

УДК: 617.52-089.844+004.923

М.Ю. Павленко, Н.Ю. Грицкевич, О.Н. Строяковская, Т.И. Прокофьева,
С.В. Юниченко, П.И. Розкаряка

ПРИМЕНЕНИЕ ТЕХНОЛОГИИ КОМПЬЮТЕРНОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ И 3D ПЕЧАТИ В РЕКОНСТРУКТИВНОЙ ХИРУРГИИ ЧЕЛЮСТНО-ЛИЦЕВОЙ ОБЛАСТИ

Донецкий национальный медицинский университет им. М. Горького
Донецкий национальный технический университет

Реферат. В статье представлены результаты лечения 9 пациентов с различными дефектами и деформациями челюстно-лицевой области, которым проводилось реконструктивное хирургическое лечение, с использованием технологии компьютерного моделирования и 3D печати. Применение данной методики позволило получить высокий функциональный и косметический результат и на качественно новом уровне решить проблему реабилитации данной категории больных.

Ключевые слова: дефекты челюстно-лицевой области, 3d принтер, эндопротез, титан

Вступление. Дефекты и деформации челюстно-лицевой области могут иметь различную этиологию. Они могут быть следствием воспалительных процессов (остеомиелит), специфических заболеваний, а также радикальных оперативных вмешательств по поводу доброкачественных или злокачественных опухолей, а также травматических повреждений [1, 2, 3]. Независимо от причины образования дефектов они сопровождаются морфологическими, функциональными и эстетическими нарушениями и способствуют возникновению психоэмоционального напряжения у больных [7, 8].

Результаты реконструктивного лечения влияют на восстановление функции речи и внешний вид пациента, поэтому требования к точности и качеству проведения хирургического вмешательства должны быть более жесткими [1].

Цифровые технологии, такие как 3D изображения на основе компьютерной томографии, виртуальное планирование оперативного вмешательства, и 3D печать, широко используются в современной медицине для повышения точности и качества диагностики и хирургического восстановления дефектов, верхней и нижней челюсти [4, 5, 6, 7, 8].

Цель исследования. Поиск метода лечения дефектов верхней и нижней челюсти, позволяющий получить стабильный функциональный и косметический результат при помощи технологии виртуального планирования операции и 3D печати.

Материалы и методы. С целью проведения реконструк-

тивного лечения нами на базе клинической Республиканской больницы г. Макеевки было проведено оперативное лечение 9 пациентов, с различными костными дефектами челюстно-лицевой области. Всем пациентам проводилась спиральная компьютерная томография костей лицевого скелета. Эти данные сохранялись в формате DICOM-2D, затем преобразовались в 3D изображение через специальное программное обеспечение. Изображение обрабатывалось в зависимости от задач и сохранялось в STL (Standard Tessellation Language) формате. Данный формат предназначен для работы с 3D принтером с целью быстрого прототипирования костных дефектов лицевого скелета (схема).

Стериолитограмма костного дефекта, изготовленная с помощью 3D-печати, может использоваться для заготовки титановой фиксирующей реконструктивной пластины, изготовления эндопротеза из углерод углеродного композиционного материала (УУКМ), изготовления индивидуального титанового имплантата эндопротеза, а также для разработки и проверки операционного плана лечения пациента.

Клинический пример № 1. Нами для лечения пациента с послеоперационной деформацией верхней зоны лица был применен протез obturator с опорой на эндооссально-субпериостальный имплантат, который был изготовлен по описанной ниже методике.

Пациент Е., 34 года, ист. бол. № 1245., перенес в 2012 году операцию: тотальная резекция верхней челюсти по поводу хронического диффузного токсического остеомиелита верхней челюсти. Через 2 года после операции больной обратился в челюстно-лицевое хирургическое отделение г. Макеевки с жалобами на нарушение функции жевания, речи, космети-



Схема цифровой обработки изображения и преобразование в стериолитографическую модель

