

НОВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В ТРАВМАТОЛОГИИ И ОРТОПЕДИИ

УДК 616.716-053.2-089.844
DOI: 10.17816/PTORS3138-45

3D-МОДЕЛИРОВАНИЕ И ПРОТОТИПИРОВАНИЕ МОДЕЛЕЙ ЧЕЛЮСТЕЙ КАК ЭТАП ПЛАНИРОВАНИЯ КОСТНО-РЕКОНСТРУКТИВНЫХ ОПЕРАЦИЙ НА ЛИЦЕВОМ ОТДЕЛЕ ЧЕРЕПА У ДЕТЕЙ

© Семенов М. Г., Михайлов В. В., Филиппова А. В., Стеценко А. Г.

ФГБУ «НИДОИ им. Г. И. Турнера» Минздрава России, Санкт-Петербург
ГБОУ ВПО «СЗГМУ им. И. И. Мечникова» Минздрава России, Санкт-Петербург

■ В статье представлены этапы планирования оперативного лечения у детей с новообразованиями, с послеоперационными деформациями и изъянами лицевого отдела черепа при использовании методики 3D-моделирования и прототипирования моделей челюстей.

■ **Ключевые слова:** дети, челюстно-лицевая область, новообразования, планирование, 3D-моделирование, прототипирование.

Введение

В настоящее время технологию компьютерного 3D-моделирования активно внедряют во все отрасли медицины, в том числе костно-реконструктивную хирургию челюстно-лицевой области. Эта перспективная методика позволяет провести точную топическую диагностику патологии костей лица, рассчитать их параметрические данные и осуществить планирование предстоящей костно-реконструктивной операции [2]. С появлением 3D-принтеров возможно не только виртуально смоделировать, но и распечатать модели челюстей, других костей лица, а также их фрагментов. При необходимости прототип может быть использован для изготовления индивидуальных эндопротезов из биосовместимых материалов, а также на костных пластин — скрепителей из титана [3].

В данной работе будут рассмотрены только этапы планирования костно-реконструктивного лечения патологии челюстно-лицевой области. Ближайшие результаты операций, а также в целом комплексного хирургическо-ортодонтического лечения будут рассмотрены отдельно.

Цель исследования

Разработка методики планирования оперативного вмешательства на лицевом отделе черепа у детей с новообразованиями, послеоперационными деформациями и изъянами челюстей при использовании компьютерного моделирования и прототипирования моделей до операции.

Материалы и методы

В работу включены клинические наблюдения 34 детей с новообразованиями, послеоперационными деформациями и изъянами челюстей, лечившихся в клинике челюстно-лицевой хирургии НИДОИ им. Г. И. Турнера. Для 3D-моделирования использованы компьютерные томограммы, выполненные на компьютерном томографе Philips Brilliance 16. В качестве прототипирования использованы 3D-принтеры: EnvisionTEC's ULTRA 3SP, FLASHFORGE Creator.

Клиническое наблюдение

Больной М., 16 лет. Диагноз: «Фибромиксома нижней челюсти в области 47–36-го зубов» (рис. 1).



Рис. 1. Больной М., 16 лет. Фибромиксома нижней челюсти в области 47–36-го зубов

Из анамнеза: новообразование челюсти было выявлено на стоматологическом приеме и расценено как одонтогенная киста, в январе 2014 г. была выполнена операционная биопсия по типу цистотомии. В августе 2014 г. — рецидив заболевания с вовлечением большей части челюсти. Повторное гистологическое исследование подтвердило фибромиксому челюсти.

На этапе подготовки больного к операции, последовательно были проведены: мультиспиральная компьютерная томография, изготовлена стереолитографическая модель челюсти и проведено планирование оперативного вмешательства в объеме резекции челюсти с замещением изъяна реконструктивным титановым эндопротезом (рис. 2).

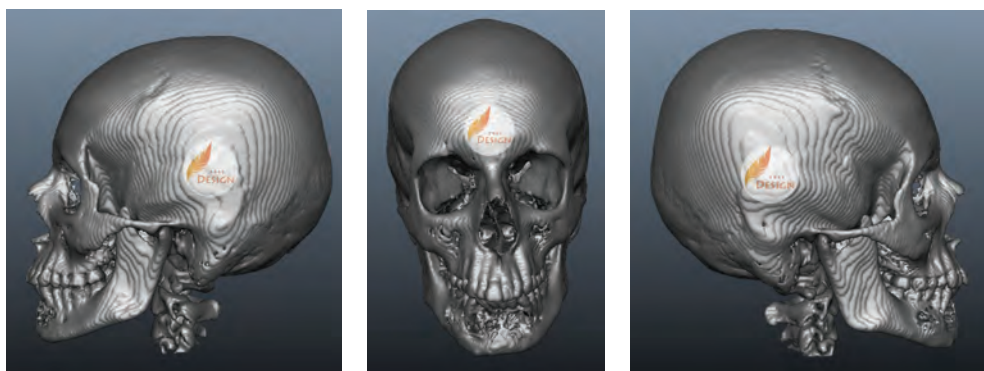


Рис. 2. Больной М., 16 лет. Фибромиксома нижней челюсти. 3D-моделирование черепа

Этапы виртуального планирования:

1-й этап — выделение и визуализация опухоли в области нижней челюсти (рис. 3).

