

# СОЗДАНИЕ 3D МОДЕЛЕЙ ЧЕЛЮСТНЫХ ФРАГМЕНТОВ ПО РЕЗУЛЬТАТАМ КОМПЬЮТЕРНОЙ ТОМОГРАФИИ ДЛЯ ОСУЩЕСТВЛЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОЙ ИМПЛАНТАЦИИ

*Комп'ютерна томографія в даний час є одним з головних методів діагностики й основою для побудови 3D моделей об'єктів для імплантації, що досліджуються, конвертуя 2D зрізи томограм. Отримані в результаті моделювання STL-файли дозволяють напряму матеріалізувати об'єкти імплантації за допомогою різноманітних високопродуктивних технологій*

*Ключові слова: комп'ютерна томографія, 3D моделювання, імплантація*

*Компьютерная томография в настоящее время является одним из главных методов диагностики и основой для построения 3D моделей исследуемых объектов для имплантации, конвертируя 2D срезы томограммы. Полученные в результате моделирования STL-файлы позволяют напрямую материализовать объекты имплантации при помощи различных высокопроизводительных технологий*

*Ключевые слова: компьютерная томография, 3D моделирование, имплантация*

*The computer tomography now is one of the main methods of diagnostics and a basis for construction 3D models of researched objects for implantation by converting of 2D proceed cuts of the tomogram. The STL-files received as a result of modelling allow to materialize directly the implantation objects by means of various high-efficiency technologies*

*Key words: computer tomography, 3D modelling, implantation*

**Р.О. Якименко**

Врач-стоматолог-хирург-имплантолог\*

**Д.А. Святненко**

Врач-стоматолог-имплантолог  
г. Киев

**И.Я. Вакуленко**

Врач-стоматолог-имплантолог\*

\*Стоматологический центр

Харьковский национальный медицинский университет

**С.Н. Лавриненко**

Кандидат технических наук, доцент

Кафедра интегрированных технологий машиностроения

Национальный технический университет „Харьковский

политехнический институт”

ул. Фрунзе, 21, г. Харьков, Украина, 61166

Конт. тел.: 067-570-44-07

E-mail: lavr@kpi.kharkov.ua

В настоящее время томография является одним наиболее информативных методов, который дает много больше информации о каждом элементарном объеме исследуемого объекта, чем другие известные методы диагностики. Существует несколько видов томографии: рентгеновская, электронно-лучевая, магнитно-резонансная, позитронно-эмиссионная, ультразвуковая, оптическая когерентная томография и др. Среди всех этих томографических методов особого успеха достигла радиационная (рентгеновская) компьютерная томография (КТ). Преимуществами КТ по сравнению с традиционной рентгенографией стали [1]:

- отсутствие теневых наложений на изображении;

- более высокая точность измерения геометрических соотношений;

- чувствительность на порядок выше, чем при обычной рентгенографии.

Решение математических задач томографии сводится к решению операторных уравнений 1-го рода. Известно, что задачи решения таких уравнений являются некорректно поставленными. При нахождении их приближенных решений необходимо использовать методы регуляризации, позволяющие учитывать дополнительную информацию о решаемой задаче [2]. Разнообразие такой информации порождает многочисленные алгоритмы решения основных математических задач

