UDC: 616.716.8-007.24-089.844

ИННОВАЦИОННЫЙ ПОДХОД К ЛЕЧЕНИЮ И ПЛАНИРОВАНИЮ В ЧЕЛЮСТНО-ЛИЦЕВОЙ ОБЛАСТИ (КЛИНИЧЕСКОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ)

Боймурадов Шухрат Абдуджалилович – д.м.н., профессор
Фармонов Шахзод Фазлиддинович – ассистент
Ташкентский государственный медицинский университет, (Ташкент, Узбекистан)

Аннотация. *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 (Рогинский В.В., Иванов А.Л., Евсеев А.В.-2002, Семенов М.Г., Сафонов А.А.-2007)*

В результате реконструктивно-восстановительной операции возможно устранить любой эстетический дефект лица, сделать лицо симметричным и пропорциональным. С помощью такого хирургического вмешательства можно не только уменьшить избыточные ткани деформаций лицевого скелета, но и восстановить утраченные или поврежденные.

Ключевые слова: *программное обеспечение, 3Д моделирование и печать, программный комплекс Mimics, 3-matic, Materialise ProPlan CMF* ***и*** *Dolphin 3D Surgery, компьютерной томографии (КТ) и специализированного программного обеспечения — Simplant®, coDiagnostiX®, Blue Sky Plan®.*

INNOVATIONAL WAY OF TREATMENT AND PLANNING OF MAXILLA FACIAL AREA (CLINICAL STUDY)

Boymuratov Shukhrat Abdujalilovich – D.M.Sc., professor
Farmonov Shakhzod Fazliddinovich – assistant
Tashkent State Dental University (Tashkent, Uzbekistan)

Abstract. *Currently, the treatment of patients with acquired defects and deformities of the maxillofacial region is an urgent problem in modern maxillofacial reconstructive surgery. Computer 3D modeling differs from traditional planning in that the work is carried out not in a two-dimensional plane on paper, but in a three-dimensional space, which makes it possible to accurately analyze all parameters of the defect and to pre-develop several variants of an individual surgical plan (Roginsky V.V., Ivanov A.L., Evseev A.V., 2002; Semenov M.G., Safonov A.A., 2007).*

As a result of reconstructive-restorative surgery, any aesthetic defect of the face can be corrected, making the face symmetrical and proportional. Such surgical intervention allows not only the reduction of excessive tissues associated with deformities of the facial skeleton, but also the restoration of lost or damaged structures.

Keywords: *software, 3D modeling and printing, Mimics software package, 3-matic, Materialise ProPlan CMF, Dolphin 3D Surgery, computed tomography (CT), and specialized software — Simplant®, coDiagnostiX®, Blue Sky Plan®.*

YUZ-JAG’ SOHASIDA DAVOLASH VA REJALASHTIRISHNING INNOVATSION YONDASHUVI (KLINIK TADQIQOT)

Boymurodov Shukhrat Abdudjalilovich – t.f.d., professor
Farmonov Shakhzod Fazliddinovich – assistent
Toshkent davlat tibbiyot universiteti (Toshkent, O‘zbekiston)

Annotatsiya. *Kompyuter 3D-modellashtirish an’anaviy rejalashtirishdan farqli ravishda ishni qog‘ozdagi ikki o‘lchamli tasvirdan emas, balki uch o‘lchamli makonda amalga oshirish imkonini beradi. Bu esa nuqsonning barcha parametrlarini yuqori aniqlik bilan ko‘rib chiqish, jarrohlik amaliyoti uchun bir nechta individual operatsiya rejasini oldindan ishlab chiqishga imkon yaratadi (Roginskiy V.V., Ivanov A.L., Evseev A.V., 2002; Semyonov M.G., Safonov A.A., 2007).*

Rekonstruktiv-tiklash jarrohligi natijasida yuzning istalgan estetik nuqsonini bartaraf etish, yuzni simmetrik va proporsional holga keltirish mumkin. Bunday jarrohlik aralashuvi yordamida nafaqat yuz skeleti deformatsiyalaridagi ortiqcha to'qimalarni kamaytirish, balki yo'qolgan yoki shikastlangan tuzilmalarni tiklash ham mumkin.