На 2-м этапе проведена виртуальная операция — резекция нижней челюсти с опухолью и формирование изъяна челюсти (рис. 4).

3-й этап — виртуальное моделирование восполнения изъяна челюсти (рис. 5) для возможности

формирования индивидуальной пластины — эндопротеза (рис. 6).

4-й этап — прототипирование. В качестве материала для объемной модели использован биосовместимый материал, PLA-пластик: биоразлагаемый, стерилизуемый, термопластический алифатический полиэфир, структурная единица которого — молочная кислота.

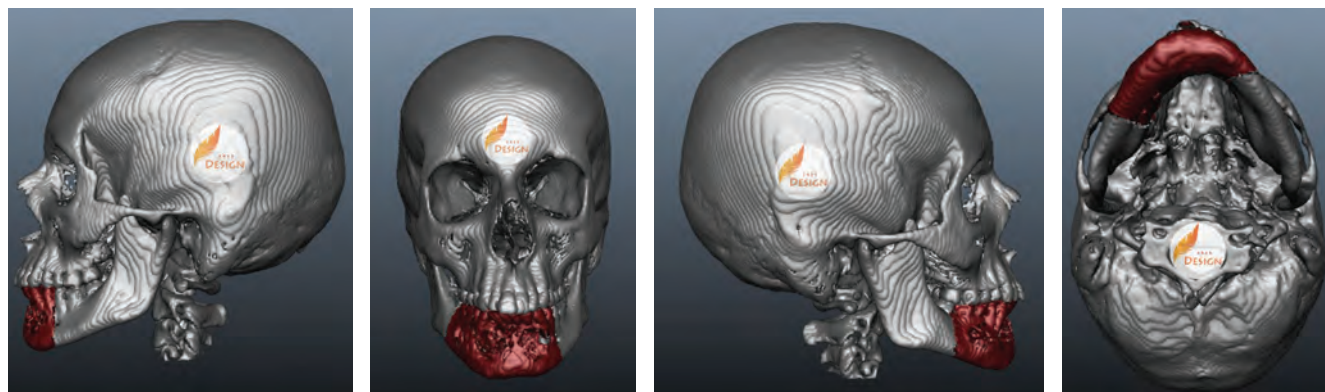


Рис. 3. Больной М., 16 лет. Фибромиксома нижней челюсти. 1-й этап компьютерного моделирования — визуализация новообразования и объема резекции челюсти

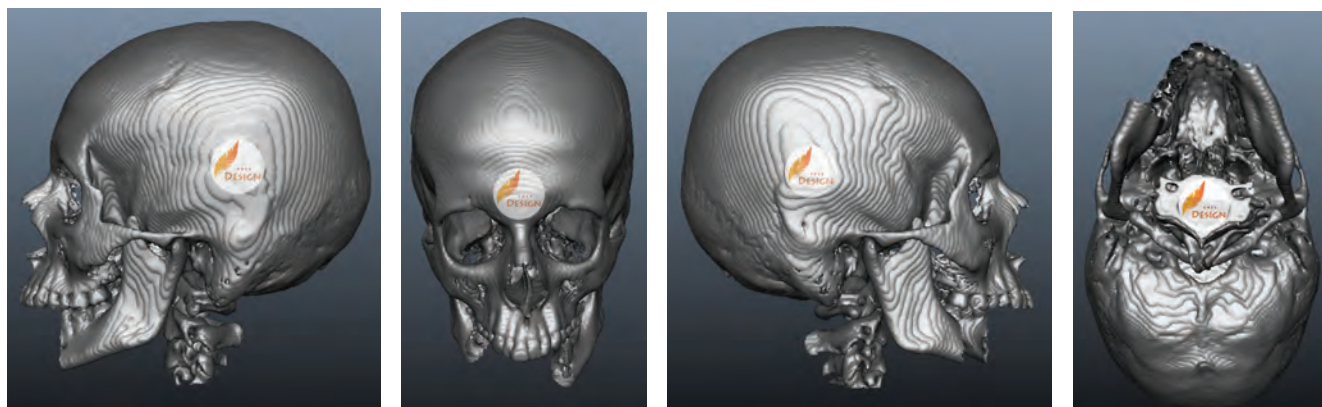


Рис. 4. Больной М., 16 лет. Фибромиксома нижней челюсти. 2-й этап компьютерного моделирования

