

УДК 681.3.01

Е.О. Шамраева, А.А. Шамраев

Харьковский национальный университет радиоэлектроники, Харьков

КОМПЬЮТЕРНЫЕ МОДЕЛИ ЧЕРЕПНЫХ ИМПЛАНТАТОВ

В работе кратко рассмотрены методы вторичной обработки томографических и рентгенографических данных. Предложены методы построения компьютерных моделей черепных имплантатов по томографическим и рентгенографическим данным с использованием компьютерной модели черепа пациента и усредненной компьютерной модели черепа того же антропологического типа, что и череп пациента.

Ключевые слова: томограммы, рентгенограммы, объемная модель черепа пациента, усредненная модель черепа, модель черепного имплантата.

Актуальность темы исследования

Вопросы пластического закрытия дефектов костей черепа, несмотря на долгую историю их развития, актуальны и в настоящее время. Это связано, в первую очередь, с ростом травматизма среди наиболее работоспособного контингента населения. Наличие дефекта черепа, особенно обширного, вызывает различные нарушения в головном мозге, что приводит к развитию органических и функциональных расстройств; значительно увеличивается опасность травматизации незащищенного мозга извне. Результат исхода хирургической операции во многом зависит от методов диагностики посттравматических дефектов черепа (ПТДЧ), немаловажным является и возможность быстрого получения черепного имплантата высокого качества.

На сегодняшний день диагностика ПТДЧ производится с помощью краниографии (или рентгенографии (РГ)), рентгеновской компьютерной томографии в пошаговом (КТ) или спиральном режимах (СКТ). Каждый из этих методов диагностики имеет свои достоинства и недостатки, связанные с качеством данных и доступностью аппаратуры.

Поэтому актуальным является разработка таких методов автоматизированного получения высококачественных моделей имплантата, которые были бы доступны в районных больницах Украины. Авторами предлагаются методы реконструкции поверхности черепных имплантатов, как по данным компьютерного томографа в пошаговом режиме, так и по краниографическим данным.

Построение объемной модели черепа пациента по КТ-данным

Трехмерная компьютерная модель черепа является основой для построения модели имплантата, поэтому данному вопросу уделено особое внимание. Основными этапами являются: выделение костей черепа на томограммах и непосредственное построение модели черепа по выделенным изображениям костных фрагментов.

Авторами разработан комплексный подход к решению задачи автоматизированного выделения костных структур на томографических снимках головы пациента, основанный на согласовании методов предварительной обработки изображений, сегментации и последующей коррекции сегментированных данных (рис. 1). А также решена задача автоматизированного построения трехмерной модели черепа по обработанным КТ-данным.

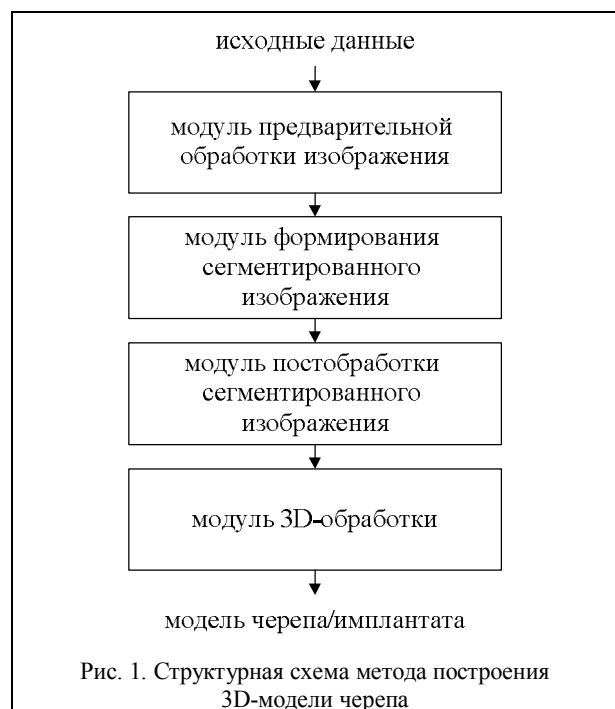


Рис. 1. Структурная схема метода построения 3D-модели черепа

Процедура предварительной обработки представляет собой применение фильтров для исключения помех, возникающих в результате аппаратной дискретизации и квантования, а также подавления внешних шумов. Авторами использовались медианные сглаживающие фильтры (рис. 2, б) [1, 2].