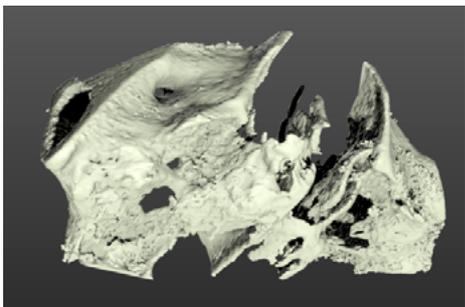


Рис. 1. 3D реконструкция дефекта верхней челюсти



Рис. 2. Модель с огнеупорного гипса с нанесенными границами протеза



Рис. 3. Изготовленный титановый каркас имплантата на 3D модели дефекта

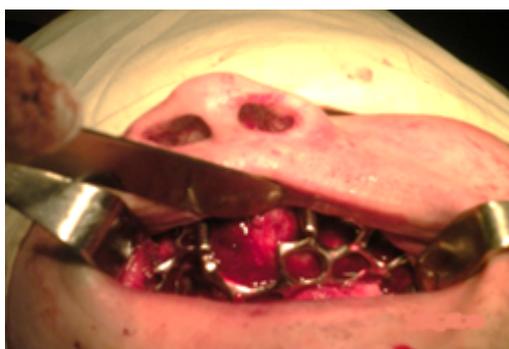


Рис. 4. Момент оперативного вмешательства

ческий недостаток. У пациента отмечалась деформация верхней зоны лица из-за втяжения покровных мягких тканей в области верхней губы. Открывание рта не ограничено. В полости рта определялась тотальная адентия верхней челюсти, деформация, обусловленная отсутствием альвеолярного отростка верхней челюсти, частично твердого неба и буграми верхней челюсти (рис. 1).

Пациент был обследован клинически, лабораторно, рентгенологически. Произведена

спиральная компьютерная томография черепа с объемной реконструкцией изображения. На 3D реконструкции определялся тотальный костный дефект верхней челюсти: частичное двухстороннее отсутствие небного отростка верхней челюсти, тотальное отсутствие альвеолярного отростка и бугров верхней челюсти. В процессе работы на основании полученной компьютерной модели при помощи программного обеспечения «3D slicer» изготовлена на 3D принтере стереолитографическая модель дефекта.

С модели снят оттиск и изготовлена гипсовая огнеупорная модель, на которую нанесена восковая композиция будущего имплантата (рис. 2). Методом литья изготовлена модель из титана (рис. 3). Произведено оперативное вмешательство: установлен титановый имплантат (рис. 4).

Через 1 месяц после операции снят индивидуальной ложкой оттиск. Смоделирован восковой шаблон зубного протеза с постановкой зубов в артикуляторе, учитывая антропометрические показатели. Замещена восковая композиция на жесткий полиуретан методом литья. Таким образом, получен зубочелюстной протез с базисом из жесткого полиуретана (рис. 5). Зубочелюстной протез установлен в полости рта. Далее индивидуальной ложкой снят оттиск. Затем смоделирован восковой шаблон будущего obturator и кламмера, изготовлен (по восковому шаблону) obturator и припасован в полости рта (рис. 6). Восстановлена речевая функция, больной может принимать пищу любой консистенции. Косметический результат оценен как удовлетворительный. Восстановлены форма и контуры лица.

Клинический пример № 2. Пациент П., 36 лет, ист. бол. № 245., перенес в 2012 году операцию: частичная резекция нижней челюсти слева по поводу хронического диффузного токсического остеомиелита нижней челюсти. Сформировался послеоперационный дефект (рис. 7). Обратился в челюстно-лицевое хи-



Рис. 5. Базис протеза



Рис. 6. Внешний вид пациента после протезирования



Рис. 7. Фотография пациента с послеоперационным дефектом н/челюсти

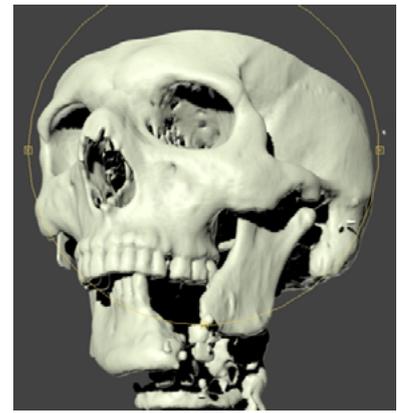


Рис. 8. 3D реконструкция дефекта нижней челюсти

рургическое отделение г. Макеевки, где был обследован клинически, лабораторно, рентгенологически. Произведена спиральная компьютерная томография черепа с объемной реконструкцией изображения. На 3D реконструкции определяется тотальный костный дефект тела нижней челюсти от 32 до 38 зуба. Малый фрагмент челюсти расположен в поло-