Kalit so'zlar: *dasturiy ta'minot, 3D modellashtirish va chop etish, Mimics dasturiy majmuasi, 3-matic, Materialise ProPlan CMF, Dolphin 3D Surgery, kompyuter tomografiyasi (KT) va maxsus dasturiy ta'minot — Simplant®, coDiagnostiX®, Blue Sky Plan®.*

Актуальность. В настоящее время технологии компьютерного трёхмерного моделирования находят широкое применение во всех направлениях современной медицины, включая костно-реконструктивную хирургию челюстно-лицевой области. Использование данной методики открывает новые возможности для точной топической диагностики костных патологий лица, расчёта их параметрических характеристик и детального предоперационного планирования реконструктивных вмешательств.

С развитием технологий трёхмерной печати стало возможным не только виртуальное моделирование, но и физическое воспроизведение анатомических структур — челюстей, костей лицевого скелета и их отдельных фрагментов. Использование 3Д-принтеров позволяет создавать точные анатомические модели, которые применяются как для предоперационного планирования, так и в учебных целях. Кроме того, трёхмерная печать и 4Д планирование во времени пространства открывает возможности высокотдля изготовления индивидуальных эндопротезов из биосовместимых материалов и персонализированных накостных титановых пластин, обеспечивающих высокую точность реконструктивных операций и оптимальное восстановление анатомии пациента.

В данном исследовании основное внимание сосредоточено на этапах планирования костно-реконструктивного лечения патологий челюстно-лицевой области. Анализ ближайших послеоперационных результатов, а также оценка эффективности комплексного хирургическо-ортодонтического лечения будут предметом отдельного исследования.

Цель исследования. Целью настоящего исследования является оценка эффективности и клинических преимуществ трёхмерного компьютерного планирования и прототипирования в хирургическом лечении дефектов и деформаций лицевого скелета**.** Особое внимание уделено анализу точности предоперационного моделирования, сокращению интраоперационного времени, повышению предсказуемости результатов и улучшению функционально-эстетических исходов реконструктивных вмешательств в челюстно-лицевой области.

Материалы и методы. В отдельных случаях выполнялась 3D-печать физических моделей, что позволяло смоделировать хирургический этап, определить расположение линий остеотомии, направляющих и фиксационных элементов (пластин, винтов или дистракторов).

Для оценки эффективности лечения проводились фотографирование пациентов до и после операции, а также регистрация интраоперационных и послеоперационных осложнений**.**

В настоящее время трёхмерное планирование и использование технологий CAD/CAM (computer-aided design / computer-aided manufacturing) стали рутинной практикой в ортогнатической хирургии, благодаря их многочисленным преимуществам — высокой точности, предсказуемости результатов и сокращению длительности операции.

В нашей клинической практике для моделирования и предоперационного планирования используется специализированное программное обеспечение Dolphin 3D Surgery (Dolphin Imaging and Management Solutions, 9200 Eton Ave, Chatsworth, CA, USA). Данная программа позволяет выполнять виртуальное моделирование хирургического вмешательства, проводить анализ симметрии лицевого скелета**,** оценивать окклюзионные соотношения**,** а также создавать хирургические сплинты и направляющие шаблоны, которые изготавливаются методом CAD/CAM-технологий**.**

Трёхмерное планирование и использование технологий компьютерного проектирования и изготовления (CAD-CAM) сплинтов являются рутинной процедурой в ортогнатической хирургии благодаря их многочисленным преимуществам. В нашем учреждении используется программное обеспечение *Dolphin 3D Surgery* (Dolphin Imaging and Management Solutions, 9200 Eton Ave., Chatsworth, CA 91311, USA), которое позволяет моделировать хирургическую процедуру, позиционировать верхнюю и нижнюю челюсти, а также изготавливать CAD-CAM [6] [Рис. 1 и 2].

Эта технология особенно актуальна для коррекции лицевых асимметрий, поскольку позволяет анализировать поперечную плоскость, что является одним из ограничений двухмерной цефалометрии. В плане ориентации 2D-методы позволяют измерять *pitch* (наклон вперёд-назад), но не *roll* (боковой наклон) и *yaw* (вращение). Кроме того, трёхмерное планирование позволяет определить необходимость использования протезов или костных трансплантатов для достижения симметрии, что особенно важно при тяжёлых асимметриях, таких как гемифациальная микросомия.

Таблица 1.

