

ОСОБЕННОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ МЕТОДИК 2D И 3D КОМПЬЮТЕРНОЙ ТОМОГРАФИИ ПРИ МОДЕЛИРОВАНИИ ИМПЛАНТАТОВ ДЛЯ КРАНИОПЛАСТИКИ ФРОНТООРБИТАЛЬНЫХ КОСТНЫХ ДЕФЕКТОВ

*В.И. Сипитый, Ю.А. Бабалян, О.Г. Аврунин**

Харьковский государственный медицинский университет

**Харьковский национальный университет радиоэлектроники*

Рассмотрены особенности использования методик пошаговой и спиральной компьютерной томографии головы в диагностике фронтоорбитальных костных дефектов. Определены и обоснованы показания к применению методик 2D и 3D компьютерной томографии у больных с фронтоорбитальными костными дефектами с учетом использования методики компьютерно-математического моделирования имплантатов, необходимой для проведения прецизионного реконструктивного вмешательства.

Ключевые слова: фронтоорбитальные дефекты, имплантаты, компьютерная томография, компьютерно-математическое моделирование.

Посттравматические дефекты костей черепа являются одним из часто встречающихся последствий черепно-мозговой травмы [1–3]. При этом сочетанные дефекты свода и основания черепа сложной пространственной конфигурации фронтоорбитальной локализации, по данным разных авторов, составляют от 1,2 до 30,0 % всех дефектов черепа [4–6].

Особенности строения передней черепной ямки и сложность объемной конфигурации дефекта, непосредственно переходящего с чешуей лобной кости на орбиту, часто с вовлечением придаточных пазух носа, обуславливают необходимость использования методик предоперационного компьютерно-математического моделирования имплантатов для краниопластики фронтоорбитальных дефектов [7–9].

Оптимизация методики моделирования имплантатов для краниопластики фронтоорбитальных костных дефектов требует уточнения показаний к применению методик компьютерно-томографического обследования, на основании данных которых производятся математические расчеты [10–12]. Это имеет существенное значение для точности компьютерно-математического моделирования и экономической эффективности процедуры, что обуславливает актуальность данного исследования [13].

Материал и методы. В исследовании для компьютерно-математического моделирования имплантатов при краниопластике фронтоорбитальных костных дефектов использовали дифференцированный подход к применению методик пошаговой 2D и спиральной 3D компьютерной томографии на следующих аппаратах: пошаговый рентгеновский компьютерный томограф СРТ 1010; пошаговый рент-

геновский компьютерный томограф СТ МАХ Джeneral Электрик; спиральный компьютерный томограф Siemens Somatom Emotion.

Проводили анализ костных структур фронтоорбитальной области черепа с показателями рентген-плотности 1000 НУ. Основными лимитирующими параметрами возможности выполнения компьютерно-математического моделирования имплантата и определения его геометрических параметров по данным компьютерной томографии являлись пространственное разрешение результирующей изображений ΔXY и минимальное расстояние Z между томографическими срезами (так называемое разрешение по ΔZ -координате). Характеристики пространственного разрешения аппаратов для 2D пошаговой компьютерной томографии (СРТ 1010, г. Киев, 1989; СТ МАХ, Джeneral Электрик, США, 1989) и 3D спиральной компьютерной томографии (Somatom Emotion, Siemens, Германия, 2002), которые используются в диагностическом центре Харьковской областной клинической больницы, приведены в таблице.

Как следует из данных таблицы, спиральный компьютерный томограф Siemens Somatom Emotion способен сканировать с пространственным разрешением точно, в 5 раз превышающей таковую пошагового компьютерного томографа СРТ 1010 и в 2 раза — пошагового компьютерного томографа СТ МАХ, что объясняется техническими возможностями компьютерной рентгеновской томографической аппаратуры различных поколений и системой сканирования.

Расчет геометрических параметров имплантата выполняется с помощью аппрокси-

Характеристики просторового розрешення апаратів РКТ і СКТ, мм

Показатель	2D КТ (СРТ 1010)	2D КТ (СТ МАХ)	3D СКТ (Somatom Emotion)
Просторове розрешення в площині томографічного среза ΔXY	2,5	1,0	0,5
Відстань між томографічними срезами ΔZ	5,0	2,0	1,0

мації костних структур досліджуваної області по неповрежденному симетричному фрагменту або по усередненим анатомічним даним, погрешність кусочно-лінійної апроксимації контурів зменшується з збільшенням числа вузлових точок (зменшенням відстані між ними). При цьому необхідно враховувати, що поверхню імплантата являє собою полігональну модель і складається з плоских сегментів. І чим менше розміри плоских частин, тим вище буде точність побудови імплантата.

Схема апроксимації поверхні імплантата плоскими лоскутами представлена на рис. 1.

