



С.А. Епифанов¹, В.Н. Балин¹, С.С. Хрыков², Е.П. Розберг

КОМПЬЮТЕРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ В ВОССТАНОВИТЕЛЬНОЙ ХИРУРГИИ СРЕДНЕЙ ЗОНЫ ЛИЦА

¹Национальный медико-хирургический центр им. Н.И. Пирогова.

Россия, 105203, г. Москва, ул. Нижняя Первомайская, д. 70. E-mail: Epiphanoff@gmail.com.

²Московский государственный технический университет им. Н.Э. Баумана.

Россия, 105005, г. Москва, 2-я Бауманская ул., д. 5, стр. 1.

Представлена методика компьютерного планирования оперативного вмешательства у больных с травмой средней зоны лица, позволяющая эффективно проводить хирургические манипуляции в области анатомических структур глазницы и решетчатого лабиринта. Разработанный способ позволяет снизить травматичность оперативного вмешательства, уменьшить количество послеоперационных осложнений, сократить период реабилитации.

Ключевые слова: травма средней зоны лица, перелом медиальной стенки орбиты, переломы стенок орбиты, повреждения назоорбитоэтмоидального комплекса, компьютерное моделирование.

S.A. Epifanov¹, V.N. Balin¹, S.C. Hricov², E.P. Rosberg

COMPUTER SIMULATION TECHNOLOGIES IN RECONSTRUCTIVE AND RESTORATIVE SURGERY OF THE MIDFACE

¹National Medical and Surgical Center n.a. N.I. Pirogov.

70 Nizhnyaya Pervomayskaya st., Moscow, 105203, Russia. E-mail: Epiphanoff@gmail.com

²Moscow State Technical University n.a. N. E. Bauman.

5, p. 1 2nd Baumanskaya street, Moscow, 105005, Russia

The technique of computer-aided planning of surgical intervention in patients with trauma of the midface, to effectively carry out surgical procedures in the field of anatomical structures of the orbit and ethmoid labyrinth. The developed method allows to reduce the invasiveness of surgical intervention, to reduce the number of postoperative complications, shorten the rehabilitation period.

Key words: trauma of the midface fracture of the medial wall of the orbit, wall fractures of the orbit, damage notartolodiscia complex computer modeling..

Введение

Сложность анатомического строения средней зоны лица, а, следовательно, и опасность выполняемых хирургических операций требуют максимально точных расчетов основных этапов хирургического вмешательства. Это чрезвычайно важно не только с точки зрения правильного выбора тактических решений, но и для обеспечения полноценной подготовки операций во всем их многообразии. [1,2] Методологические основы топографической анатомии, заложенные в трудах Н.И. Пирогова, на столетия опередили развитие медицинской науки и предопределили путь развития технической мысли направленной на «видение патологического очага» без разреза.

Современное воплощение идей Николая Ивановича нашли свое отражение в компьютерных томографах, точнее в формате DICOM (Digital Imaging and Communications in Medicine, «работа с цифровыми изображениями и передача данных в медицине»), который на сегодняшний день является общепринятым стандартом для передачи медицинских данных. [2,3]

Сегодня DICOM - обширный и сложный стандарт, который регулирует все сферы хранения и обработки цифровой медицинской информации. Приведем здесь основные характеристики DICOM согласно официальной спецификации:

- Томограммы могут храниться в виде файлов по принципу один слой - один файл. Обычно файлы группируются в папки - сначала по дате и номеру исследования, затем по имени пациента.