Программное обеспечение, используемое в зависимости от вида хирургического вмешательства

	Тип хирургического вмешательства	Програмное обеспечение
1	Ортогнатическая хирургия	Dolphin 3D Surgery (Dolphin Imaging, USA)
2	Реконструктивная хирургия	Materialise Mimics, 3-matic (Materialise, Belgium)
3	Травматологическая хирургия	ProPlan CMF (Materialise, Belgium)
4	Имплантологические операции	NobelClinician (Nobel Biocare, Switzerland)
5	Хирургическая опухолей	SurgiCase CMF (Materialise, Belgium)

Ортогнатическая хирургия

Трёхмерное планирование и использование технологий CAD-CAM (компьютерное проектирование и производство хирургических шаблонов) стали рутинной практикой в ортогнатической хирургии благодаря их многочисленным преимуществам.

В нашем учреждении применяется программное обеспечение Dolphin 3D Surgery (Dolphin Imaging and Management Solutions, 9200 Eton Ave, Chatsworth, CA 91311, США), которое позволяет проводить виртуальное моделирование операции, позиционирование верхней и нижней челюсти, а также печать CAD-CAM шаблонов [Рисунки 1 и 2].

Данная технология особенно важна при коррекции лицевых асимметрий, так как обеспечивает анализ в поперечной плоскости, что невозможно при двухмерной цефалометрии. В 2D-анализе возможно измерение только угла наклона (pitch), но не параметров roll и yaw.

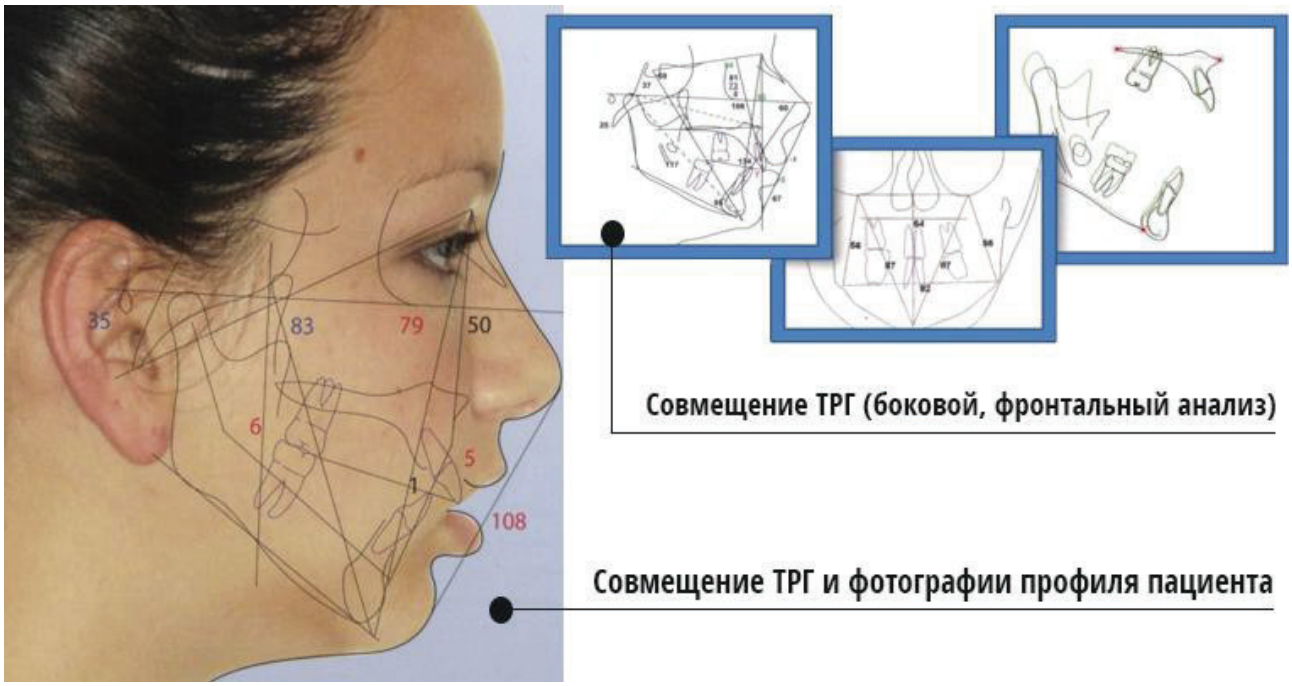


Рис. 1.