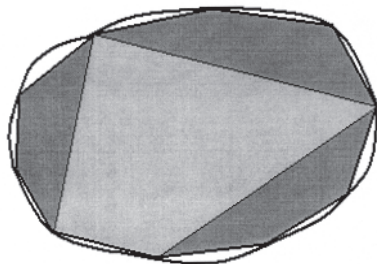


Рис. 1. Схема апроксимації поверхні імплантата плоскими лоскутами

Погрешність кусочно-лінійної апроксимації визначається з вираження

$$\psi \approx h^2 \cdot l \cdot \max f''(S_n),$$

де h — крок сканування; l — діапазон (розмір) досліджуваної (реконструюваної) області; $\max f''(S_n)$ — оператор, визначаючий максимальну величину другої похідної в вузлах інтерполяції.

Так, погрешність реконструкції можна зменшити шляхом зменшення відстані між срезами, розмірами досліджуваної області, а також вибором частини поверхні черепа, що наближається до нуля другої похідної, т. є. на лінійних ділянках (для поверхні — на плоских ділянках).

Розглянувши схематично сагітальну реконструкцію костних структур досліджуваної області (рис. 2) і виконавши її кусочно-лінійну апроксимацію, ми змогли зробити висновок, що погрешність Δl_1 апроксимації при відстані ΔZ_1 між срезами порядку 5–10 мм мінімальна (до 1 мм) в верхній фронтальній (лобній частині) досліджуваної області і суттєво зростає (рис. 2, величина

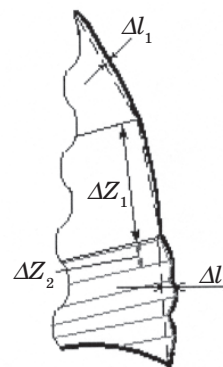


Рис. 2. Схема сагітальної реконструкції костних структур фронтально-орбітальної області

Δl_2) при наближенні до верхньої частини орбіти, що обумовлено зміною складності конфігурації костного рельєфу. Це обумовлює необхідність зменшення відстані ΔZ між срезами в області, прилеглої до верхньої частини орбіти, т. є. виконання сканування з мінімальним кроком, що не перевищує 1 мм, для запобігання наростанню погрешності при моделюванні фронтально-орбітальних імплантатів.

Варіант протоколу дослідження для моделювання фронтально-орбітальних імплантатів розроблявся з урахуванням зростаючої сферичності зовнішньої і внутрішньої поверхні черепа в зоні переходу лобної кістки на верхню частину орбіти і параметрів власної сферичності верхньої частини орбіти і базувалася на ступені (площині) пошкодження бровного краю, верхньої стінки орбіти [14].

Розраховували величину абсолютної середньої відсоткової помилки, яка характеризує відносну погрешність моделювання (рис. 3),

$$|e_1| = \frac{1}{k} \sum_{i=1}^k \frac{|f_i - f_{iA}|}{f_i} \cdot 100\%,$$

де f_i — точка поверхні імплантата, розраховується за допомогою інтерполяції; f_{iA} — точка на анатомічній поверхні імплантата; k — кількість точок поверхні імплантата, залежаче від площі його поверхні.

Відсоткові значення середніх помилок для всіх випадків не повинні перевищувати 10%.

Результати і їх обговорення. Змінююча кривизна зовнішньої і внутрішньої поверхні черепа в зоні переходу лобної кістки

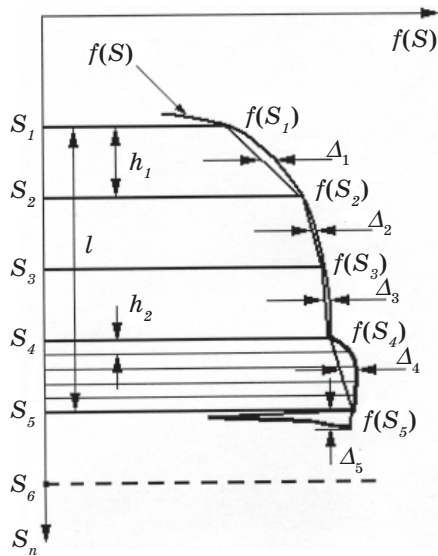


Рис. 3. Схема профиля передней поверхности имплантата в сагиттальной плоскости для определения шага томографического сканирования

ной кости в крышу орбиты с учетом параметров собственной кривизны сферичности крыши орбиты является ключевым фактором в определении протокола обследования для моделирования фронтоорбитальных имплантатов. При этом с учетом величин абсолютной средней процентной ошибки и математических аспектов определения геометрических

параметров корундовых имплантатов были установлены показания к проведению 2D и 3D компьютерной томографии:

- фронтоорбитальный дефект с вовлечением только бровного края — возможно моделирование имплантата на основе данных сканирования на томографе СРТ 1010;
- фронтоорбитальный дефект с вовлечением передней 1/3 крыши орбиты — возможно моделирование имплантата на основе данных сканирования на томографе СТ МАХ;
- фронтоорбитальный дефект с вовлечением более 1/3 крыши орбиты — необходимо моделирование имплантата на основе данных сканирования на томографе СКТ Siemens Somatom Emotion.