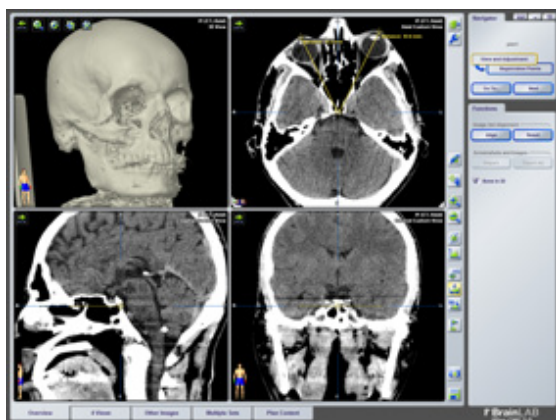
- Каждая томограмма представляет собой прямоугольную решетку из точек, т. е. является так называемым растровым изображением. Каждой точке в файле DICOM приписано некоторое значение величины, называемой «Intensity». Это число соответствует оптической плотности данной точки исследуемого объекта в единицах шкалы Хаунсфилда (HU). Действует следующее правило: -1000 HU соответствует плотности воздуха, 0 - плотности воды. Всем другим веществам значения HU сопоставляются на основе интерполяции или экстраполяции (например, -500 примерно соответствует легочной ткани, а 700-1300 - различным костным тканям). [3,5] Благодаря этому на томограмме можно различить ткани, имеющие разную оптическую плотность. Важно понимать, что реальная световая яркость точек устанавливается только при печати или выводе снимка на экран, причем пользователь (или программа, в которой он работает) должен выбрать способ отображения шкалы HU на шкалу яркости принтера или монитора.

- Помимо собственно изображения каждый файл DICOM содержит блок служебной информации, который включает: ФИО, возраст и пол пациента, дату и время исследования, название медицинского учреждения, марку томографа, значения технологических параметров облучения и прочие данные. Важную роль играет фраг-

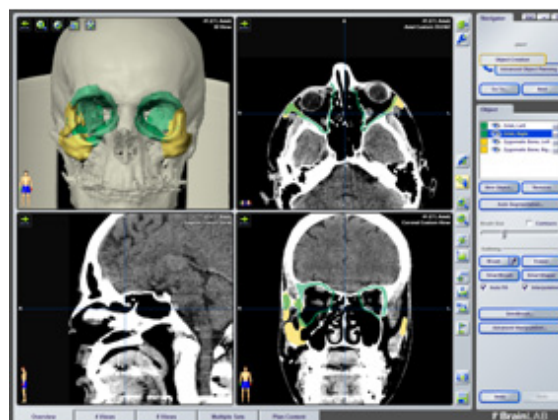
мент геометрической информации, с помощью которой всегда можно установить физические размеры каждого элемента на изображении или расстояние между двумя любыми точками, включая случаи, в которых эти точки оказываются на разных срезах. Дополнительно DICOM рекомендует записывать информацию о том, как в момент сканирования было ориентировано тело пациента в системе координат томографа, что дает дополнительную страховку от путаницы «право-лево».

Реконструкция трехмерного изображения по данным томографического сканирования начинается с извлечения из томограмм графической информации. В случае КТ-снимков это - последовательность (стопка) изображений плоских срезов, которые находятся на определенном расстоянии друг от друга.[4,5,6] Точки снимков имеют определенный цвет в диапазоне от черного до белого, соответствующий плотности определенной области сканированного объекта.

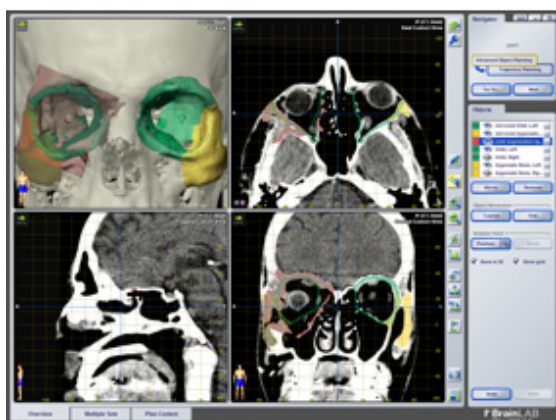
Томограммы загружают в программу (обычно специализированную, например, CMF iPlan BrainLab), где производится сегментация изображений. [7,8] Под сегментацией томографических изображений понимают разметку томограммы таким образом, чтобы границы попавших на изображение тканей и органов можно было достоверно идентифицировать (Рис. 1).



