

# РЕКОНСТРУКЦИЯ ПОСТТРАВМАТИЧЕСКОГО ДЕФЕКТА НИЖНЕЙ ЧЕЛЮСТИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ СОВРЕМЕННЫХ КОМПЬЮТЕРНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ Подготовительный этап

А.Н. Чуйко<sup>1</sup>, Д.К. Калиновский<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Украинский аналитическо-исследовательский центр  
в области медицины М. Угриня, Львов

<sup>2</sup>Донецкий национальный медуниверситет им. М. Горького

**Резюме.** На основании системного подхода с использованием элементов системы CT/CAD/CAM рассмотрены возможности биомеханического сопровождения на подготовительном этапе операции в челюстно-лицевой хирургии на примере посттравматического дефекта нижней челюсти с отсутствующей фронтальной частью и существенным смещением ее фрагментов.

**Ключевые слова:** нижняя челюсть, посттравматический дефект, реконструкция, система CT/CAD/CAM.

## РЕКОНСТРУКЦІЯ ПОСТТРАВМАТИЧНОГО ДЕФЕКТУ НИЖНЬОЇ ЩЕЛЕПИ З ВИКОРИСТАННЯМ СУЧАСНИХ КОМП'ЮТЕРНИХ ТЕХНОЛОГІЙ Підготовчий етап

А.М. Чуйко, Д.К. Каліновський

### Резюме

На підставі системного підходу з використанням елементів системи CT/CAD/CAM розглянуті можливості біомеханічного супроводу на підготовчому етапі операції у щелепно-лицьовій хірургії на прикладі посттравматичного дефекту нижньої щелепи з відсутньою фронтальною частиною й суттєвим зміщенням її фрагментів.

**Ключові слова:** нижня щелепа, посттравматичний дефект, реконструкція, система CT/CAD/CAM.

## RECONSTRUCTION OF POSTTRAUMATIC DEFECTS OF THE LOWER JAW WITH THE USE OF MODERN COMPUTER TECHNOLOGIES The preparatory phase

A. Chuiko, D. Kalinovskiy

### Summary

On the base of systematic approach with the use of elements of CT/CAD/CAM system the possibility of biomechanical support of the preparatory phase of the operation in the oral and maxillofacial surgery were examined as an example of posttraumatic defects of the lower jaw with a missing front part and a significant displacement of it fragments.

**Key words:** lower jaw, posttraumatic defect, reconstruction, CT / CAD / CAM system

## ВВЕДЕНИЕ

Современные компьютерные технологии получают все большее распространение в медицине. В системном подходе при анализе таких сложных объектов (систем), которые имеют место в челюстно-лицевой хирургии (ЧЛХ), особую роль приобретает биомеханическое сопровождение, построенное на базе современных компьютерных технологий. В основе этих технологий лежит компьютерная томография (СТ), которая не только является одним из важнейших методов диагностики в медицине, но и служит основой для построения трехмерных (3D) представлений исследуемых объектов с их последующим использованием в системе CT/CAD/CAE/CAM. Особенности и возможности CT/CAD/CAE/CAM системы на примере конкретных клинических ситуаций достаточно подробно рассмотрены в литературе [1, 2, 3].

**Целью** статьи является демонстрация возможностей современных компьютерных технологий CT/CAD/CAM в челюстно-лицевой хирургии на примере посттравматического дефекта нижней челюсти (НЧ) с отсутствующей фронтальной частью и существенным смещением ее фрагментов.

## МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

### Исходное (предоперационное) состояние нижней челюсти пациента

Пациентка Г. 28-и лет (1984 г. р.) травму — огнестрельное ранение получила пять лет назад. Фотография пациентки и 3D-реконструкция лица с удержанием мягких тканей по данным СТ на 16.01.2012 г. приведены на рис. 1.

Рис. 1 отображает существенную асимметрию лицевой части. Но даже ортопантограмма, представленная на рис. 2, существенной дополнительной информации о причинах этой асимметрии не несет.

В плане подготовки к операции компьютерная томография (СТ) проводилась дважды: 19.12.2011 г. и 16.01.2012 г. с целью выявления параметров, необходимых для дальнейших построений.

Более информативными, с позиции выявления структуры костных тканей, являются рис. 3–8.