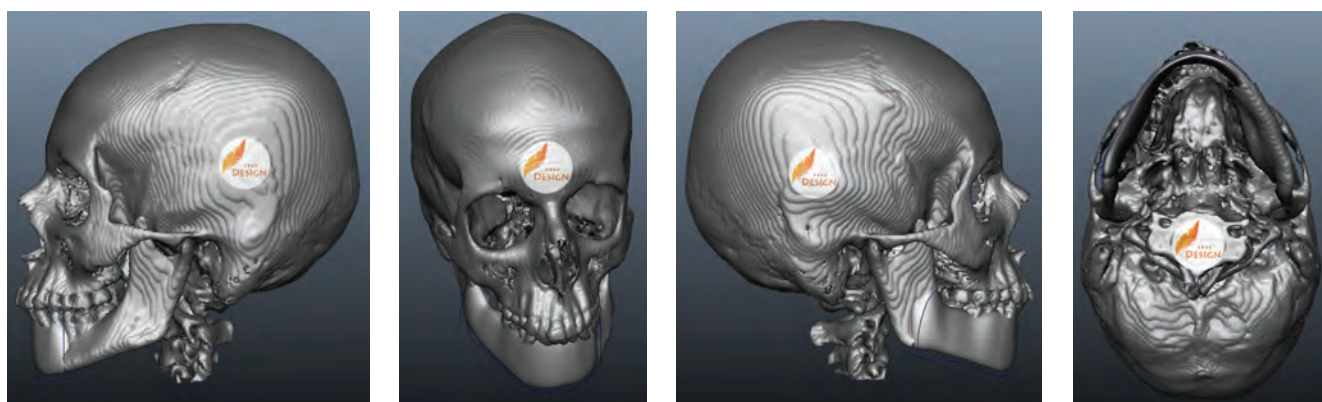


Рис. 5. Больной М., 16 лет. Фибромиксома нижней челюсти. 3-й этап — моделирование изъяна после удаления опухоли фрагмента нижней челюсти

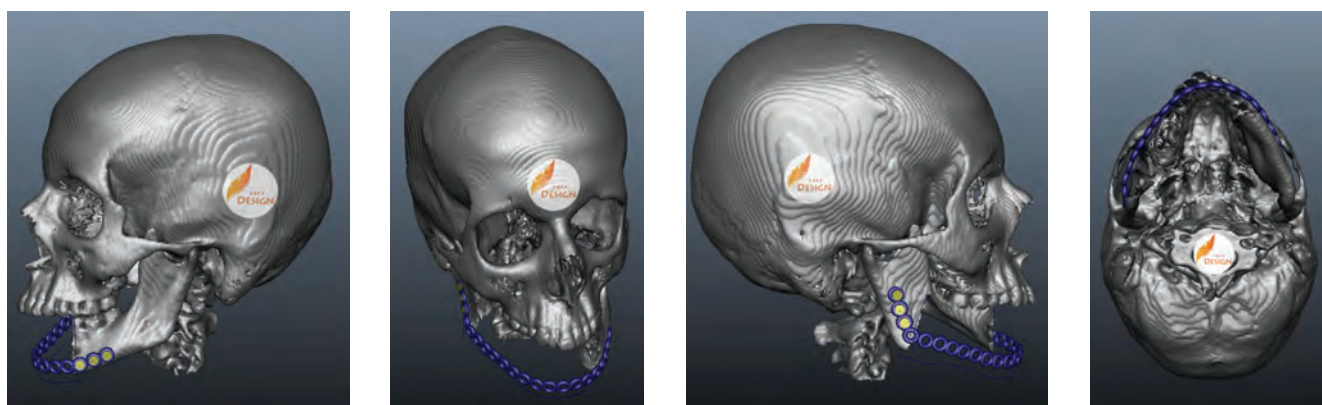


Рис. 6. Больной М., 16 лет. Фибромиксома нижней челюсти. 3-й этап компьютерного моделирования (продолжение) — виртуальное создание индивидуальной титановой пластины — эндопротеза для замещения изъяна челюсти



Рис. 7. Формирование реконструктивной мостовидной блокированной пластины — эндопротеза системы 2,4 Unilock

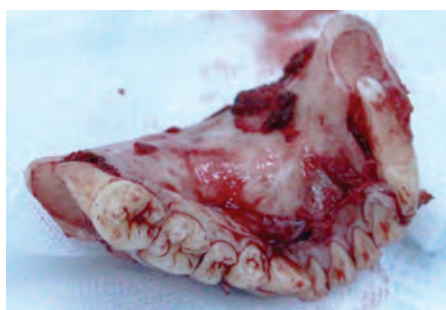


Рис. 8. Резекция челюсти



Рис. 9. Окончательное моделирование реконструктивной пластины и фиксация ее на челюсти



Рис. 10. Больная Л., 16 лет. Послеоперационная деформация и изъян подбородочного отдела и тела нижней челюсти слева. Состояние после удаления цементирующей фибромы нижней челюсти в 2010 г.

После получения объемной модели из пластика на ней перед операцией произведено моделирование титановой пластины (рис. 7).

Выполнена костно-реконструктивная операция: радикальное удаление опухоли нижней челюсти. Одномоментное эндопротезирование изъяна челюсти титановой реконструктивной пластиной (рис. 8, 9).

Больная Л. 16 лет. Диагноз: «Послеоперационная деформация и изъян подбородочного отдела и тела нижней челюсти слева». Состояние после удаления цементирующей фибромы нижней челюсти в 2010 г. (рис. 10).