а)



б)



в)

Рис. 1. Сегментация и обработка изображений в программе CMF iPlan BrainLab (представлены этапы «сегментации»: а, б, в).



Расширенные возможности применения компьютерных технологий открываются после реконструкции виртуальной 3D-модели пациента на базе томограммы. Сегодня существует большое количество программных средств, имеющих функцию реконструкции трехмерных поверхностей из томограммы (например, Amira, Mimics). [9,10,11] Однако сегодня врачи зачастую рассматривают 3D-модели лишь как дополнительное средство визуализации, а не как мощный инструмент для планирования и подготовки операции. Причина этого заключается в том, что большинство коммерческих и бесплатных программ 3D-моделирования очень сложны и ориентированы на задачи в инженерно-технической сфере, а специализированные программы для медицины пока еще мало распространены в России.

МГТУ им. Баумана совместно с Пироговским Центром разрабатывают отечественную систему для подготовки и планирования хирургических операций на базе 3D-моделей. Система имеет функции загрузки и просмотра томограммы, создания на ее основе 3D-модели пациента. Главной особенностью системы является набор специализированных функций для манипуляций в пространстве модели, которыми может пользоваться сам хирург.

С помощью системы можно восстановить геометрию поврежденных или отсутствующих анатомических структур и использовать полученную информацию для проведения лечения. Для этого врач загружает томограммы в программу и в автоматическом режиме получает трехмерную модель (Рис. 2).