Рис. 1. Фотография пациентки и 3D-реконструкция лица с удержанием мягких тканей по данным СТ (16.01.2012 г.).

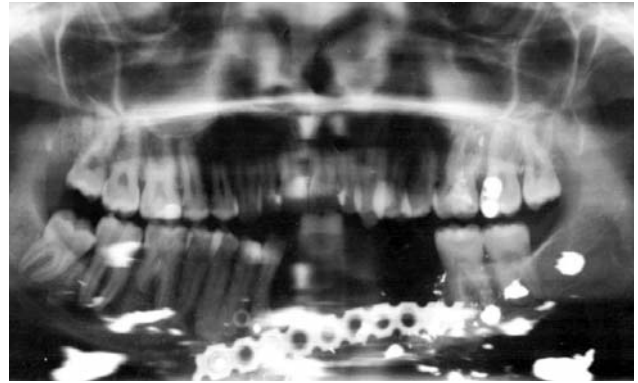


Рис. 2. Ортопантограмма пациентки.

Левая колонка (рис. 3, 5, 7) — это первая СТ (19.12.2011 г.), правая (рис. 4, 6, 8) — вторая СТ (16.01.2012 г.), на которой видны и многие артефакты.

Предварительный анализ показывает следующее:

1. Левая половина НЧ получила существенные повреждения. Фронтальная часть левой половины практически отсутствует (рис. 3, 4). Высота кости тела левой половины намного меньше, чем правой (рис. 5, 6, 8).
2. Левая половина НЧ слева развернута против часовой стрелки (рис. 5).
3. Из-за практического отсутствия фронтальной части слева произошло «сужение» НЧ (рис. 3, 7) как за счет смещения левой, так и правой части. Нормальные окклюзионные соотношения зубов верхней и нижней челюсти нарушены. Дополнительно это иллюстрирует еще один вид обеих челюстей снизу (рис. 9).

4. Зубы верхней челюсти, так же, как и практически отсутствующие зубы левой части НЧ, требуют существенного ортопедического и ортодонтического лечения.

5. Правую часть НЧ, как практически недеформированную, можно принять в виде шаблона.

Таким образом, можно констатировать, что левая часть НЧ получила смещение во всех трех плоскостях — она развернута, сдвинута и смещена.

Проведенный предварительный анализ показывает, что для реконструкции НЧ необходимо знание следующих параметров:

1. Расстояние между головками. К сожалению, и первая, и вторая СТ полной информации по этому вопросу не дают. Первая СТ — недостаточное количество срезов по высоте. Вторая СТ — правая головка срезана почти полностью, в зону СТ не попала. Но их внутренние поверхности, очевидно,

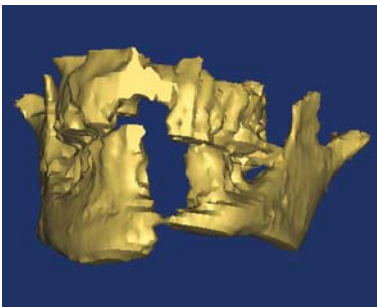


Рис. 3. Вид спереди (19.12.2011 г.).

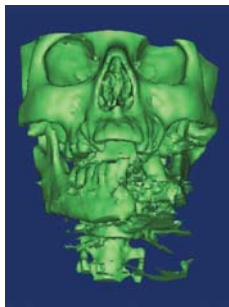


Рис. 4. Вид спереди (16.01.2012 г.).

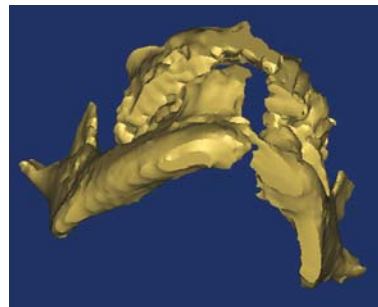


Рис. 7. Вид снизу (19.12.2011 г.).

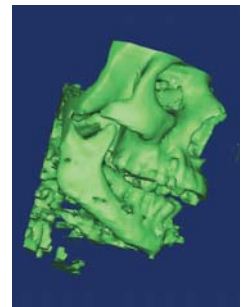


Рис. 8. Вид справа (16.01.2012 г.).