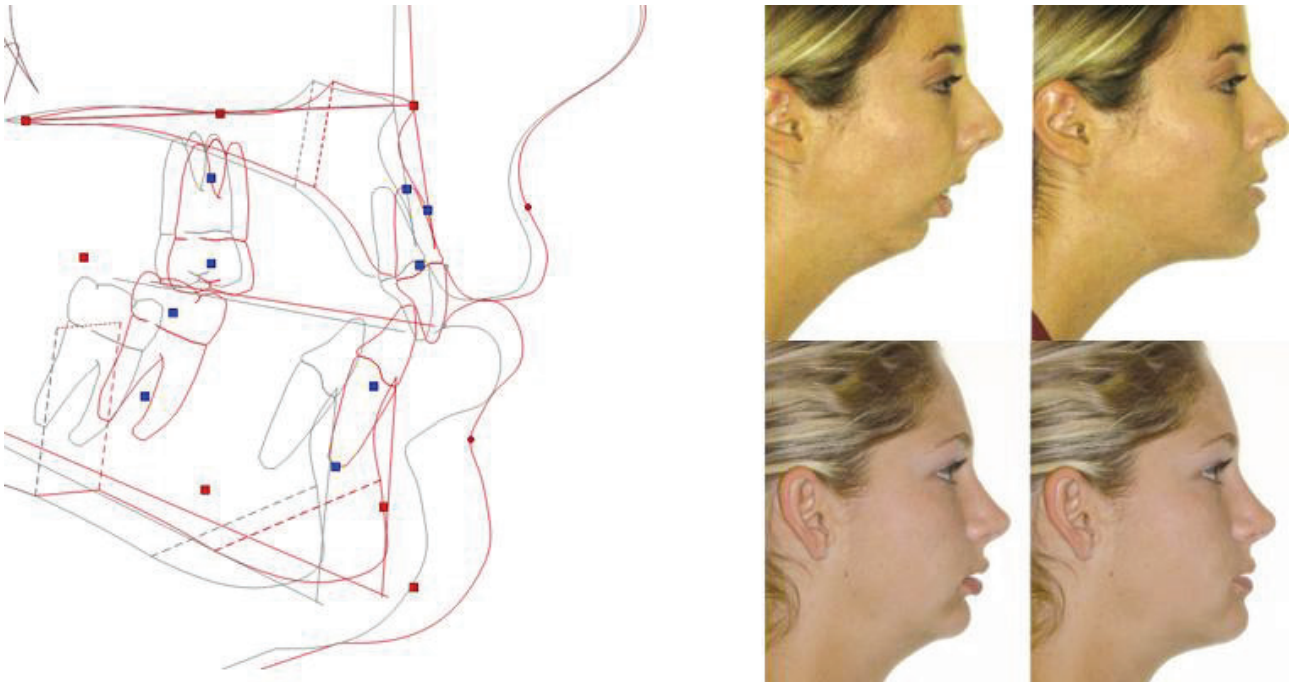


Рис. 2. Планирование ортогнатической операции

Реконструктивная хирургия

Трёхмерное (3D) планирование в реконструктивной хирургии лица стало незаменимым инструментом, позволяющим значительно повысить точность и предсказуемость результатов. С его помощью хирург может не только детально оценить степень деформации, но и виртуально смоделировать весь ход операции, включая выбор оптимальных линий остеотомии, объём перемещения костных фрагментов и форму будущих трансплантатов.

Использование 3D-технологий, в частности систем CAD/CAM (Computer-Aided Design / Computer-Aided Manufacturing), даёт возможность создавать индивидуальные имплантаты, направляющие и шаблоны, идеально соответствующие анатомии пациента. Это особенно важно при реконструкции после травм, опухолевых резекций или врождённых дефектов лицевого скелета.

Программное обеспечение, такое как Materialise Mimics, Simplant® O&O, ProPlan CMF, позволяет совмещать данные КТ-сканов с виртуальным моделированием, что обеспечивает точное восстановление симметрии и функциональности.

3D-планирование также сокращает время операции и риск ошибок, поскольку хирург заранее видит возможные анатомические сложности и может заранее скорректировать план вмешательства. Таким образом, цифровое моделирование является важным элементом современного подхода к реконструкции лицевого скелета, обеспечивая сочетание эстетического и функционального результата. [Рисунки 3 а,б и 4].