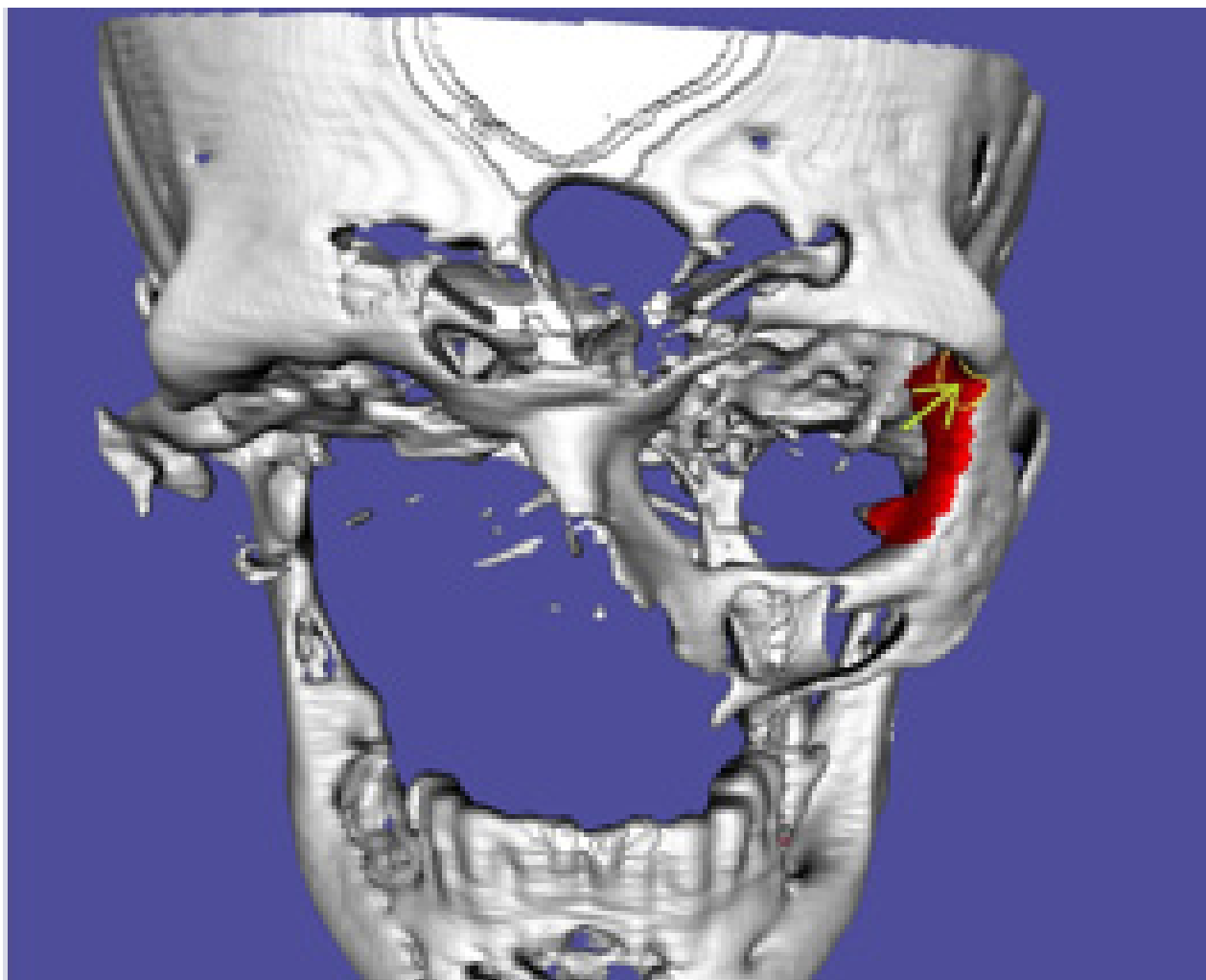


Рис. 2. Трехмерная модель костных структур черепа.

Затем врач отмечает интересующие его области на здоровой части лица, «прокрашивая» их инструментом, напоминающим кисть художника. Размер этой кисти можно регулировать. Поддерживается создание нескольких областей выделения, имеющих различные цвета (например,

для отображения различных анатомических структур). Разметка непосредственно по трехмерной модели производится точнее и быстрее, чем сегментация обычных томографических снимков (Рис. 3).