куляцей суставной головки по поводу хронического токсического остеомиелита нижней челюсти. Сформировался послеоперационный дефект. 24.07.13 выписан в удовлетворительном состоянии. Обратился в челюстно-лицевое хирургическое отделение г. Макеевки, госпитализирован после планового обследования. Пациенту произведена спиральная



Рис. 9. Стериолитограмма

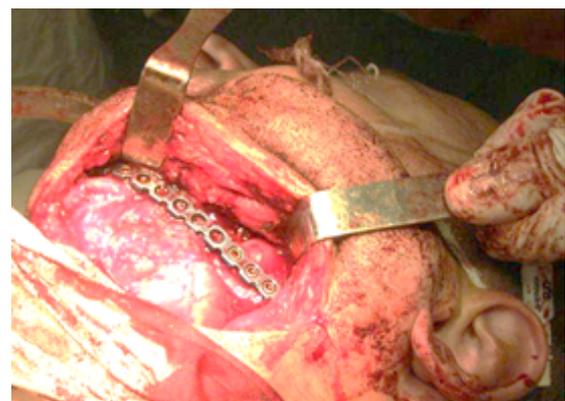


Рис. 10. Момент проведения оперативного вмешательства

жении переднего подвывиха левой суставной головки (рис. 8). В процессе работы проведено виртуальное планирование операции, получена компьютерная модель нижней челюсти пациента с виртуально поставленными в правильное анатомическое положение фрагментами нижней челюсти (рис. 9). Смоделирована согласно стериолитограмме по контуру челюсти титановая реконструктивная пластина фирмы «Конмет» (рис. 10). Произведено оперативное вмешательство: титановая реконструктивная пластина установлена в правильное анатомическое положение и фиксирована титановыми винтами (рис. 11, 12). Швы сняты на 12 сутки, клинический результат оценен как хороший.

компьютерная томография черепа с объемной реконструкцией изображения, а также 3D реконструкцию изображения участка донорского трансплантата (правое VII ребро). На 3D реконструкции определяется тотальный костный дефект тела нижней челюсти от 44



Рис. 10. Момент проведения оперативного вмешательства

Клинический пример № 3. Пациент Р. в августе 2013 г перенес операцию — частичная резекция нижней челюсти справа с экзарти-



Рис. 12. Фотография пациента на 8 сутки после операции

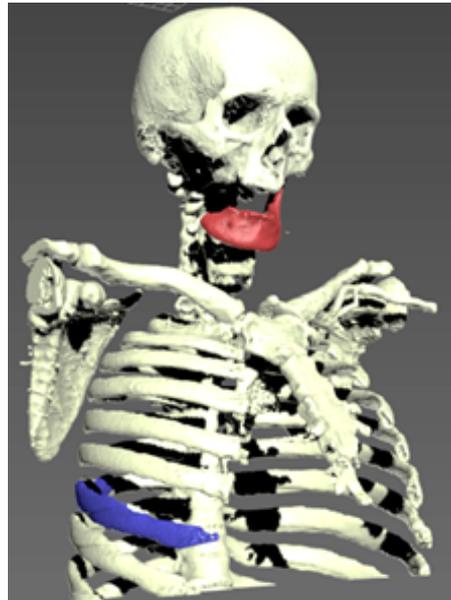


Рис. 13. 3D реконструкция дефекта нижней челюсти и места забора реберного трансплантата

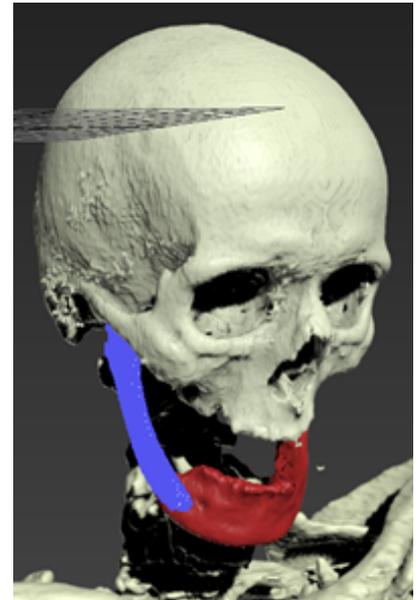


Рис. 14. 3D навигационная модель с перенесенным в область дефекта реберным трансплантатом

зуба с отсутствием тела ветви и суставной головки (рис. 13). В процессе работы проведено виртуальное планирование операции, получена компьютерная модель нижней че-

люсти пациента с виртуально поставленными в правильное анатомическое положение фрагментам нижней челюсти и компьютерная модель реберного трансплантата (рис. 14).