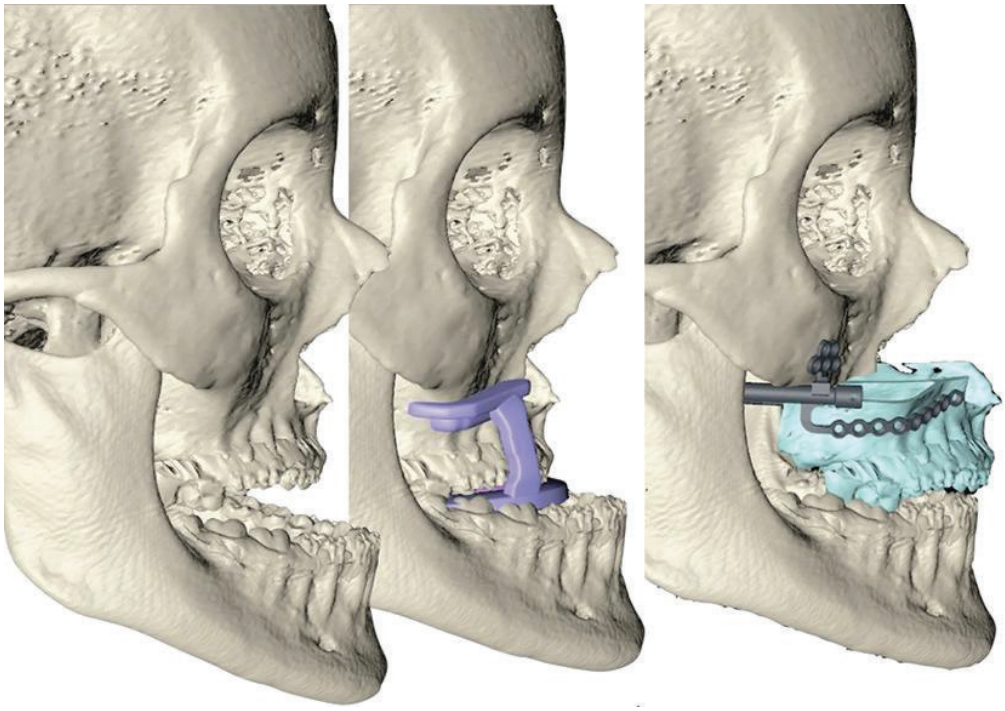


Рис. 3 а. **Виртуальная хирургия при дистракции верхней челюсти. (a) Исходное состояние пациента. (b) Проведение остеотомии по типу Ле Фор I с использованием режущих (направляющих) шаблонов. (c) Выполнение остеотомии Ле Фор I и выдвижение верхней челюсти с применением цюрихских внутренних дистракторов и позиционирующих направителей**