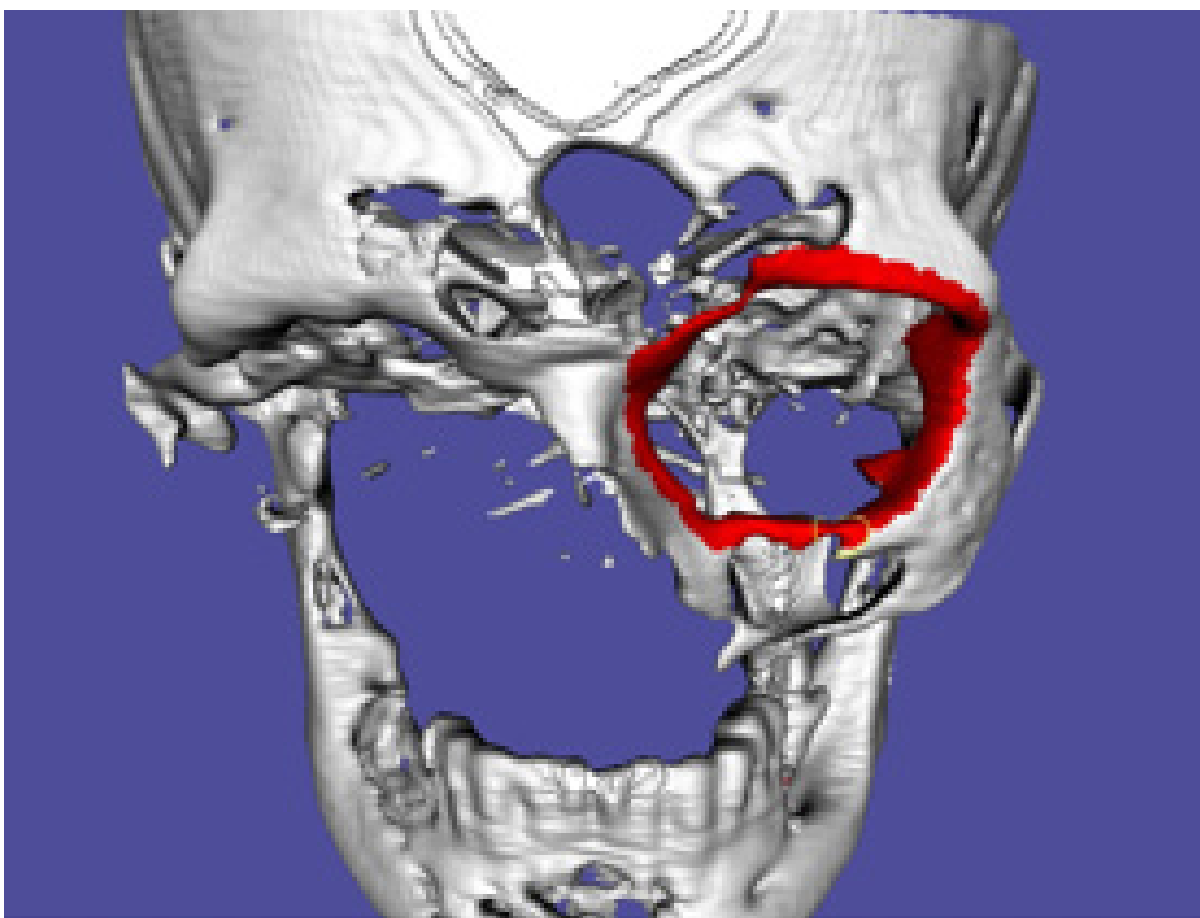
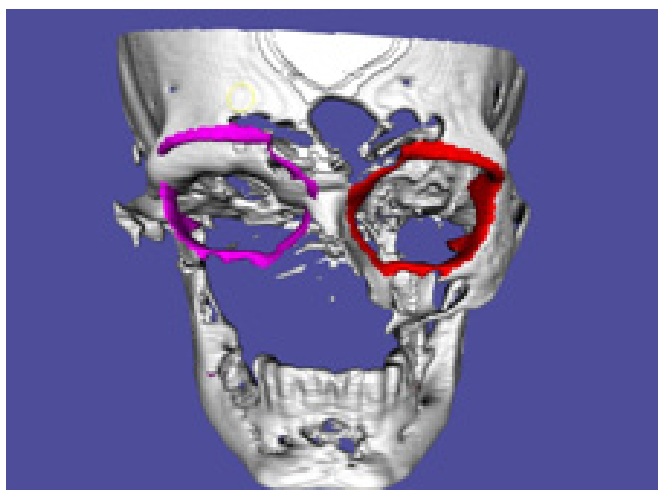
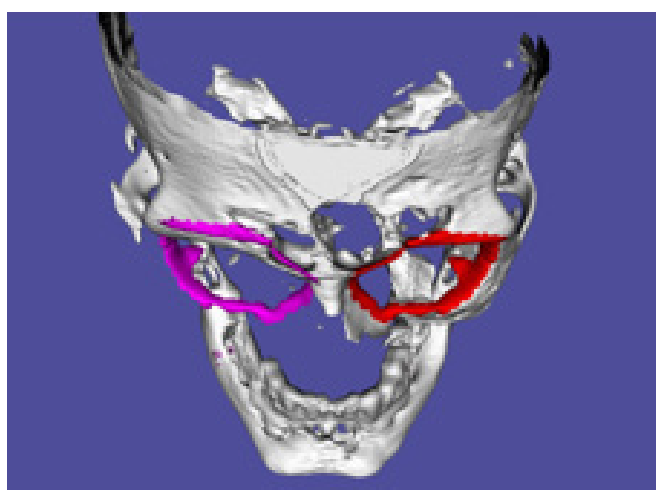


Рисунок 3.

Наконец, завершив разметку, врач может «зеркально» отразить отмеченные области и получить их копию в области дефекта (Рис. 4).



а)



б)

Рис. 4. Виртуальное построение костных структур орбиты (а, б).



Точное положение отраженных элементов может быть при необходимости скорректировано. Полученную виртуальную модель с реконструированной анатомией врач может сохранить в виде файла или отправить по электронной почте (например, для печати стереолитографической модели).