вычислительной диагностики. Одна из главных проблем, возникающих при решении математических задач томографии, – выбор оптимального алгоритма, критерием отбора которого может служить, например, качество изображения. В настоящее время для конвертации послойных томограмм и построения трехмерных изображений исследуемых объектов широко применяются программные пакеты SimPlant, Implant-assistant, 3D-DOCTOR, MIMICS (Materialise) и др., которые позволяют от 2D компьютерных срезов перейти к 3D объектам с возможностью структурного анализа моделируемого объекта в зависимости от плотности кости. Дистанционная передача графических изображений по линиям связи возможна благодаря поддерживаемому большинством производителей протоколу связи DICOM (Digital Imaging and Communications in Medicine), выполняющему функцию стандартизации разнообразной медицинской графической информации, перевода аналогового изображения в цифровое. При генерировании 3D модели по результатам КТ можно задать разное качество визуализации модели, что, естественно, отразится на результатах моделирования. Так как в выбираемых фрагментах всегда имеются «лишние» элементы, они должны быть исключены при помощи программного пакета SolidWorks, позволяющего использовать для отсечения элементов плоскости, произвольно расположенные в пространстве. Следующим важным шагом в предлагаемой методике является получение STL файла посредством программного пакета MIMICS. В этом случае имеют значение настройки, произведенные при репрезентации 3D модели. Следует отметить, что предварительные настройки в программе MIMICS существенно влияют на качество поверхности модели. Далее, на этапе отработки методики, с целью упрощения, использовалась модель, полученная при настройке низкого разрешения (Low). В технике и в медицине STL файлы используются для создания на базе техники ускоренного прототипирования так называемых стереолитографических моделей (STLM), которые отражают в основном внешние геометрические характеристики объекта исследования. Технология создания STLM основана на фотополимеризации лазерным лучом светочувствительного мономера (например, метилметакрилата). Несмотря на широкое распространение и популярность STLM в стоматологии при диагностике, планировании оперативного вмешательства, подгонки на модели деталей необходимых для реконструктивных операций и пр., у STLM есть и существенные недостатки. К недостаткам STLM следует отнести невысокую точность; высокую стоимость, значительно превосходящую стоимость традиционного моделирования; токсичность материалов (органических мономеров), используемых при моделировании; невозможность подвергать модель существенным механическим и термическим нагрузкам; возможность усадки материала после создания модели и т. д.

По предлагаемой методике плоские 2D срезы в формате DICOM (осевые сечения) преобразовываются в 3D изображение объекта исследования, с последующей записью в формате STL, на основе которого в памяти компьютера, с использованием любой из программ твердотельного моделирования, создается трехмерная компьютерная твердотельная модель. Принципиальное отличие компьютерной модели фрагмента челюсти от обычной 3D модели заключается в том, что компьютер-

ная модель является твердотельной, т. е. ей можно присваивать любые механические характеристики; обрабатывать средствами программного пакета SolidWorks, включая получение управляющих программ для материализации созданной модели на станке с ЧПУ; подвергать виртуальным испытаниям под нагрузкой при любых температурных режимах и т. п. с возможностью проведения биомеханического анализа. Таким образом, решаются не только все задачи, как при использовании STLM, но и появляется возможность открывать STL файлы как графическое тело, как поверхностное тело и как твердое тело. В разрабатываемой методике используются только модели, импортированные как твердое тело. Это формирует ряд требований к качеству подготовки STL файлов. При этом одним из достоинств программы MIMICS является возможность редактирования исходных осевых 2D сечений на этапе, предшествующем построению 3D модели.

Особо следует отметить, что предлагаемая методика при наличии КТ верхней и нижней челюсти может быть использована при построении окклюзионной поверхности зубов для реализации в любых практических приложениях. Точность построений будет определяться только трудоемкостью моделирования на экране компьютера. То есть вкладки, коронки, съемные и несъемные протезы могут моделироваться полностью на экране компьютера с заранее заданной точностью.

Технологические возможности программы SolidWorks в виде фактического модуля САМ позволяют сравнительно легко создавать модели литейных форм, включая полости, сердечники, литьевые уклоны и т. п., а также генерировать управляющие программы для оборудования с числовым программным управлением. Заключительным этапом является производство физической анатомической модели в виде готового изделия из полимера (ПММА, PVC) или другого материала при помощи технологий Rapid Prototyping, 3D печати или механической обработки.