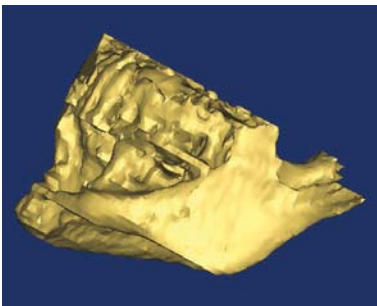


Рис. 5. Вид слева (19.12.2011 г.).

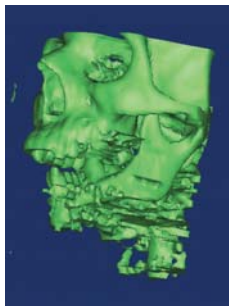


Рис. 6. Вид слева (16.01.2012 г.).

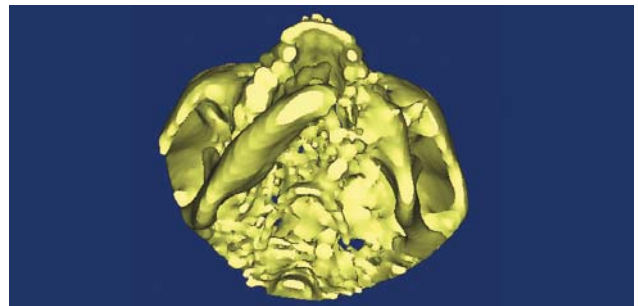


Рис. 9. Верхняя и нижняя челюсти — вид снизу.

можно выявить и измерить расстояние. Здесь важно, испытывает ли пациентка проблемы с ВНЧС. Если проблем нет, то существующее расстояние можно сохранить.

2. Первая СТ (рис. 3 и 5) показывает, что левую часть НЧ нужно развернуть по часовой стрелке, совместив головки и углы челюсти. Сразу возникает вопрос о расстоянии между углами НЧ. На наш взгляд, ни фотография (рис. 1), ни ортопантограмма здесь помочь не могут.
3. Возникает вопрос, насколько раздвигать левую и правую часть НЧ. Ведь это определит всю конфигурацию НЧ и дальнейшие технологические шаги.

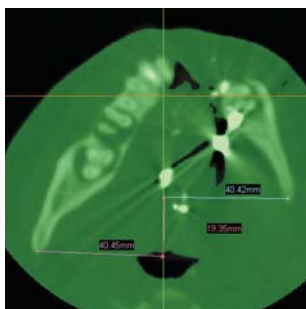


Рис. 10. Осевой срез пациентки Г. на уровне углов челюсти.

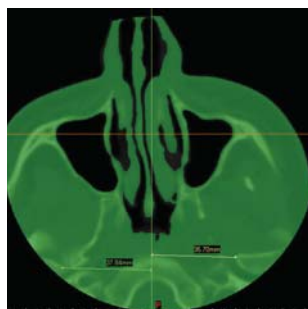


Рис. 11. Осевой срез пациентки Г. на уровне головок НЧ.

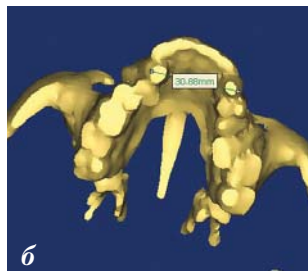
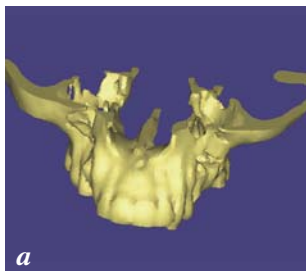


Рис. 12. Верхняя челюсть — вид спереди (а) и снизу (б).

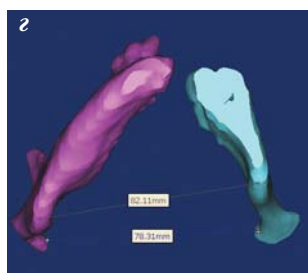
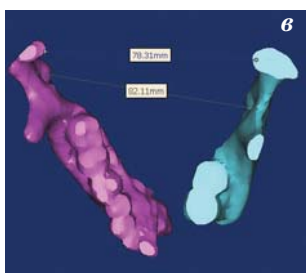
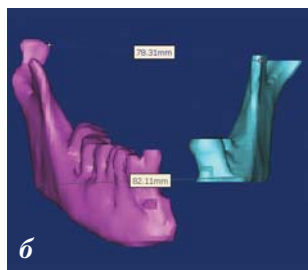
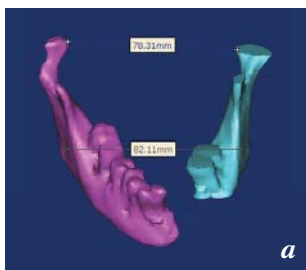


Рис. 13. Анатомия и некоторые геометрические размеры НЧ в изометрии (а), спереди (б), сверху (в) и снизу (г).