Задача сегментации изображения состоит в автоматическом разбиении изображения на содержательно интерпретируемые области, в частности, выделении объектов, различных по своим яркостным и

геометрическим свойствам. К таким объектам относятся костные фрагменты черепа. В связи с тем, что на томографических изображениях костные структуры представляются в виде высокоинтенсивных протяженных объектов на достаточно однородном фоне (соответствующем внутримозговому веществу), для их выделения целесообразно использовать пороговый метод с автоматическим выбором порогового значения по результатам анализа гистограммы интенсивности (рис. 2, в).

Для устранения оставшихся на бинарном изображении локальных помех и придания гладкости границам сегментированных областей используется метод пост-обработки, основанный на применении морфологических операций замыкания и размыкания, в основе которых лежат операции эрозия и дилатация (рис. 2, г).

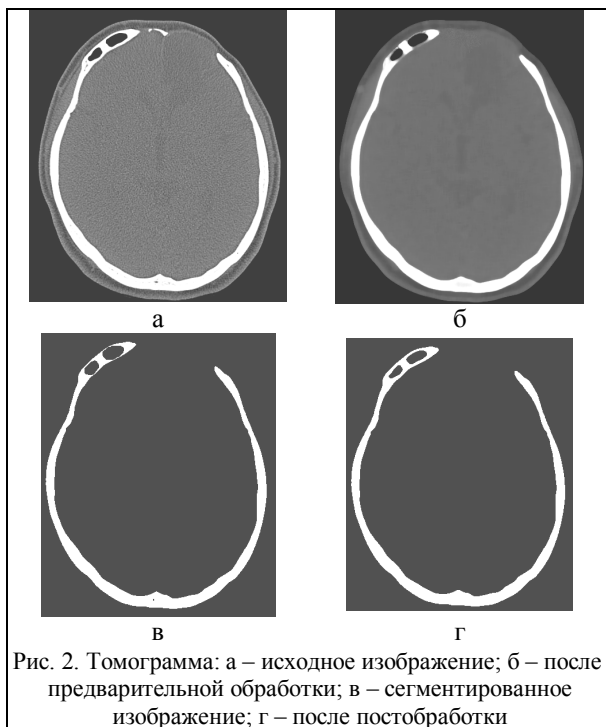


Рис. 2. Томограмма: а – исходное изображение; б – после предварительной обработки; в – сегментированное изображение; г – после постобработки

Разработанный метод автоматизированного выделения костных структур на изображениях КТ – срезов, позволяет за счет согласования методов предварительной и пост-обработки изображений повысить эффективность процедуры сегментации. Причем методы предварительной и пост-обработки изображения ориентированы не на улучшение визуального восприятия исходных, а на подготовку данных для наиболее эффективного выделения объектов на этапе сегментации.

Имея набор томограмм, достаточно сложно представить в воображении объемный череп или черепной имплантат. Необходимо преобразовать исходные данные в наглядные визуальные формы, реалистично отображающие на плоскости строение и ориентацию черепа и имплантата.

Исходными данными для построения трехмер-

ной модели черепа является набор томографических снимков головы, подвергнутых комплексной обработке (рис. 2, г). На рис. 3 представлена триангуляционная полигональная модель черепа пациента с ПТДЧ.

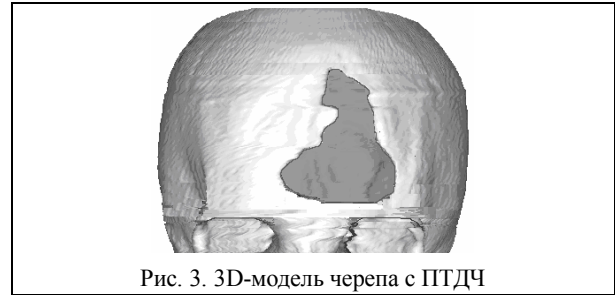


Рис. 3. 3D-модель черепа с ПТДЧ

Построение конфигурации черепного имплантата по КТ-данным

В качестве вспомогательного средства для устранения ПТДЧ используется усредненная модель черепа [1], получаемая по томографическим данным обследования пациентов. Для повышения точности построения имплантата усредненная модель черепа и череп пациента должны принадлежать к одному антропологическому типу, определяемому антропометрическими параметрами черепа. Модель имплантата получается путем сопоставления модели черепа пациента с усредненной моделью черепа при фронтальном или затылочном расположении дефекта (рис. 4) либо зеркальным отражением здорового участка кости на модели черепа пациента в область дефекта при латеральном расположении дефекта (рис. 5).

