

УДК 611.91

ПОЛУЧЕНИЕ 3D-МОДЕЛИ СРЕДНЕГО УХА НА ОСНОВЕ КОМПЬЮТЕРНОЙ ТОМОГРАФИИ

Друц Э.В., Смольская Т.С.

*Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники,
г. Минск, Республика Беларусь*

Научный руководитель: Камлач П.В. – к. т. н., доцент, доцент кафедры ЭТТ

Аннотация. Рассмотрен процесс построения трехмерной модели среднего уха на основе данных компьютерной томографии височной области. Описаны ключевые этапы обработки КТ-изображений, особое внимание уделено методам выделения слуховых косточек и устранению артефактов. Рассмотрены проблемы, связанные с обработкой КТ-данных, и предложены решения для повышения качества 3D-моделей.

Ключевые слова: среднее ухо, компьютерная томография, сегментация изображений, слуховые косточки, 3D Slicer.

Введение. Современные методы медицинской визуализации, такие как компьютерная томография, играют важную роль в диагностике и лечении заболеваний среднего уха.

Целью данной работы является разработка методики построения 3D-модели среднего уха на основе данных компьютерной томографии (КТ) височной области с использованием программного обеспечения 3D Slicer. В статье рассматриваются ключевые этапы обработки изображений, включая выбор оптимальных параметров сканирования, методы сегментации и преобразование данных в объемную модель. Особое внимание уделено решению проблем, связанных с артефактами и низкой контрастностью изображений, а также повышению точности воспроизведения слуховых косточек.

Основная часть. Для построения 3D-модели среднего уха используется КТ височной области головы пациента. Этот метод позволяет получить послойные изображения костных структур, что особенно важно для выделения мелких анатомических образований, таких как слуховые косточки [1].

При выборе исходных данных необходимо учитывать следующие параметры:

- оптимальным является тонкосрезовая КТ височной кости с толщиной срезов 0,5-0,6 мм; такой формат обеспечивает наибольшую детализацию и позволяет лучше сегментировать мелкие структуры;

- КТ-исследования хранятся в формате DICOM (Digital Imaging and Communications in Medicine); этот формат содержит не только послойные изображения, но и метаданные, такие как параметры сканирования, ориентация срезов и параметры экспозиции;

- на изображениях КТ могут присутствовать артефакты (например, металлические объекты, помехи от движения пациента), и их наличие может затруднить последующую сегментацию и построение модели;

- важно учитывать радиационную нагрузку при КТ-исследовании, особенно при повторных сканированиях, что требует выбора оптимального режима съемки.

Точная сегментация анатомических структур среднего уха имеет решающее значение для успешного проектирования индивидуальных имплантов. Одной из проблем, возникающих при обработке КТ-изображений, является необходимость отделения костных структур от мягких тканей и шумов, присутствующих в изображении. Для этого применяются различные алгоритмы сегментации, такие как пороговая фильтрация, методы машинного обучения и ручное редактирование.

В данной работе будут использоваться данные КТ височной области в формате DICOM с шагом среза 0,5-0,6 мм, предоставленные РНПЦ оториноларингологии. Использование данных высокого разрешения позволяет значительно повысить точность

воссоздания модели слуховых косточек и, соответственно, повысить эффективность подбора импланта [2].

После проведения КТ необходимо загрузить файлы в программу 3D Slicer для дальнейшей обработки и выделения 3D-модели среднего уха. Процесс получения 3D-модели слуховых косточек из КТ-данных:

1 Загрузка DICOM срезы в 3D Slicer (рисунок 1).

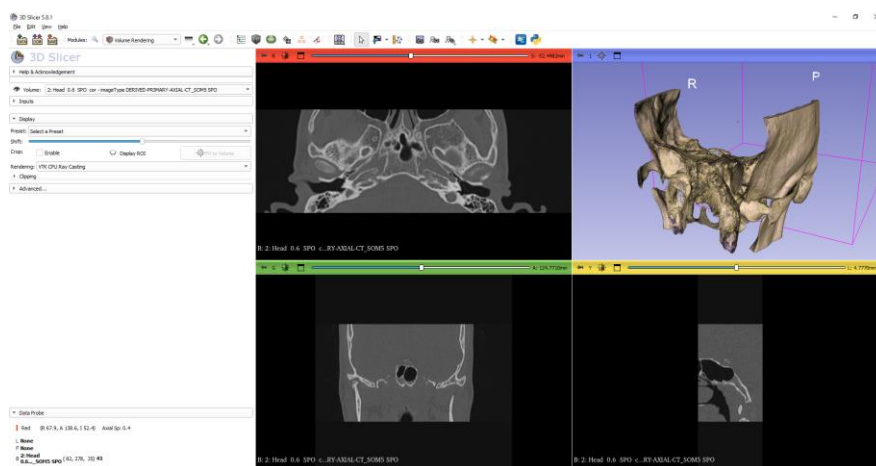


Рисунок 1 – DICOM срезы в программной среде 3D Slicer

2 Переход в модуль Segment Editor. Используя инструмент Paint, необходимо вручную обозначить зону сегментирования на нескольких срезах. Это позволяет задать границы костных структур, которые будут выделены в отдельные сегменты. Важно следить за равномерностью разметки, чтобы избежать ошибок на последующих этапах обработки данных.