Очевидно, здесь полезна консультация с пациенткой (вплоть до типа прикуса после реконструкции) и стоматологом-ортопедом.

Для углубления анализа рассмотрим несколько наиболее характерных осевых срезов. В качестве примера на рис. 10, 11 показаны осевые срезы пациентки Г. Очевидно, что симметрия соблюдается только в задней части черепа в зоне позвонков. Средняя часть и зона носовой перегородки демонстрируют существенную асимметрию относительно условной плоскости симметрии — сагитальной. Возникает вопрос, какие деформации в костных и особенно мягких тканях возникнут после установки элементов НЧ в положение, близкое к норме.

На рис. 10 показан осевой срез черепа пациентки Г. на уровне углов челюсти, а на рис. 11 осевой срез на уровне головок НЧ. Как следует из рис. 10, углы челюсти (на этом срезе) расположены на одном расстоянии от сагитальной плоскости с суммарным размером 80,87 мм. Внутренние поверхности головок НЧ расположены от сагитальной плоскости соответственно на расстоянии 37,84 мм — правая и 35,74 — левая с суммарным размером 73,54 мм. Приняв за основное расстояние до правой головки, суммарное расстояние между головками можно выдержать в размере 75–76 мм.

Так как верхняя челюсть должна служить основой для согласования окклюзионных соотношений, рассмотрим ее более детально. На рис. 12 она представлена соответственно в виде спереди и снизу. На рис. 12-б приведен один из характерных размеров, который можно использовать при согласовании окклюзионных соотношений зубов НЧ и ВЧ.

Наконец, рассмотрим основной объект исследования — нижнюю челюсть, анатомию и некоторые геометрические размеры которой приведены на рис. 13.

Данные, представленные на рис. 3, 5, 7, 9–13, отражают результаты, полученные при анализе СТ от 19.12.2011 г., которых, как подчеркнуто выше, оказалось недостаточно. С целью углубления параметров, необходимых для дальнейших построений, 16.01.2012 г. была проведена повторная СТ.

Результаты сегментации костных тканей пациентки на основе повторной СТ представлены на рис. 14. На основе анализа НЧ смоделирована заново с сохранением левого фрагмента НЧ с артефактами.

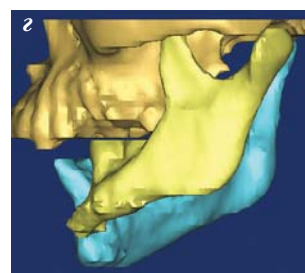
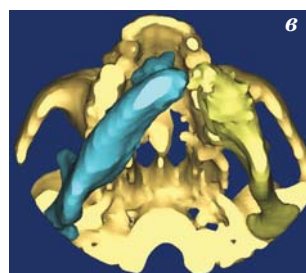
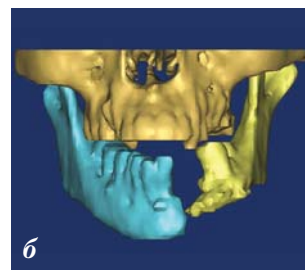
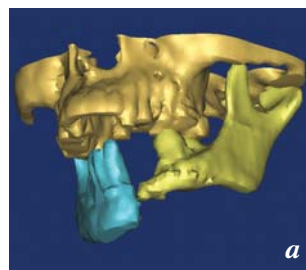
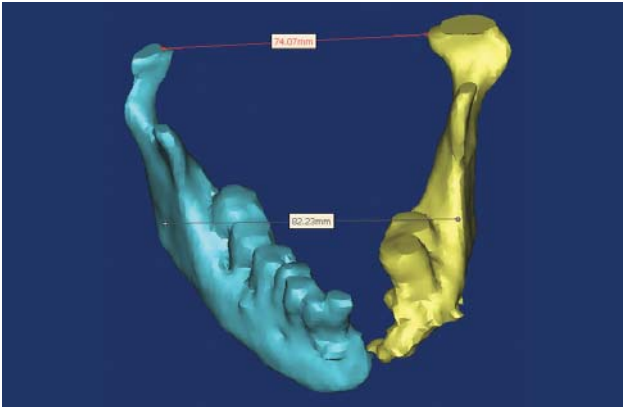