Построение компьютерной модели черепного имплантата по РГ-данным

В основе метода лежит сопоставление черепа на РГ-снимке с усредненной компьютерной моделью черепа соответствующего антропологического типа и выделение на ней недостающего на краниограмме костного фрагмента. Для повышения точности построения модели имплантата РГ-снимки подвергаются комплексной обработке, результаты которой проиллюстрированы на рис. 6.

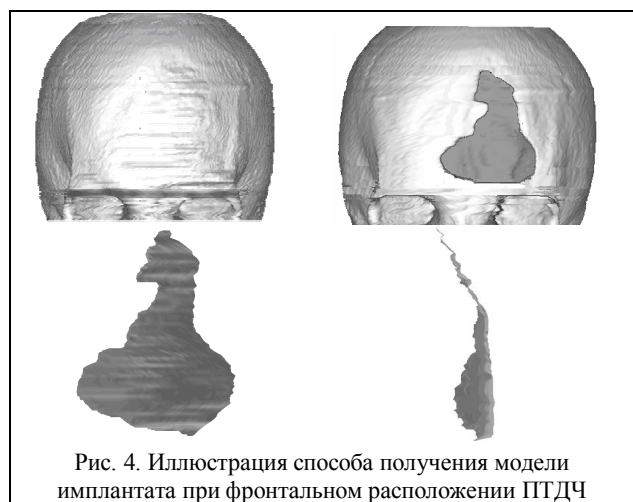


Рис. 4. Иллюстрация способа получения модели имплантата при фронтальном расположении ПТДЧ

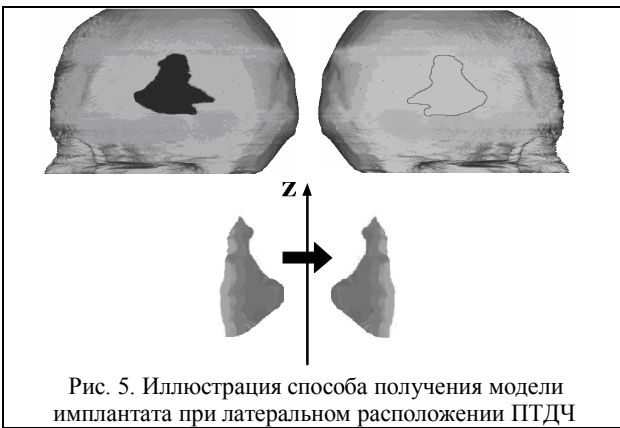


Рис. 5. Ілюстрація способу отримання моделі імплантата при латеральному розположенні ПТДЧ

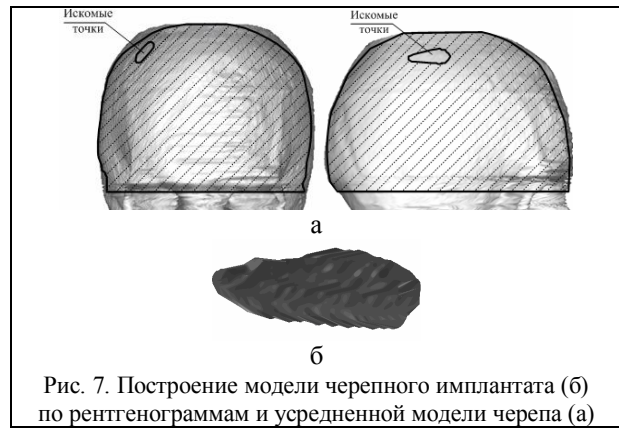


Рис. 7. Побудова моделі черепного імплантата (б) по рентгенограммам і усередненній моделі черепа (а)