Рис. 15. Напечатанный на 3D принтере навигационный шаблон

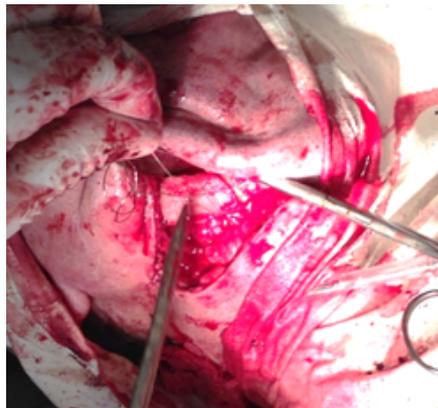


Рис. 16. Этап фиксации реберного трансплантата к краям дефекта



Рис. 17. Фото пациента на 14 сутки после проведенного оперативного вмешательства



Рис. 18. Контрольная КЛТ пациента

При помощи технологии 3D печати изготовлен навигационный шаблон, представляющий собой точную копию дефекта (рис. 15). Произведено оперативное вмешательство, при котором произведен забор реберного трансплантата, его подготовка с использованием навигационного шаблона. Трансплантат был фиксирован к краю дефекта при помощи титановой проволоки (рис. 16). Швы сняты на 14-е сутки. Заживление ран первичным натяжением, без осложнений. На 15-е сутки пациент в удовлетворительном состоянии выписан на амбулаторное лечение (рис. 17). На контрольной компьютерной линейной томографии (КЛТ) (рис. 18) определяется реберный трансплантат в правильном анатомическом положении. Клинический результат оценен как очень хороший.

Таблица. Результаты реконструктивного лечения 9 пациентов с различными костными дефектами челюстно-лицевой области

| № | Возраст | Пол | Патология | Зона реконструкции | Способ реконструкции | Ближайший результат (1 месяц) | Отдаленный результат (от 6 месяцев) |
|---|---------|-----|-------------------------|-------------------------------------|--------------------------------------|-------------------------------|-------------------------------------|
| 1 | 37 | м | Токсический остеомиелит | Тело челюсти | Титановой пластиной | Очень хороший | Очень хороший |
| 2 | 29 | м | Токсический остеомиелит | Тело, угол суставной отросток | Эндопротезом из УУКМ | Очень хороший | Неудовлетворительный |
| 3 | 37 | м | Токсический остеомиелит | Тело челюсти | Эндопротезом из УУКМ | Очень хороший | Неудовлетворительный |
| 4 | 49 | м | Осколочное ранение | Тело челюсти | Эндопротезом из УУКМ | Очень хороший | Неудовлетворительный |
| 5 | 33 | м | Токсический остеомиелит | Альвеолярный отросток, твердое небо | Индивидуальным титановым имплантатом | Очень хороший | Очень хороший |
| 6 | 50 | м | Осколочное ранение | Тело челюсти | Титановой пластиной | Очень хороший | Очень хороший |
| 7 | 40 | м | Токсический остеомиелит | Тело, угол суставной отросток | Аутореберным трансплантатом | Хороший | Хороший |
| 8 | 49 | ж | Осколочное ранение | Тело челюсти | Титановая пластина | Очень хороший | Очень хороший |
| 9 | 30 | м | Токсический остеомиелит | Тело челюсти, двухсторонний дефект | Индивидуальным титановым имплантатом | Хороший | – |

Результаты лечения. Результаты реконструктивного лечения 9 пациентов с различными костными дефектами челюстно-лицевой области представлены в таблице. Результат лечения оценивался по 4 критериям: очень хороший, хороший, удовлетворительный и неудовлетворительный. Оценивание пациентов проводилось через 1 месяц после проведенного оперативного вмешательства — ближайший результат лечения. Отдаленный результат оценивался на время от 6 месяцев. Из таблицы видно, что во всех случаях удалось получить хороший или очень хороший косметический и функциональный результат через 1 месяц клинических наблюдений. В 3 случаях через 6 месяцев в клинических случаях, где использовалась эндопротезы из УУКМ, произошло отторжение имплантата, приведшее к удалению пластины, и результат был оценен как неудовлетворительный.

Выводы. Применение эндопротезов из УУКМ дало отрицательный отдаленный результат во всех 3 случаях его использования.