Рис. 14. Результаты повторной СТ после сегментации в изометрии (а), вид спереди (б), снизу (в) и слева (г).



**Рис. 15.** Фрагменты НЧ с размерами – расстоянием между головками и углами НЧ при повторном моделировании.

Оба фрагмента НЧ с характерными размерами (расстоянием между головками и углами НЧ) при повторном моделировании показаны на рис. 15.

Краткий анализ СТ пациентки Г. позволяет наметить план возможной реконструкции.

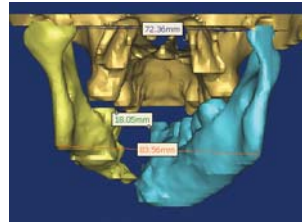
### РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ АНАЛИЗ

Особенности проектирования костного трансплантата и сетчатого имплантата

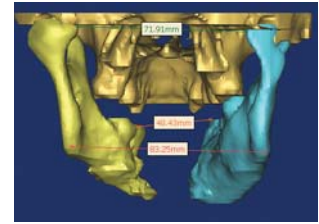
Краткий анализ КТ пациентки Г. в отношении возможной реконструкции позволяет наметить план последующих работ.

1. Правый фрагмент НЧ устанавливается в положение, когда окклюзионные соотношения зубов НЧ и ВЧ удовлетворяются максимально.
2. Используя правый фрагмент НЧ как шаблон, проводим «подгонку» левого фрагмента в положение, когда головки и углы НЧ правой и левой частей совпадают (вид слева или справа). При этом необходимо неоднократно контролировать расстояния между головками и углами челюсти с соблюдением окклюзионного соотношения зубов НЧ и ВЧ. На практике этот процесс может быть очень трудоемким, так как любое «плоское» движение будет приводить к изменению всех пространственных размеров.
3. Проводим виртуальную остеотомию (выравнивание) кромок правого и левого фрагментов НЧ для удобства проектирования костного трансплантата.
4. Создаем виртуальный STL-файл для передачи его в одну из программ САПР для проектирования костного трансплантата. Предполагается, что такой программой САПР будет SolidWorks. Здесь также возможны осложнения, так как для дальнейшего моделирования в SolidWorks этот STL-файл должен открываться как «твердое тело», что не всегда возможно при сложной исходной модели.
5. Проектируем костный трансплантат для заполнения пространства фронтальной части между правым и левым фрагментами НЧ. Очевидно, уже здесь должны учитываться возможности ортопедического этапа – установки зубов во фронтальной части.
6. С учетом «сборки» правый – левый фрагменты НЧ – костный трансплантат проектируем сетчатый имплантат.
7. Проектирование костного трансплантата и сетчатого имплантата должно проводиться с учетом возможной технологии их изготовления.

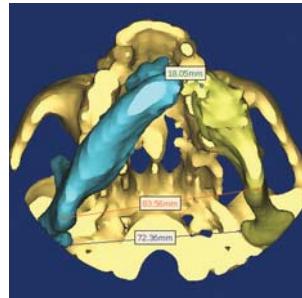
Результаты одного из вариантов взаимного расположения фрагментов НЧ представлены на рис. 16–25.



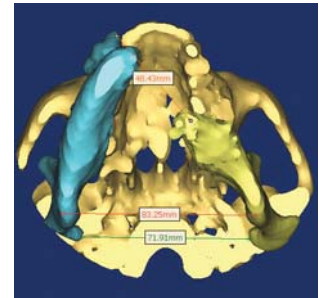
**Рис. 16.** Исходное положение, вид сзади.



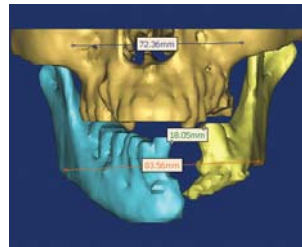
**Рис. 17.** Окончательное положение, вид сзади.