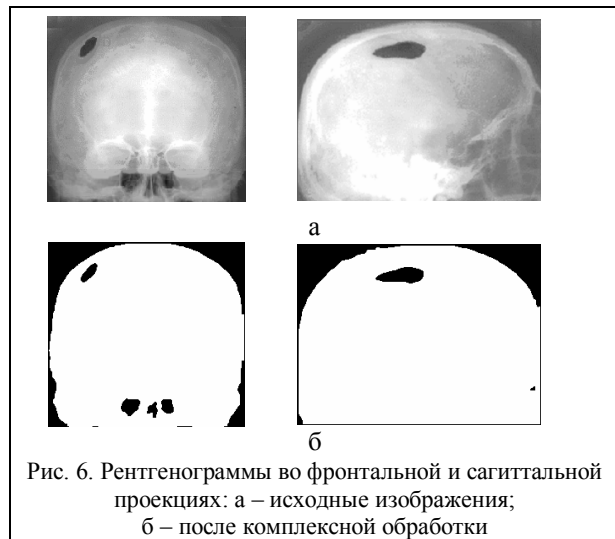


Рис. 6. Рентгенограмми в фронтальній і сагітальній проекціях: а – вихідні зображення; б – після комплексної обробки

В основі методу побудови об'ємної моделі імплантата лежить сопоставлення обробленого РГ-снимка з однією з попередньо масштабованих усереднених моделей черепа (рис. 7) і виділення на моделі черепа точок, відповідних ПТДЧ на краниограмі (при накладенні РГ-знімок представлений для наочності чорним контуром черепа і ПТДЧ) [2]. Імаючи в наявності тільки два (а іноді й один) рентгеновський знімок голови пацієнта, можна з використанням запропонованих методів отримати в автоматичному режимі модель черепного імплантата, відповідного посттравматичному дефекту черепа.

КОМП'ЮТЕРНІ МОДЕЛІ ЧЕРЕПНИХ ІМПЛАНТАТІВ

О.О. Шамраєва, А.А. Шамраєв

У роботі стисло розглянуті методи вторинної обробки томографічних і рентгенографічних даних. Запропоновані методи побудови комп'ютерних моделей черепних імплантатів за томографічними і рентгенографічними даними з використанням комп'ютерної моделі черепа пацієнта й усередненої комп'ютерної моделі черепа того ж антропологічного типу, що і череп пацієнта.

Ключові слова: томограми, рентгенограми, об'ємна модель черепа пацієнта, усереднена модель черепа, модель черепного імплантату.

COMPUTER MODELS OF CRANIAL IMPLANTATES

E.O. Shamraeva, A.A. Shamraev

The methods of the second processing of tomographic and X-ray data are briefly considered in work. The methods of construction of computer models of cranial implantate are offered from tomographic and X-ray data with the use of computer model of skull of patient and averaged computer model of skull of the same anthropological type, what skull of patient.

Keywords: tomograms, X-ray, by volume model of skull of patient, averaged model of skull, model of cranial implantates.

Выводы

Авторами розроблені методи побудови моделей черепних імплантатів по томографічним і краниографічним даним, а також програмне забезпечення, реалізуюче ці методи, і представляюче вихідні дані про моделі імплантатів в форматі .stl, що дозволяє отримати матеріальні копії імплантатів з допомогою стереолітографічної системи в будь-якому медичному закладі України.

В перспективі, для підвищення ефективності косметичного відновлення краниальних дефектів цілесообразно розглянути питання найбільш точного відповідності усередненої моделі поверхні черепа конкретному пацієнту з урахуванням анатомічної варіабельності.

Список литературы

1. Шамраева Е.О. Реконструкция объемных моделей черепа и имплантата по томографическим снимкам / Е.О. Шамраева, А.А. Шамраев, О.Г. Аврунин // Системы обработки информации. – 2007. – Вып. 9(67). – С. 137-140.
2. Шамраева Е.О. Построение моделей черепных имплантатов по рентгенографическим данным / Е.О. Шамраева, О.Г. Аврунин // Прикладная радиоэлектроника. – 2005. – Т.4, №4. – С. 441-443.

Поступила в редколлегию 16.06.2009

Рецензент: д-р техн. наук, проф. С.Г. Удовенко, Харьковский национальный университет радиоэлектроники, Харьков.