Из анамнеза: в 2009 г. — двукратное радикальное удаление новообразования нижней челюсти (цементирующая фиброма). В 2010 г. — на фоне рецидива заболевания проведено радикаль-

ное удаление новообразования нижней челюсти: сегментарная резекция фрагмента челюсти от 43-го зуба до зачатка 38-го зуба. Одномоментное эндопротезирование изъяна челюсти титановой реконструктивной пластиной. Выполнено протезирование зубного ряда. Состояние устойчивой ремиссии. В 2014 г. больная поступила для второго этапа лечения — замена титанового эндопротеза васкуляризированным аутокостным трансплантатом из малоберцовой кости.

Этапы виртуального планирования:

1-й этап — выделение и визуализация дефекта нижней челюсти (рис. 11).

2-й этап виртуальное удаление титановой пластины (рис. 12).

3-й этап — виртуальное моделирование недостающей части челюсти.

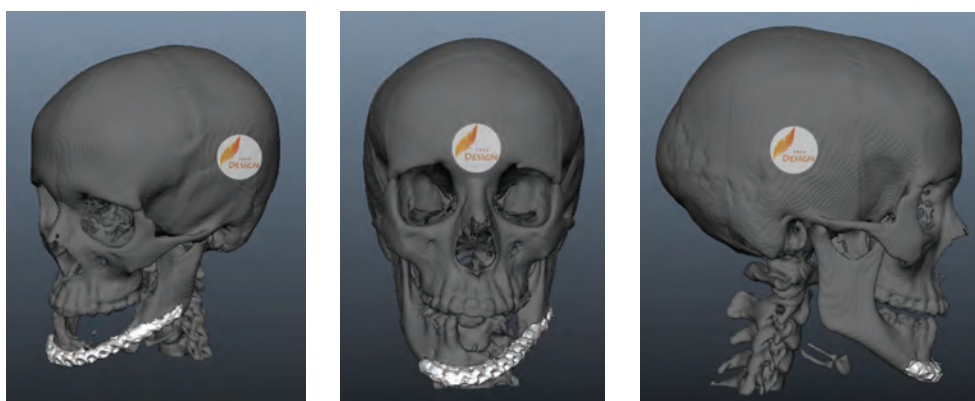


Рис. 11. Больная Л., 16 лет. Послеоперационная деформация и изъян подбородочного отдела и тела нижней челюсти слева. 1-й этап компьютерного моделирования — визуализация дефекта

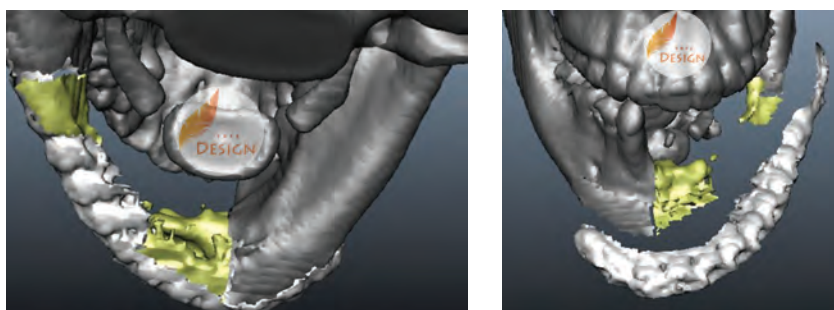


Рис. 12. Больная Л., 16 лет. Послеоперационная деформация и изъян подбородочного отдела и тела нижней челюсти слева. 2-й этап компьютерного моделирования — виртуальное удаление конструкции