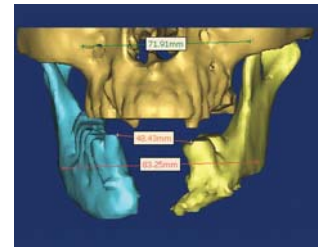
**Рис. 18.** Исходное положение, вид снизу.



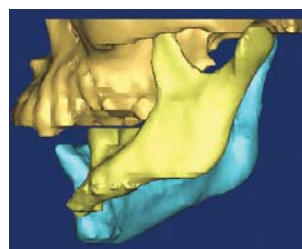
**Рис. 19.** Окончательно положение, вид снизу.



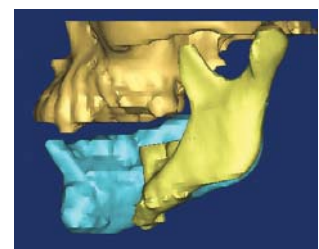
**Рис. 20.** Исходное положение, вид спереди.



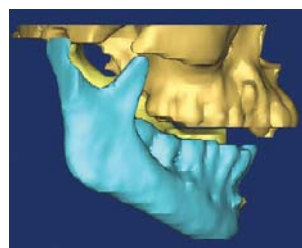
**Рис. 21.** Окончательное положение, вид спереди.



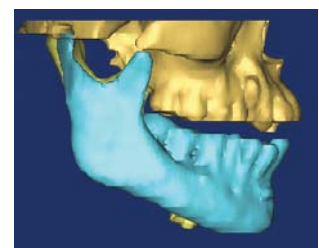
**Рис. 22.** Исходное положение, вид слева.



**Рис. 23.** Окончательное положение, вид слева.



**Рис. 24.** Исходное положение, вид справа.



**Рис. 25.** Окончательное положение, вид справа.

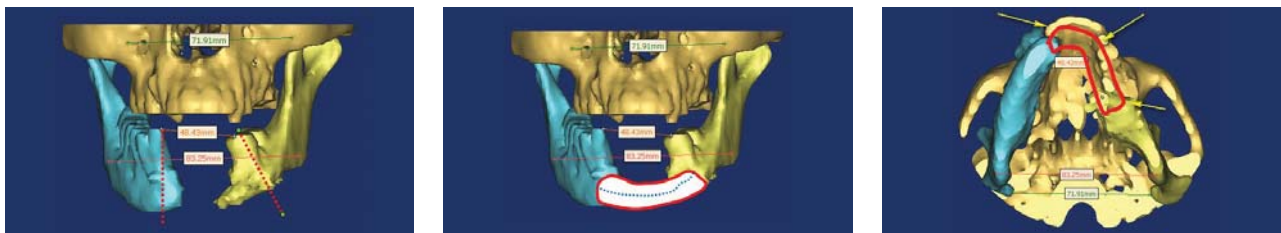


Рис. 26. Расположение плоскостей виртуальной остеотомии и конфигурация костного трансплантата.

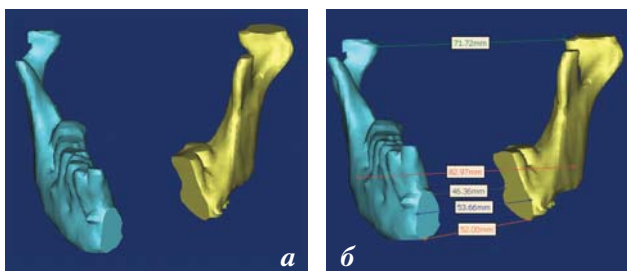


Рис. 27. Вариант расположения фрагментов – вид спереди (а) и вид спереди с размерами (б).

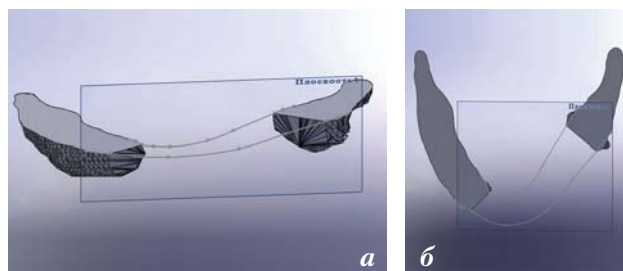


Рис. 28. Эскизы направляющих кривых – вид спереди (а) и сверху (б).