Так как слуховые косточки (молоточек, наковальня и стремечко) играют важную роль в передаче звука, каждую из них необходимо сегментировать отдельно. Для этого нужно создать отдельные сегменты и применить следующие инструменты:

- Threshold – для автоматического выделения костной ткани;
- Grow from Seeds – для распространения сегментации на весь объем данных;
- Erase и Smoothing – для удаления артефактов и уточнения границ.

3 После завершения разметки костных структур переходим к следующему этапу – уточнению сегментации и конвертации в 3D-модель.

Сначала применяется инструмент Smoothing, чтобы сгладить границы сегмента и устранить неровности, возникающие при ручной разметке. В зависимости от характеристик данных и требований к модели можно выбрать разные режимы сглаживания, такие как Median, Gaussian или Joint Smoothing.

Затем выполняется проверка сегмента на наличие разрывов и артефактов. Если требуется, необходимо использовать инструмент Scissors для удаления лишних фрагментов или Fill between slices для более точного восполнения структуры между срезами.

После окончательной доработки сегмента нужно перейти в модуль Segmentations и преобразовать выделенные области в 3D-объект. Этот этап позволяет получить объемную модель костной структуры, которая затем может быть экспортирована в формат STL или OBJ для последующей обработки, например, в Blender [3].

После получения модели слуховых косточек из КТ её необходимо очистить и подготовить для подгонки импланта. Этот процесс включает следующие этапы:

- импорт модели;
- очистка/сглаживание модели;
- проверка и устранение незамкнутых областей;
- сглаживание поверхности;

– выделение и удаление ненужных фрагментов.
Полученная модель представлена на рисунке 2.

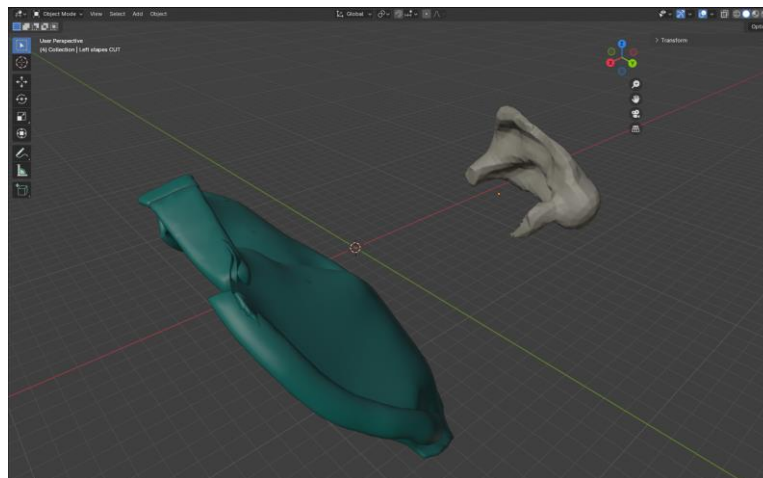


Рисунок 2 – 3D-модель обрезанных слуховых косточек в Blender

Заключение. В результате проведенного исследования была разработана методика построения 3D-модели среднего уха на основе данных компьютерной томографии.

Полученные результаты демонстрируют, что предложенная методика может быть успешно использована для проектирования индивидуальных имплантов и планирования хирургических вмешательств. В дальнейшем планируется оптимизация алгоритмов обработки данных и интеграция методов машинного обучения для автоматизации процесса сегментации. Это позволит сократить время обработки и повысить точность 3D-моделей, что особенно важно для клинической практики.

Список литературы

1. Елисеев В.Г., Коробов В.М., Милованов Н.Н. Автоматизация проектирования в программном комплексе T-Flex. Учебное пособие. М.:НИИУ МИФИ, 2010. – 148 с.
2. Besl, P. J., & McKay, N. D. A Method for Registration of 3-D Shapes / IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence, 1992. – 14(2), 239-256.
3. Johnson, A. E., & Hebert, M. Using Spin Images for Efficient Object Recognition in Cluttered 3D Scenes / IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence, 1999. – 21(5), 433-449.

UDC 611.91

OBTAINING A 3D MODEL OF THE MIDDLE EAR BASED ON CT SCANS OF THE PATIENT'S TEMPORAL REGION

Druts E.V., Smolskaya T.S.

Belarusian State University of Informatics and Radioelectronics, Minsk, Republic of Belarus

Kamlach P.V. – Cand. of Sci., associate professor, associate professor of the department of ETT

Annotation. The process of constructing a three-dimensional model of the middle ear based on computed tomography (CT) data of the temporal region is discussed. The key stages of CT image processing are described, with particular attention paid to methods for isolating the auditory ossicles and eliminating artifacts. The problems associated with CT data processing are examined, and solutions for improving the quality of 3D models are proposed.

Keywords: middle ear, computed tomography, image segmentation, auditory ossicles, 3D Slicer.