Разработанный способ, замещающего протезирование тотальных пострезекционных дефектов верхней челюсти, с использованием в качестве опоры одноэтапного эндооссаль-

но-субпериостального имплантата, изготовленного при помощи технологии 3D печати, позволил добиться полной стабилизации зубочелюстного протеза, даже в случае обширного дефицита костной ткани и получить высокий функциональный и косметический результат.

Использование реконструктивной пластины, заранее подготовленной согласно анатомической формы замещаемого дефекта, позволяет значительно сократить время проведения оперативного вмешательства и добиться точного восстановления анатомической формы челюсти.

Использование технологии виртуального планирования операции и напечатанного на 3D принтере навигационного шаблона позволяет добиться хорошего косметического и функционального результата лечения у пациентов, у которых замещение дефекта проводилось деваскуляризированным реберным трансплантатом.

Таким образом, применение технологии 3D печати в реконструктивной хирургии челюстно-лицевой области позволило получить высокий функциональный и косметический результат, а также на качественно новом уровне решить проблему реабилитации данной категории больных.

M.Yu. Pavlenko, N.Yu. Gritskevich, O.N. Stroyakovskaya, T.I. Prokofieva, S.V. Yunichenko, P.I. Rozkaryaka

EXPERIENCE IN THE USE OF COMPUTER SIMULATION TECHNOLOGY AND 3D PRINTING IN RECONSTRUCTIVE SURGERY OF THE MAXILLOFACIAL REGION

Resume. *The article presents the results of treatment of 9 patients with a variety of defects and deformations of maxillofacial region, who underwent reconstructive surgery using computer simulation technology and 3D printing. The use of this technique allowed us to obtain a high functional and cosmetic result and to a new level to solve the problem of rehabilitation of these patients.*

Keywords: *defects in the maxillofacial region, 3D printer, prosthesis, titanium*

ЛИТЕРАТУРА

1. Сирак С.В. Импланструкция объемных костных дефектов нижней челюсти / А.А. Слетов, А.В. Елизаров, Т.Т. Мебония, А.В. Арутюнов, И.К. Казиева // *Современные проблемы науки и образования.* – 2013. – № 6. – С. 24-26
2. Тимофеев А.А. Особенности клинического течения и хирургического лечения больных с гнойно-воспалительными заболеваниями мягких тканей, употребляющих наркотик «винт» / А.А. Тимофеев, А.В. Дакал // *Современная стоматология.* – 2010. – № 3. – С. 121-127
3. Шевчук В.А. Применения комбинированного индивидуального эндопротеза для замещения постогне-стрельного дефекта нижней челюсти / В.А. Шевчук, Р.С. Назарян, В.М. Хименко, Н.В. Одушкина, О.В. Крылова // *Український медичний альманах.* – 2012. – Том 15. – № 3
4. Jeong Woo Shik Computer Simulation Surgery for Mandibular Reconstruction Using a Fibular Osteotomy Guide / W.S. Jeong, J.W. Choi, S.H. Choi // *Archives of plastic surgery.* – 2014. – Sep; 41 (5). – P. 584-587
5. Leles C.R. Implant-supported obturator overdenture for extensive maxillary resection patient: A clinical report / C.R. Leles, J.L. Rodrigues Leles, C. Paula Souza, R.R. Martins, E.F. Mendonca / *Journal of Prosthodontics.* – № 4. – 2009. – P. 240-244
6. Liu Yun-feng Technical procedures for template-guided surgery for mandibular construction based on digital design and manufacturing / Yun-feng Liu, Liang-wei Xu, Hui-yong Zhu, Sean Shih-Yao Liu // *Biomed Eng Online.* – 2014. –13 (63). – P. 224-227
7. Roser S.M. The accuracy of virtual surgical planning in free fibula mandibular reconstruction: comparison of planned and final results / S.M. Roser, S. Ramachandra, H. Blair // *J. Oral Maxillofac Surg.* – 2010. – № 68. – P. 2824-2832
8. Schepers R.H. Technical procedures for template-guided surgery for mandibular reconstruction based on digital design and manufacturing / R.H. Schepers, G.M. Raghoobar, A. Vissink, L.U. Lahoda, W.J. Van der Meer, J.L. Roodenburg, H. Reintsema, M.J. Witjes // *Head & Neck.* – 2013. – 4 (35). – P. 112-118