Следует отметить, что это результат многократных последовательных приближений – перемещение и поворот фрагмента осуществляются на плоской проекции, что вызывает изменение всех координат в 3D.

Для удобства сравнения: слева – исходное положение, справа – окончательное.

При всех манипуляциях контролировались расстояния между головками и углами челюсти.

На виде снизу учтено, что положение зубов 42, 43, 44 справа требует корректировки.

Больший разворот левого фрагмента против часовой стрелки признан нецелесообразным.

На основании анализа приведенных данных СТ челюстно-лицевой хирург рекомендовал расположение плоскостей виртуальной остеотомии и конфигурацию костного трансплантата, представленную на рис. 26.

Примечание: синяя линия на рис. 26-б отражает верхнюю границу сетчатого имплантата. В противном случае имплантат может прорезаться через мягкие ткани.

После многочисленных перестановок выбраны следующие положения фрагментов НЧ (рис. 27).

Определяющим для дальнейших построений является положение секущей плоскости, которая определяет положение верхней кромки сетчатого имплантата (для исключения прорезания СИ) и эскизы направляющих кривых (рис. 28).

Следующим довольно трудоемким этапом является построение эскизов на торцах фрагментов после виртуальной остеотомии (рис. 26-а). Так как остеотомия левого фрагмента выполнена по оси зуба, конфигурация гребня альвеолярной кости проведена интуитивно, а нижняя часть – строго по обводам кости в каждом сечении. Эскизы основных кривых, использованных для дальнейших построений, приведены на рис. 29-а. На рис. 29-б – 3D-модель костного трансплантата.

На рис. 30 приведены 3D-модели «сборки» фрагментов НЧ с костным трансплантатом.

По аналогичной методике (рис. 29-а) получены 3D-модели шаблона для сетчатого имплантата (СИ) (рис. 31-а) и заготовки для изготовления СИ (рис. 31-б).

Шаблон для СИ (рис. 31-а) выполнен как развитие 3D-модели костного трансплантата (рис. 29-б) за счет примыкающих фрагментов кости каждой части.

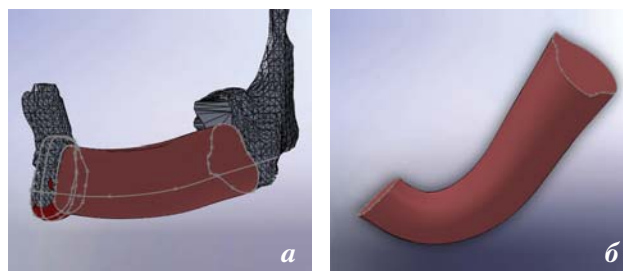


Рис. 29. Эскизы основных кривых (а), 3D-модель костного трансплантата (б).

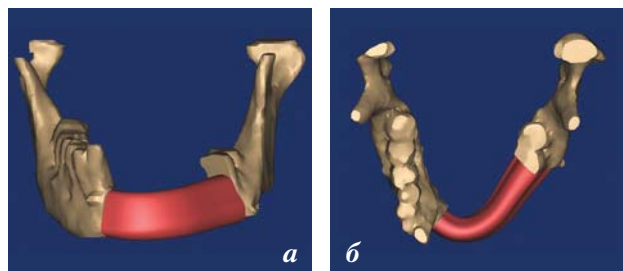


Рис. 30. 3D-модели «сборки» фрагментов НЧ с костным трансплантатом – вид спереди (а) и сверху (б).

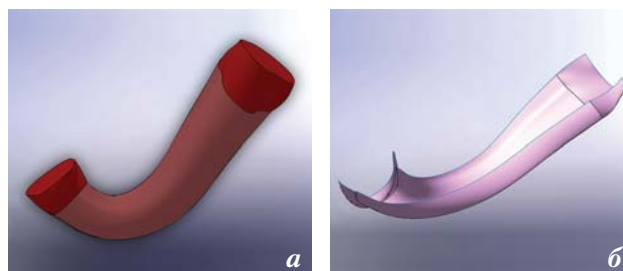


Рис. 31. 3D-модель шаблона для СИ (а) и заготовки для изготовления СИ (б).