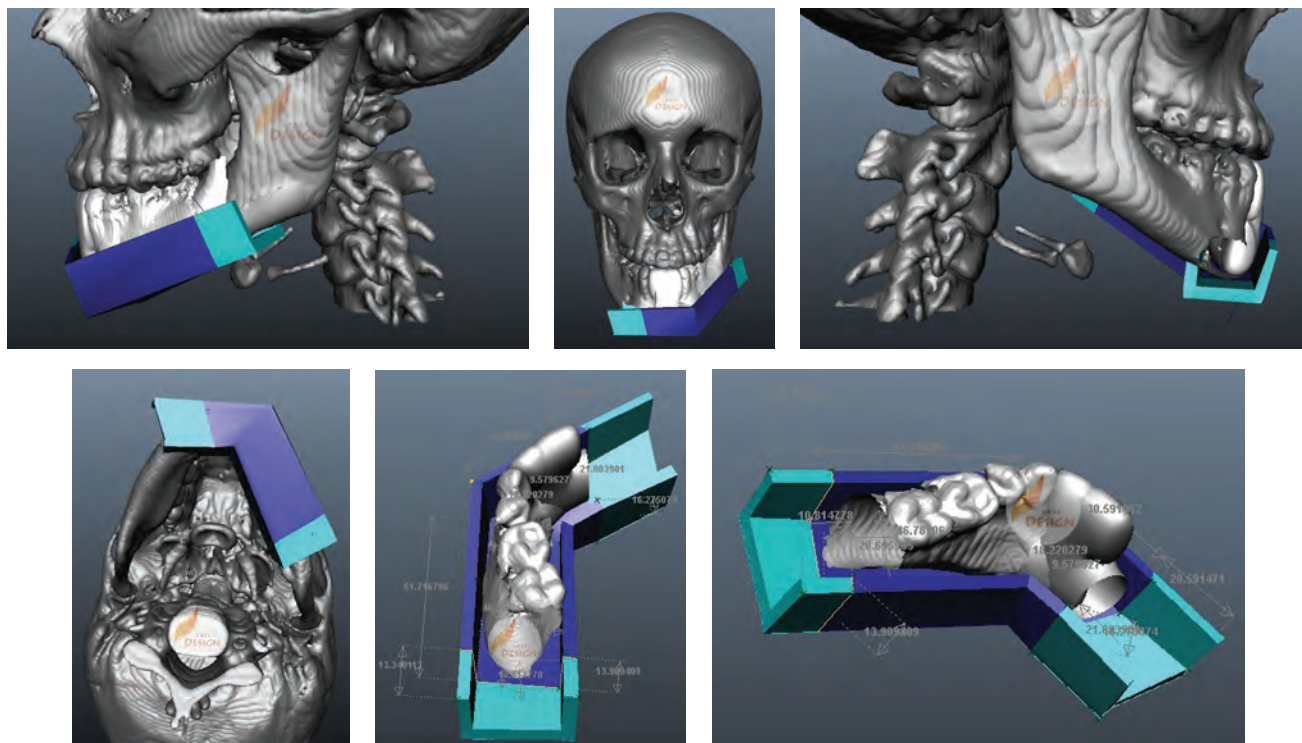


Рис. 13. Больная Л., 16 лет. Послеоперационная деформация и изъян подбородочного отдела и тела нижней челюсти слева. 3-й и 4-й этапы компьютерного моделирования — восполнение изъяна челюсти с последующим созданием индивидуального шаблона

4-й этап — по форме восполненного изъяна челюсти виртуально создан индивидуальный шаблон для укладки васкуляризированного фрагмента малоберцовой кости. Точные параметры виртуального шаблона позволили в данном случае не изготавливать общую модель из пластика (рис. 13).

Выполнена костно-реконструктивная операция на нижней челюсти: удаление части реконструктивной титановой пластины и возмещение изъяна челюсти васкуляризированным трансплантатом из малоберцовой кости слева с фиксацией его титановыми винтами к оставшейся части реконструктивной пластины.

Больная Е., 18 лет. Диагноз: «Послеоперационная деформация, изъян верхней челюсти». Состояние после удаления остеобластокластомы верхней челюсти в 2010 г. (рис. 14).

Из анамнеза: резекция верхней челюсти в области от 21-го до 25-го зуба по поводу остеобластокластомы в 2010 г.

Этапы виртуального планирования:

1-й этап — выделение и визуализация дефекта верхней челюсти в 2015 г. (рис. 15).

2-й этап — виртуальное моделирование трансплантата для закрытия изъяна в области тела, неба верхней челюсти и восполнение им изъяна челюсти (рис. 16).

3-й этап — на основании сформированного виртуального фрагмента верхней челюсти смоделированы виртуальные индивидуальные шаблоны (рис. 17).

4-й этап — прототипирование. В качестве материала использовался фотополимер, благодаря которому распечатаны сверхтонкие, прочные, детализированные шаблоны (рис. 18).



Рис. 14. Больная Е., 18 лет. Послеоперационная деформация, изъян верхней челюсти. Состояние после удаления остеобластокластомы верхней челюсти в 2010 г.

