

**ВОЗМОЖНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ ФАЗОВО-КОНТРАСТНОЙ РЕНТГЕНОГРАФИИ В
ИССЛЕДОВАНИИ БИОЛОГИЧЕСКОГО ОБЪЕКТА С НИЗКИМИ АБСОРБЦИОННЫМИ
СВОЙСТВАМИ**

В.О. Бабичева, А.С. Гоголев

Научный руководитель: профессор, д.м.н. В.Д. Заводовская
Национальный исследовательский Томский политехнический университет,
Россия, г. Томск, пр. Ленина, 30, 634050
E-mail: valentina_babich@mail.ru

**APPLICATION OF THE PHASE-CONTRAST RADIOGRAPHY IN THE RESEARCH OF
BIOLOGICAL SUBJECTS WITH LOW ABSORPTION PROPERTIES**

V.O. Babicheva, A.S. Gogolev

Scientific Supervisor: Prof., Dr. V.D. Zavadovskaya
Tomsk Polytechnic University, Russia, Tomsk, Lenin str., 30, 634050
E-mail: valentina_babich@mail.ru

***Abstract.** Phase contrast radiography is one of the newest methods of obtaining high-contrast X-ray images. In this paper, we consider the possibility of using phase-contrast X-ray imaging to improve the quality of biological structures on the example of the cow's knee. To solve this problem in the laboratory "X-ray optics" the Department of Applied Physics at Tomsk Polytechnic University Physical-Technical Institute, was designed and built hardware system for testing of the X-ray interferometry method with the use of diffraction gratings. As a result, the test studies on the obtained images can clearly be seen the structure of spongy bone and cartilaginous epiphysis epiphyseal plate over it.*

Введение. В настоящее время синтезирование искусственных биологических тканей на основе технологий 3D-печати открывает большие перспективы в лечении травм и заболеваний, которые до сих пор приводили к увеличению процента инвалидизации пациентов. Однако развитие и внедрение новых технологий ставит и новые задачи, такие как получение максимально точных данных о структурном и плотностном составе протезируемых тканей и органов, их форме и строении. Одной из важнейших проблем медицинской визуализации является разделение границ близких по своей плотности биологических структур, например, хрящевой ткани и суставной жидкости, различных мягких тканей, сосудов и органов средостения, брюшной полости.

На данный момент в целях медицинской визуализации применяют рентгенографию, компьютерную и магнитно-резонансную томографию, а также ультразвуковые способы исследования. Эти методы позволяют с достаточно большой точностью визуализировать крупные разнородные биологические объекты, однако границы близких по плотности структур остаются достаточно условными, что осложняет получение визуальной модели искусственной структуры и её дальнейшее изготовление. Эта проблема - проблема чувствительности - требует для своего решения совершенствования существующих методов визуализации; и одним из наиболее перспективных направлений является фазово-контрастная рентгенография.

Фазово-контрастная рентгенография с применением дифракционных решеток является усовершенствованным методом рентгеновской визуализации, который за последние несколько лет получил широкое признание специалистов. Получаемое с помощью фазово-контрастной рентгенографии изображение представляет собой классическую рентгенограмму, улучшенную посредством двух дополнительных изображений исследуемого объекта: его фазового контраста и темноплевого изображения. Лабораторные исследования показали, что фазовое контрастирование может обеспечить значительное улучшение дифференцировки близких по своей плотности тканей на изображении. Соответственно, теоретически, фазовое контрастирование позволяет существенно сократить дозу рентгеновского облучения при одновременном достижении сравнимого или лучшего пространственного и контрастного разрешения изображения по сравнению с традиционным, полученным на основе поглощения рентгеновских лучей.

Материалы и методы исследования. Для разделения рентгеновского излучения на фазы существуют несколько методов: рентгеновская дифракция, рентгеновская интерферометрия, линейная голография, кодирование диафрагмы, интерферометрия с применением дифракционных решеток. Каждый из методов обладает своими достоинствами и недостатками в разрезе их практической реализации, степени чувствительности и области применения. В своём исследовании мы выбрали метод рентгеновской интерферометрии с применением дифракционных решеток, который с одной стороны не требует сложного оборудования и манипуляций, а с другой стороны достаточно универсален и чувствителен [1].

Применение метода возможно в лабораторных условиях при создании квазимонохроматического излучения рентгеновской трубки. В лаборатории «Рентгеновская оптика» кафедры прикладной физики Физико-технического института Томского политехнического университета был изготовлен аппаратно-программный комплекс для испытания и исследования на практике метода рентгеновской интерферометрии [2, 3].