**ЗАКЛЮЧЕНИЕ**

**Практические рекомендации**

1. Разработанную методику проектирования костного трансплантата и сетчатого имплантата можно уточнить и дополнить с учетом предполагаемой технологии изготовления объектов.  
Если для проектирования используется программа SolidWorks, то она позволяет, кроме 3D-моделирования объектов, получить и литейные формы для их изготовления [4].  
После проектирования 3D-модели шаблона для СИ (рис. 31-а) и получения соответствующей отливки из жесткого материала можно рекомендовать провести обычное пластическое деформирование плоской заготовки (например, из комплекта Конмет) для изготовления СИ (рис. 31-б).
2. Особенностью предлагаемой работы является то, что она представляет собой пример телемедицины, так как пациент и челюстно-лицевой хирург находились в одном городе, а оператор компьютерных технологий — в другом. Все общение и обмен данными происходили с использованием современных средств коммуникации (E-mail, Skype и пр.).

3. Следующим этапом при проектировании костного трансплантата и сетчатого имплантата может быть расчет изготовленных виртуально конструкций на прочность и жесткость, как приближенно по методике работы [3], так и более точно с использованием конечно-элементного моделирования (САЕ) [1].
4. Предлагаемую систему СТ/CAD/CAE/CAM могут использовать челюстно-лицевые хирурги, ортопеды-стоматологи, имплантологи, ортодонты, травматологи-ортопеды и др., имея возможность моделировать любые элементы реконструкции без предварительного обнажения операционного поля.  
Для биомеханического обоснования принимаемых решений, особенно на этапе планирования операции, в бригаду должен входить специалист, владеющий как элементами системы СТ/CAD/CAE/CAM, так и основами биомеханики хотя бы в степени, достаточной для проведения необходимых расчетов.

*Все вопросы, замечания и предложения можно присылать по адресу: [achuiko@mail.ru](mailto:achuiko@mail.ru).*

**ЛИТЕРАТУРА**

1. Чуйко А.Н., Шинчуковский И.А. Биомеханика в стоматологии: Монография. — Х.: Изд-во «Форт». — 2010. — 516 с.
2. Чуйко А.Н., Калиновский Д.К. О некоторых особенностях современных компьютерных технологий в челюстно-лицевой хирургии. — Краснодар: ДенталЮг. — 2011, № 1–2. С. 8–12.
3. Чуйко А.Н., Калиновский Д.К., Пограничная К.Р., Алымбаев Р.С. О возможности и некоторых результатах биомеханического сопровождения в челюстно-лицевой хирургии. — Краснодар: ДенталЮг. — 2011, № 10. — С. 8–12, № 11. — С. 40–45.
4. Чуйко А.Н. Возможна ли стоматология без оттисков? // Стоматолог. — Харьков. — 2009, № 12. — С. 49–55.
5. Чуйко А.Н., Калиновский Д.К., Матрос-Таранец И.Н., Дуфаш И.Х. Особенности биомеханики нижней челюсти при остеосинтезе на костными пластинами с винтами // Травма. — 2006. — Т. 7, № 3. — С. 416–425.
6. Chuiko A.N., Kalinovsky D.K., Matros-Taranets I.N., Dufash I.K. The peculiarities of biomechanics of the mandible during osteosynthesis with bone-borne plates with screws // Journal of Biomechanics. — 2006; Vol. 39, Suppl. 1, p. 565.

+38 061 212 22 03  
+38 061 764 24 89  
+38 067 611 04 50

**VITAPLANT®**  
**ДЕНТАЛЬНЫЕ ИМПЛАНТАТЫ**

[www.vitaplant.pro](http://www.vitaplant.pro)  
[mail@vitaplant.pro](mailto:mail@vitaplant.pro)

Знания, доступные всем. Технологии, доступные каждому.



**Имплантаты от 220 грн.**  
**Трансфер + аналог 50 грн.**

Стоматологический учебный центр «ДЕНТАЛ-МАЭСТРО» приглашает на базовый учебный курс по имплантологии и ортопедии. Обучение проводят: к. м. н. Мосейко А. А. и врач-ортопед Николов В. В.