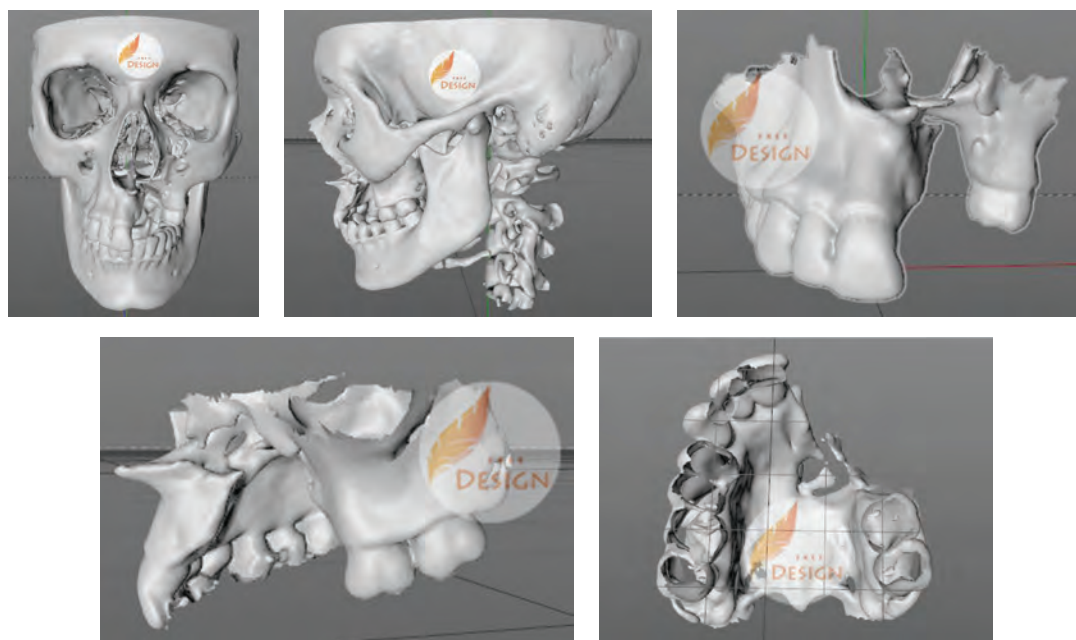


Рис. 15. Больная Е., 18 лет. Послеоперационная деформация, изъян верхней челюсти. Состояние после удаления остеобластокластомы верхней челюсти в 2010 г. 1-й этап компьютерного моделирования — визуализация изъяна, его измерение

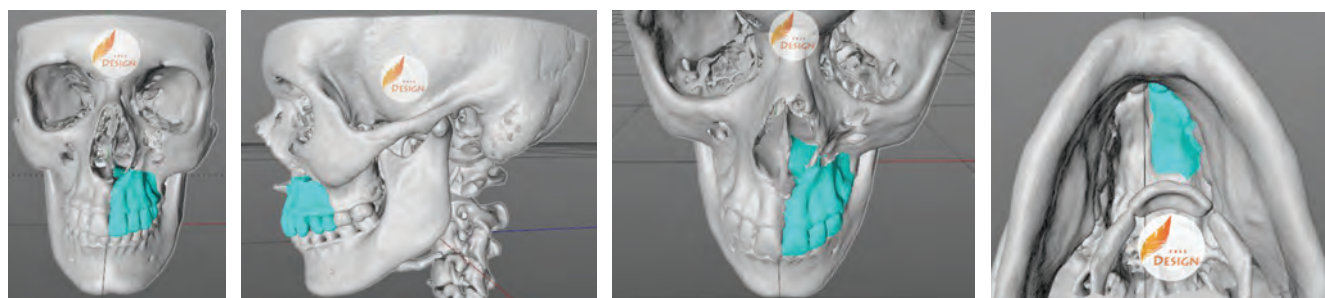


Рис. 16. Больная Е., 18 лет. Послеоперационная деформация, изъян верхней челюсти. 2-й этап компьютерного моделирования — восполнение изъяна верхней челюсти

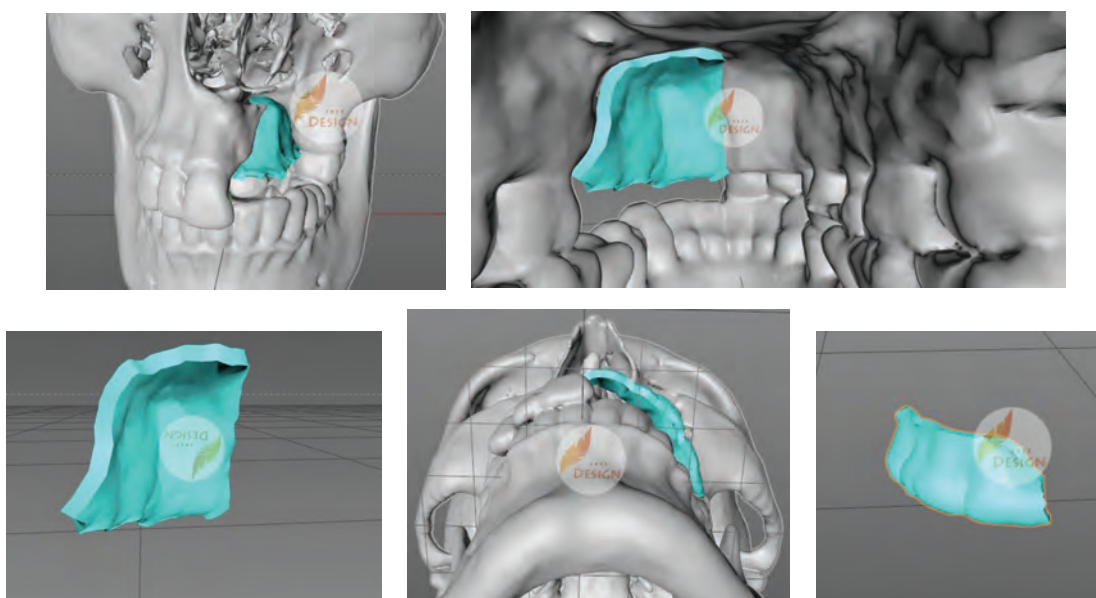


Рис. 17. Больная Е., 18 лет. Послеоперационная деформация, изъян верхней челюсти. 3-й этап компьютерного моделирования — создание двух шаблонов для верхней челюсти: со стороны преддверия рта и со стороны неба

