для последующей реконструкции изображения.

Следующим этапом является измерение прошедшего излучения и определение степени его ослабления. Полученные данные преобразуются в цифровую форму, что делает их пригодными для дальнейшей обработки компьютером.

После преобразования данных в цифровой формат происходит машинный (компьютерный) синтез томограммы по совокупности данных измерения, относящихся к выбранному слою. Алгоритмы компьютерной обработки анализируют полученную информацию и создают двумерное представление среза [3].

Особенности ВРКТ, обусловленные ее высоким разрешением, требуют особого внимания к физическим артефактам. Металлические имплантаты,

контрастные вещества и движения пациента могут создавать артефакты, искажающие изображение и затрудняющие интерпретацию. Для минимизации этих эффектов используются различные методы коррекции, такие как алгоритмы подавления артефактов от металла и синхронизация сканирования с дыханием пациента. Также, выбор оптимальных параметров сканирования, таких как коллимация пучка и шаг сканирования, играет важную роль в уменьшении артефактов и оптимизации соотношения сигнал/шум [2].

Таким образом, современные достижения в области физики рентгеновского излучения и вычислительной техники продолжают совершенствовать возможности ВРКТ. Разрабатываются новые детекторы с улучшенной чувствительностью и временным разрешением, а также алгоритмы реконструкции, позволяющие получать трехмерные изображения с высоким разрешением и минимальной дозой облучения. Применение методов машинного обучения и искусственного интеллекта открывает перспективы для автоматической обработки изображений ВРКТ, выявления патологий и количественной оценки структур, что значительно повышает эффективность диагностики и мониторинга заболеваний.

Список литературы

1.Бакаев А. А. О проектировании кабинета компьютерной томографии и монтаж компьютерного томографа // Шаг в науку. – 2020. – № 4. – С. 21–24.

2.Николаева Е.А., Крылов А.С., Рыжков А.Д. и др. Количественная однофотонная эмиссионная компьютерная томография, совмещенная с компьютерной томографией, в оценке эффективности терапии дихлоридом радия-223. Онкоурология 2024;20(2):74–86

3.Hariri LP, North CM, Shih AR, et al. Lung Histopathology in COVID-19 as Compared to SARS and H1N1 Influenza: A Systematic Review. Chest. 2020 Oct 7: S0012–3692(20)34868–6. doi: 10.1016/j.chest.2020.09.259. Epub ahead of print. PMID: 33038391; PMCID: PMC7538870. Включён в реестр иностранных агентов

4.Chest CT for Typical 2019-nCoV Pneumonia: Relationship to Negative RT-PCR Testing. Xingzhi Xie, Zheng Zhong, Wei Zhao, Chao Zheng, Fei Wang, and Jun Liu // Radiology. 2020 Feb 12: 200343. Включён в реестр иностранных агентов