---

### Выводы

---

Таким образом, процесс создания и производства трехмерных аналогов анатомических моделей состоит из следующих трех основных этапов:

1. Получение массива данных сканирования при помощи компьютерного томографа. Получение массива изображений при помощи компьютерного томографа – решающий этап производства, от которого зависит качество конечного продукта. Изображения должны быть предоставлены в одном из допустимых форматов, например, DICOM 3.0. Сканирование производится спиральным и многослойным компьютерным томографом с величиной поля зрения не более 150 мм и толщиной слоя меньше чем 3 мм. Наклон Гентри должен при этом иметь нулевое значение. Особое внимание следует уделить подготовке пациента к сканированию. Целесообразно перед сканированием удалить у пациента все амальгамовые пломбы, старые протезы и другие металлические элементы. Если у пациента отсутствуют зубы и нет фиксации окклюзии нужно изготовить специальные валики, определить центральную окклюзию и только после этого направить пациента на исследование. Если пациент пожи-

лой человек и у него присутствует мышечный тремор, то перед исследованием нужно тщательно зафиксировать нижнюю челюсть.

2. Создание виртуальной компьютерной модели. При этом может быть отдельно создана виртуальная модель верхней челюсти, нижней челюсти, одна из половин челюсти или любой ее фрагмент. Полученная 3D модель конвертируется в формат STL, который воспринимает практическое большинство CAD/CAM систем и систем с ЧПУ станков и обрабатывающих центров. Вместе с программой просмотра моделей, например, Dental3D, модель может быть переслана врачу-имплантологу для первичной оценки и возможной корректировки.

3. Производство физической анатомической модели в виде готового изделия из полимера (PMMA, PVC) или другого материала при помощи технологий Rapid Prototyping, 3D печати или механической обработки на 5-ти координатном обрабатывающем центре.

4. Качество и точность производства аналогов анатомических моделей в виде имплантатов или шаблонов для имплантации зависит от точности реализации каждого из этапов моделирования и материализации моделей.

#### Литература

1. Марусина М.Я., Казначеева А.О. Современные виды томографии. Учебное пособие. – СПб: СПбГУ ИТМО, 2006. – 132 с.
2. Сизиков В.С. Математические методы обработки результатов измерений: Учебник для вузов. – СПб: Политехника, 2001. – 240 с.
3. Mamalis A.G., Chuiko A.N., Vakulenko I.J., Yakymenko R.O., Lavrynenko S.N. 3D Modelling of Individual Dental Implants // Материалы междунауч. научн.-техн. конф. MicroCAD'2010, Харьков: НТУ"ХПИ", 2010. – С. 141.

УДК 615.47:16-073

## БЛОК ДЕТЕКТИРОВАНИЯ МЕДИЦИНСКОГО ТОМОГРАФА

**М.В. Дубровкина**

Кандидат технических наук, заведующая лабораторией\*

Контактный тел.: (0642) 71-75-92, 068-689-01-60

E-mail: margarita\_dubrov@mail.ru

**В.П. Литвин**

Старший научный сотрудник\*

\*Научно-исследовательская лаборатория  
специализированных систем

Научно-исследовательский и проектно-конструкторский  
институт «Искра»

ул. Звейнека, 145 с, г. Луганск, Украина, 91033

*Розроблена конструкція блоку детектування томографа, яка забезпечує високу чутливість та ефективність томографа без переміщення блоку детектування відносно досліджуваного об'єкта*

*Ключові слова: томограф, блок детектування, маска, сцинтиляційний кристал*

*Разработана конструкция блока детектирования томографа, обеспечивающая высокую чувствительность и эффективность томографа без перемещения блока детектирования относительно исследуемого объекта*

*Ключевые слова: томограф, блок детектирования, маска, сцинтиляционный кристалл*

*A construction of a tomograph detection assembly is designed. It provides high sensitivity and operational efficiency of tomograph without moving of the detection assembly relative to an investigated object*

*Keywords: tomograph, detection assembly, mask, scintillation crystal*

### 1. Введение

Одним из наиболее перспективных направлений медицинской диагностики, которое основано на визуализации радиационно-изотопного воздействия на органы человека и служит для диагностики и локализации целого ряда заболеваний является

радионуклидная диагностика [1]. Радионуклидная диагностика заключается в анализе информации, полученной после введения в организм пациента определенного химического или биологического соединения, которое содержит радионуклид с гамма-излучением, с последующей регистрацией пространственно-временного распределения этого