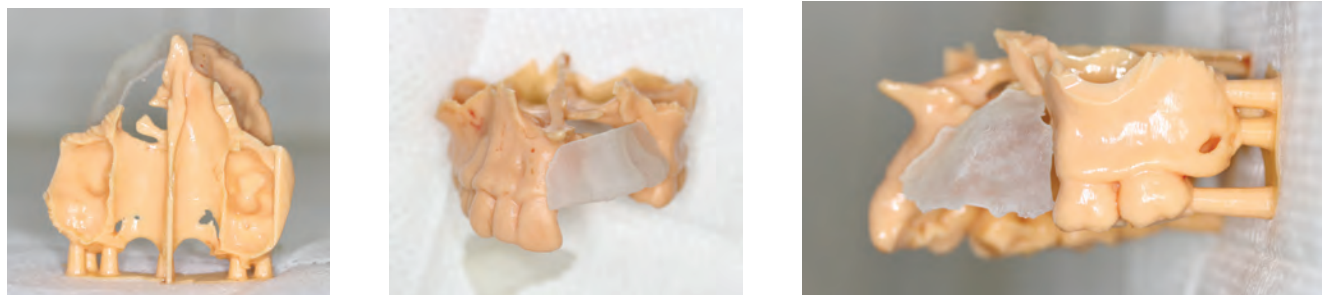


Рис. 18. Прототипированные модели: верхней челюсти и двух шаблонов для нее

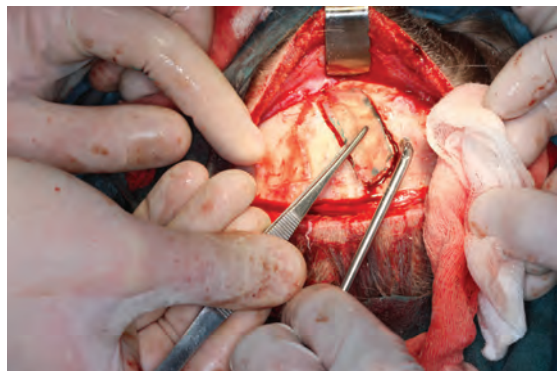


Рис. 19. Примерка одного из шаблонов



Рис. 20. Взятие костных блоков с черепа для закрытия изъянов верхней челюсти

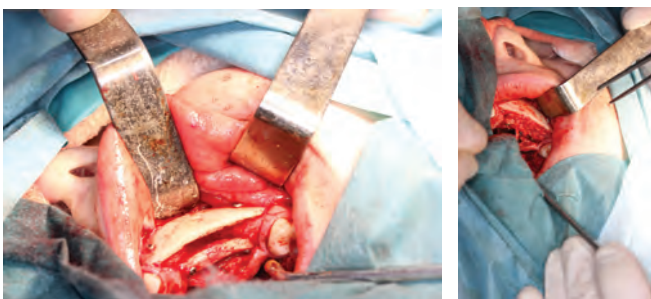


Рис. 21. Окончательная моделировка костных трансплантатов на верхнюю челюсть. Фиксация винтами и заполнение промежутка между блоками костной стружкой, уложенной со стороны неба и преддверия рта

Используя 3D-моделирование с прототипированием больной выполнена костно-реконструктивная операция: возмещение изъяна верхней челюсти трансплантатами, взятыми из свода черепа (рис. 19, 20, 21).

Обсуждение

Компьютерное 3D-моделирование отличается от традиционного планирования тем, что работа проводится не в двумерной плоскости на бумаге, а в трехмерном измерении, что позволяет с большой достоверностью рассмотреть все параметры дефекта, заранее составить несколько вариантов индивидуального плана операции [3, 4]. Перед планированием виртуальной операции выполняется 3D-цефалометрия больного, на основании которой можно также оценивать результаты лечения по мере роста больного. Данная методика 3D-моделирования, с дальнейшим прототипированием моделей, не только позволяет тщательно планировать костно-реконструктивную операцию, но и дает возможность прогнозировать дальнейшее этапное хирургическое, ортодонтическое лечение и в целом исходы лечения до завершения роста больного [1, 5].

Заключение

Преимуществом современного подхода к костно-реконструктивным операциям на лицевом отделе черепа должен стать стабильный результат лечения, который достигается в том числе путем точного планирования операции, основанной на современных технологиях 3D-моделирования и прототипирования моделей челюстей.

Результаты оперативного лечения осуществленного по данным методикам планирования будут представлены в последующих публикациях.

Литература

1. Герасимов А.С. Планирование реконструктивных операций при протяженных дефектах нижней челюсти с использованием современных технологий: дис. ... канд. мед. наук. СПб., 2011;112. [Gerasimov AS. Planning of reconstructive surgery on extended defects of the mandible using modern technology: dis. ... cand. honey. St. Petersburg, 2011;112.]