Возможности компьютерного моделирования позволяют более точно и менее травматично проводить операции, получать диагностические сведения в реальном времени, обрабатывать данные пациента на дооперационном этапе и проводить планирование сложных многоэтапных реконструктивных вмешательств. [10,11,12] В компьютерной среде есть возможность устанавливать маркеры для важных образований, переводя их затем на двухмерные

плоскостные изображения, выполняемые в режиме реального времени с использованием С-дуги, что особенно важно при операциях в области костных структур глазницы [9,10,12].

Использование технологий компьютерного планирования позволяет улучшить послеоперационные результаты при лечении сложных, комплексных переломов костей средней зоны лица, где постановка на костных фиксирующих конструкций требует высокой точности. Использование минимально-инвазивных технологий подразумевает сокращение интраоперационной травмы, что положительно сказывается на восстановлении пациентов с комплексными и сочетанными травмами. [10,11].

ЛИТЕРАТУРА

1. Шевченко Ю.Л. От «ледяной анатомии» до компьютерной томографии: Актовая речь 18 декабря 2009 г. к 150-летию со дня издания Н.И. Пироговым «Иллюстрированной топографической анатомии распилов, произведенных в трех измерениях через замороженное человеческое тело» (1851-1859) / Ю.Л.Шевченко. – М.: РАЕН, 2009. – 20 с.
2. Alex M. Greenberg Craniomaxillofacial Reconstructive and Corrective Bone Surgery: Principles of Internal Fixation Using AO/ASIF Technique / Edition 1 by Alex M. Greenberg, Joachim Prein, - 2002. - Springer-Verlag New York, LLC. – 758 p.
3. Krenkel C, Hachleitner J, Thaller-Antlanger H. Experience with evacuable maxillary sinus endothesis for orbital and maxillary trauma. // Dtsch Z Mund Kiefer Gesichtschir. – 1989/ - №13(4). – P. 252-255.
4. Koreaki Irie; Murayama Yuichi; Saguchi Takayuki; Ishibashi Toshihiro; Ebara Masaki; Takao Hiroyuki; Abe Toshiaki. Dynact Soft-Tissue Visualization Using An Angiographic C-Arm System: Initial Clinical Experience in the Operating Room. // Neurosurgery. - 2008. - №62(3). – P. 266–272.
5. Nollert, G.; Hartkens, T.; Figel, A.; Bulitta, C.; Altenbeck, F.; Gerhard, V. The Hybrid Operating Room in Cardiac Surgery / Book 2. Intechweb. - 2011.
6. Lee K., Snape L. Efficacy of Transcaruncular approach to reconstruct isolated medial orbital fracture. J. Maxillofac. // Oral Surg. – 2010. - №9(2). – P. 142–145.
7. Liao R. Rui Liao's work on patient-specific 3-D model guidance for interventional and hybrid-operating-room applications. // World J Radiol. – 2011. – №28. – P. 159-168.
8. Park MS, Kim YJ, Kim H, Nam SH, Choi YW. Prevalence of Diplopia and Extraocular Movement Limitation according to the Location of Isolated Pure Blowout Fractures. // Arch Plast Surg. – 2012. - №39(3). – P. 204-208.
9. Quigley RL. A hybrid approach to cardiac resynchronization therapy. // Ann Thorac Cardiovasc Surg. - 2011. - №17(3). P. 273-276.
10. Steinbauer M. Extraocular Movement Limitation according to Gefäßchirurgie. // Zeitschrift für vaskuläre und endovaskuläre Medizin. - 2012. №17. – P. 346–354.
11. Schmal Z., Hauschild O., Bode G., Saskuläre und endovaskuläre Medizin (17). – 2012-2013. – P. 346–354.
12. Vincent L., Morphological Grayscale Reconstruction in Image Analysis // IEEE Transactions on Image Processing. April 1993. Vol. 2. №2, P. 176-201.

ПОСТУПИЛА 25.05.2014