Основным оборудованием комплекса являются:

- рентгеновский генератор DXM60N600;
- рентгеновская трубка БСВ29;
- пиксельный детектор ModuPIX на основе чипа Timerix.

Целью данной работы является тестирование и оценка качества получаемых рентгеновских изображений оригинального аппаратно-программного комплекса, собранного на базе лаборатории «Рентгеновская оптика» ПФ ФТИ ТПУ на примере биологических объектов с низкими абсорбционными свойствами.

Эксперимент. На данном этапе разработки комплекса было проведено исследование тестового биологического образца (суставная часть колена млекопитающего) методом традиционной абсорбционной томографии [4]. Для эксперимента был специально подготовлен образец хрящевой ткани, как известно, обладающей низкими абсорбционными свойствами. Это обусловлено строением данного вида ткани: в своем составе хрящи имеют клетки и межклеточное вещество. Одной из особенностей межклеточного вещества хрящевой ткани является его высокая обводненность: содержание воды в норме колеблется от 60 до 80 %. Площадь, занимаемая межклеточным веществом, значительно больше площади, занятой клетками, соответственно на рентгенологическом снимке данная структура будет

почти незаметна, так как отличие плотности хрящевой ткани от плотности воды незначительно и коэффициент абсорбции для этих двух сред будет схожим. Для получения максимального разрешения объекты располагались непосредственно перед детектором. Пример теневой проекции приведен на рисунке 1а. На рисунках 1б, 1в приведены результаты томографической реконструкции биологического образца и полученные аппаратным способом срезы [5].

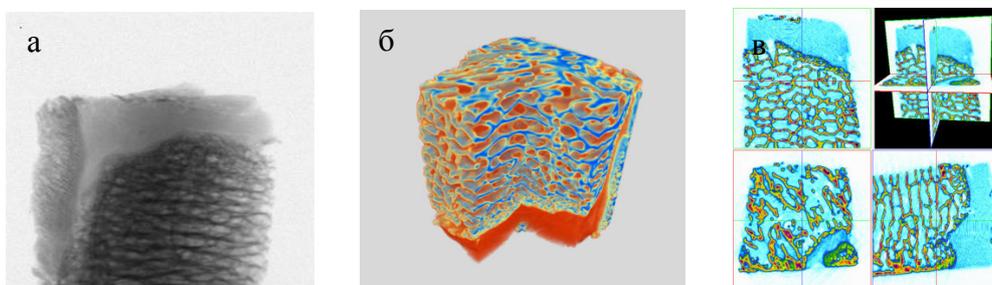


Рис. 1. Изображения, полученные при тестировании АПК:

а – теневая проекция хрящевой ткани, б – томографическая реконструкция, в – томографические срезы

Результаты. В результате проведенных тестовых рентгенологических исследований образца хрящевой ткани доказана корректность работы собранного АПК. На снимках четко прослеживается внутренняя структура объекта - губчатая структура эпифиза кости и хрящевая эпифизарная пластинка над ней. Следовательно, в результате проведенного эксперимента была доказана возможность работы АПК со сложными биологическими объектами.

Заключение. Таким образом, на данном этапе работы был собран и протестирован аппаратно-программный комплекс в условиях простого томографического сканирования биологического объекта, доказана корректность его работы в условиях сканирования низко абсорбционных тканей. В дальнейшем планируется провести комплекс экспериментов с различными образцами хрящевой ткани и сравнении полученных томографических срезов с гистологическими препаратами на базе лабораторий СибГМУ.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Muehleman C., Li J., Connor D., Parham C., Pisano E., Zhong Z. (2009). Diffraction-Enhanced Imaging of Musculoskeletal Tissues Using a Conventional X-Ray Tube. *Academic Radiology*, no 16, pp. 918-923.
2. Pogany A., Gao D., Wilkins S.W. (1998). Contrast and resolution in imaging with micro-focus x-ray source. *Review of Scientific Instruments*, no. 68, pp. 2774-2782.
3. Bonse U, Hart M. (1965). An X-Ray Interferometer. *Applied Physics Letters*, no. 6, p. 155.
4. Spellman DXM Series 1200W Industrial X-Ray Generators [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://www.spellmanhv.com/Products/DXM>. – 31.10.2016.
5. PRELUDE™ 420 LYSO [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.crystals.saint-gobain.com/products/prelude-420-LYSO>. – 31.10.2016.