2. Иванов А.Л. Использование методов компьютерного и стереолитографического биомоделирования в детской челюстно-лицевой хирургии: дис. ... канд. мед. наук. СПб.; М., 2002;149. [Ivanov AL. The use of computer and stereolithography biomodeling in pediatric maxillofacial surgery: dis. ... cand. honey. Moscow, 2002;149.]
3. Рогинский В.В., Иванов А.Л., Евсеев А.В. Лазерная стереолитография — новый метод биомоделирования в черепно-челюстно-лицевой хирургии // Материалы VII Международной конференции челюстно-лицевых хирургов и стоматологов. Санкт-Петербург, 2002;126-127. [Roginsky VV, Ivanov AL, Evseev AV. Laser stereolithography as a new method of biomodeling in cranio-maxillofacial surgery. Proceedings of the VII International Conference of maxillofacial surgeons and dentists. St. Petersburg, 2002;126-127.]
4. Семенов М.Г., Сафонов А.А. Возможности компьютерного планирования костно-реконструктивных операций у детей с патологией лицевого черепа (Часть II) // Институт стоматологии. 2007;37(4):32-35. [Semyonov MG, Safonov AA. The opportunities of computer planning of osteo-reconstructive surgery on children with abnormal facial skull (Part II). Institute of Dentistry. 2007;37(4):32-35.]
5. Федоров В.Д., Кармазановский Г.Г., Гузеева Е.Б. и др. Виртуальное хирургическое моделирование на основе данных компьютерной томографии. Москва, 2003;184. [Fedorov VD, Karmazanovsy GG, Guzeeva EB, et al. Virtual surgical modeling based on computer tomography findings. Moscow, 2003;184.]

3D MODELING AND PROTOTYPING OF JAW MODELS AS A STAGE OF OSTEO-RECONSTRUCTIVE SURGERY ON THE FACIAL PART OF THE SKULL OF CHILDREN

Semyonov M.G., Mihailov B.B., Filippova A.V., Stetsenko A.G.

The Turner Institute for Children's Orthopedics, Saint-Petersburg, Russian Federation

North-Western State Medical University n. a. I. I. Mechnikov, Saint-Petersburg, Russian Federation

✧ The article presents the results of surgical treatment of children with tumors, with postoperative facial deformities and defects of the skull secondary to tumors, using the technique of 3D modeling followed by prototyping of jaw models.

✧ **Keywords:** children, maxillofacial area, tumors, neoplasms, planning, 3D modeling, prototyping.

Сведения об авторах:

Семенов Михаил Георгиевич — д. м. н., профессор, заведующий кафедрой челюстно-лицевой хирургии и хирургической стоматологии им. А. А. Лимберга ГБОУ ВПО «СЗГМУ им. И. И. Мечникова» Минздрава России. Ведущий научный сотрудник отделения детской челюстно-лицевой хирургии ФГБУ «НИДОИ им. Г. И. Турнера» Минздрава России. 196603, СПб, г. Пушкин, ул. Парковая, д. 64–68. E-mail: sem_mikhail@mail.ru.

Михайлов Василий Владимирович — к. м. н., доцент, завуч кафедры челюстно-лицевой хирургии и хирургической стоматологии им. А. А. Лимберга ГБОУ ВПО «СЗГМУ им. И. И. Мечникова» Минздрава России. 191015, СПб, ул. Кирочная, д. 41. E-mail: vm911@mail.ru.

Филиппова Анастасия Викторовна — ординатор кафедры челюстно-лицевой хирургии и хирургической стоматологии им. А. А. Лимберга ГБОУ ВПО «СЗГМУ им. И. И. Мечникова» Минздрава России. 191015, СПб, ул. Кирочная, д. 41. E-mail: 7freedesign7@gmail.com.

Стетенко Андрей Григорьевич — аспирант кафедры челюстно-лицевой хирургии и хирургической стоматологии им. А. А. Лимберга ГБОУ ВПО «СЗГМУ им. И. И. Мечникова» Минздрава России. 191015, СПб, ул. Кирочная, д. 41. E-mail: dr_stetsenko@mail.ru.

Semyonov Mikhail Georgievich — MD, PhD, professor, head of the Department of Maxillofacial Surgery and Surgical Dentistry named after A. A. Limberg of State Medical University named after I. I. Mechnikov of Russian Ministry of Health. He is a chief researcher at the Department of Children's Maxillo-facial Surgery. FSBI: "Scientific and Research Institute for Children's Orthopedics n. a. G. I. Turner" under the Ministry of the Health of the Russian Federation. 196603, Saint-Petersburg, Pushkin, Parkovaya str., 64-68. E-mail: sem_mikhail@mail.ru.

Mihailov Vasily Vladimirovich — MD, PhD, Associate Professor, head teacher of the Department of Maxillofacial Surgery and Surgical Dentistry n. a. A. A. Limberg. North-West State Medical University n. a. I. I. Mechnikov of Russian Ministry of Health. 191015, Saint-Petersburg, Kirochnaya str., 41. E-mail: vm911@mail.ru.

Filippova Anastasia Victorovna — clinical resident of the Department of Maxillofacial Surgery and Surgical Dentistry n. a. A. A. Limberg. North-West State Medical University n. a. I. I. Mechnikov of Russian Ministry of Health. 191015, Saint-Petersburg, Kirochnaya str., 41. E-mail: 7freedesign7@gmail.com.

Stetsenko Andrey Grigorievich — MD, PhD student of the Department of Maxillofacial Surgery and Surgical Dentistry n. a. A. A. Limberg. North-West State Medical University n. a. I. I. Mechnikov of Russian Ministry of Health. 191015, Saint-Petersburg, Kirochnaya str., 41. E-mail: dr_stetsenko@mail.ru.