Выводы

Использование методики 3D спиральной компьютерной томографии с шагом сканирования фронтоорбитальной области 1 мм создает оптимальные условия для высокоточного моделирования корундовых имплантатов для краниопластики фронтоорбитальных костных дефектов. Однако при костных дефектах, захватывающих незначительную часть крыши орбиты, с преимущественным распространением на конвексимальные отделы лобной области черепа, возможно компьютерное моделирование имплантата по данным пошаговой 2D компьютерной томографии с хорошими результатами.

Список литературы

1. Вовк Ю.Н., Андреева И.В. Современные представления о краниопластике. Укр. мед. альманах 1999; 2, 3: 7–14.
2. Педаченко Г.А. Переломы костей черепа. Пластика дефектов свода черепа (курс избранных лекций по нейрохирургии). К.: Изд-во Мариам-А, 1996. 29 с.
3. Сипитый В.И., Пятикоп В.А., Посохов Н.Ф. Ортопедическая пластика дефектов костей свода черепа и твердой мозговой оболочки. Харьков: Основа, 1995. 70 с.
4. Бельченко В.А. Черепно-лицевая хирургия. М., 2006. 340 с.
5. Еолчийн С.А., Потапов А.А., Катаев М.Г. и др. Реконструктивная хирургия при краниоорбитальных повреждениях. Мат. III з'їзду нейрохірургів України. Алушта, 2003: 63.
6. Потапов А.А., Лихтерман Л.Б., Зельман В.Л. и др. Доказательная нейротравматология; Под ред. А.А. Потапова, Л.Б. Лихтермана. М.: Внешторгиздат, 2003. 517 с.
7. Иванов А., Рогинский В., Гладилин Е. Методы статического и динамического компьютерного трехмерного моделирования твердых и мягких тканей лица в хирургическом лечении детей с патологией в черепно-челюстно-лицевой области. Мат. IV съезда нейрохирургов России. М., 2006: 539.
8. Сипитый В.И., Гунько Б.В., Бабалян Ю.А., Аврунин А.Г. Краниопластика посттравматических фронтоорбитальных костных дефектов с использованием компьютерного моделирования. Альманах клин. медицины 2005; VIII, 1: 284–285.
9. Abe M., Tabuchi K., Goto M., Uchino A. Model-based surgical planning and simulation of cranial base surgery. Neurol. Med. Chir. (Tokyo) 1998; 38, 11: 746–751.
10. Еропкин С.В., Арутюнов Н.В., Потапов А.А. и др. Использование трехмерной компьютерной томографии при реконструктивных операциях по поводу костных дефектов и деформаций фронтоорбито-базальной локализации. Краниоорбитальная травма. М., 1998: 4–7.
11. Поммерт А., Пфлессер Б., Риемер М. и др. Визуализация объема в медицине. Открытые системы 1996; 5 (19): 56–61.
12. Eufinger H., Saylor B. Computer-assisted prefabrication of individual craniofacial implants. AORN J. 2001; 74, 5: 648–654.
13. D'Urso P.S., Earwaker W.J., Barker T.M. et al. Stereolithographic biomodelling in head and neck surgery. Proc. of 10th Bienial Congress Asian Surgical Association. Bali Indonesia, 1995: 2.
14. Сперанский В.С. Основы медицинской краниологии. М.: Медицина, 1988. 288 с.

ОСОБЛИВОСТІ ЗАСТОСУВАННЯ МЕТОДИК 2D І 3D КОМП'ЮТЕРНОЇ ТОМОГРАФІЇ ПРИ МОДЕЛЮВАННІ ІМПЛАНТАТІВ ДЛЯ КРАНІОПЛАСТИКИ ФРОНТООРБІТАЛЬНИХ КІСТКОВИХ ДЕФЕКТІВ***V.I. Sinitiy, Yu.O. Babalyan, O.G. Avrunin***

Розглянуто особливості використання методик покрокової та спіральної комп'ютерної томографії голови в діагностиці фронтоорбітальних кісткових дефектів. Визначено та обґрунтовано показання до застосування методик 2D та 3D комп'ютерної томографії у хворих з фронтоорбітальними кістковими дефектами з урахуванням використання методики комп'ютерно-математичного моделювання імплантатів, необхідної для проведення прецизійного реконструктивного втручання.

Ключові слова: *фронтоорбітальні дефекти, імплантати, комп'ютерна томографія, комп'ютерно-математичне моделювання.*

FEATURES OF 2D AND 3D COMPUTER TOMOGRAPHY USING IN IMPLANTS' MODELING FOR CRANIOPLASTY OF FRONTO-ORBITAL OSSEOUS DEFECTS***V.I. Sinitiy, Yu.A. Babalyan, O.G. Avrunin***

The features of stepped and helical computer tomography of cranium in diagnostic of fronto-orbital osseous defects were observed. Defined and proved indications for 2D and 3D computer tomography examination of patients with fronto-orbital osseous defects connected with using of computer-mathematic modeling of implants, which needed for precise reconstructive surgery.

Key words: *fronto-orbital defects, implants, computer tomography, computer-mathematic modeling.*

Поступила 13.03.07