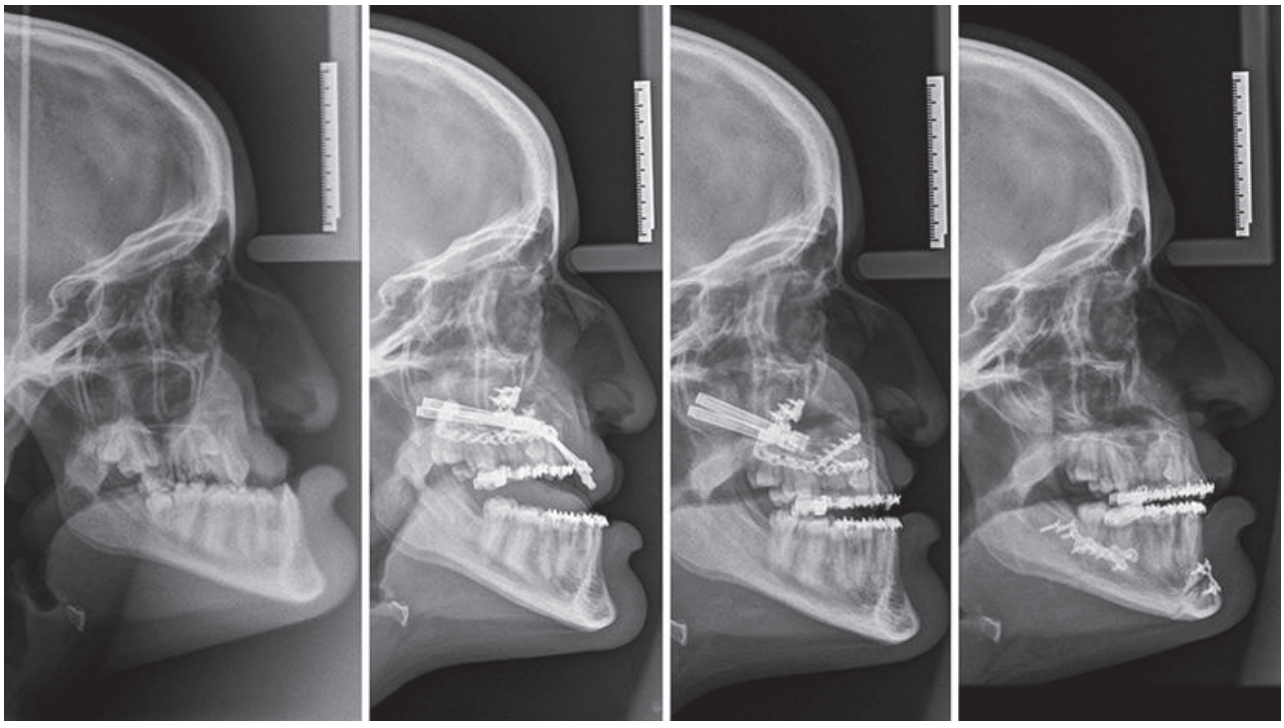


Рис. 3 б. **Боковые телерентгенограммы при дистракции верхней челюсти. (a) Исходное состояние. (b) Начало дистракции верхней челюсти. (c) Завершение этапа дистракции. (d) Окончательное состояние после удаления дистракторов, выполнения двусторонней сагиттальной остеотомии, гениопластики и ринопластики — все в рамках одной операции. Следует отметить изменение формы кончика носа после проведения дистракции.**



Рис. 3. **а,б,с. Предоперационные (a), после дистракции верхней челюсти (b) и после удаления дистракторов верхней челюсти, двусторонней сагиттальной остеотомии (BSSO), гениопластики и ринопластики (c) — послеоперационные боковые снимки пациента, представленного на рисунках**

В современной челюстно-лицевой травматологической хирургии трёхмерное (3D) планирование занимает ключевое место, позволяя достичь высокой точности при восстановлении анатомии и функции костей лица после травм. Использование компьютерных технологий даёт возможность не только детально визуализировать повреждения, но и провести виртуальную репозицию костных отломков до начала операции.

С помощью программных комплексов, таких как Mimics, 3-matic, Materialise ProPlan CMF и Dolphin 3D Surgery, возможно создать точную 3D-модель лицевого скелета, Рис. 5. смоделировать оптимальное положение костей и заранее изготовить индивидуальные направляющие и пластины с помощью технологии CAD/CAM. Это позволяет значительно сократить время хирургического вмешательства и минимизировать интраоперационные ошибки.

В случаях многооскольчатых переломов или асимметричных дефектов, виртуальное моделирование облегчает восстановление исходной формы лица путём зеркального копирования неповреждённой стороны. Такой подход обеспечивает точное восстановление контуров лица, улучшает эстетический результат и снижает риск послеоперационных осложнений.

Таким образом, применение 3D-планирования и навигационных систем в травматологической хирургии челюстно-лицевой области стало стандартом современной практики, обеспечивая сочетание высокой точности, сокращения времени операции и максимального восстановления анатомической симметрии.



Рис. 5. **Планирование ортогнатической операции**

Имплантологические операции

В последние годы трёхмерное (3D) планирование и технологии CAD/CAM прочно вошли в практику имплантологической хирургии, обеспечивая высочайшую точность при установке дентальных имплантатов и реконструкции костных структур.

Основным преимуществом 3D-планирования является возможность виртуального моделирования операции: хирург заранее оценивает объём костной ткани, анатомическое расположение жизненно важных структур (нижнечелюстного канала, гайморовых пазух, носовой полости) и выбирает оптимальные размеры и положение имплантатов. Это достигается за счёт использования компьютерной томографии (КТ) и специализированного программного обеспечения — Simplant®, coDiagnostiX®, Blue Sky Plan®, NobelClinician и др. Рис.6.

Созданная виртуальная модель позволяет изготовить хирургический шаблон (surgical guide), который используется во время операции для точного позиционирования имплантатов в соответствии с предоперационным планом. Такая навигация обеспечивает минимальную травматичность, сокращает операционное время и повышает предсказуемость результата.

Кроме того, применение CAD/CAM-технологий позволяет заранее изготовить индивидуальные абатменты, временные и постоянные протезные конструкции, что значительно ускоряет процесс протезирования и улучшает эстетический результат.

Таким образом, использование 3D-планирования и компьютерных навигационных систем в имплантологии обеспечивает:

• высокую точность установки имплантатов;

• снижение риска хирургических осложнений;

• предсказуемость эстетического и функционального результата;

• возможность одномоментного планирования хирургического и ортопедического этапов лечения.

Эти технологии формируют основу современной цифровой имплантологии, объединяющей хирургию, ортопедию и цифровое моделирование в единую интегрированную систему лечения.

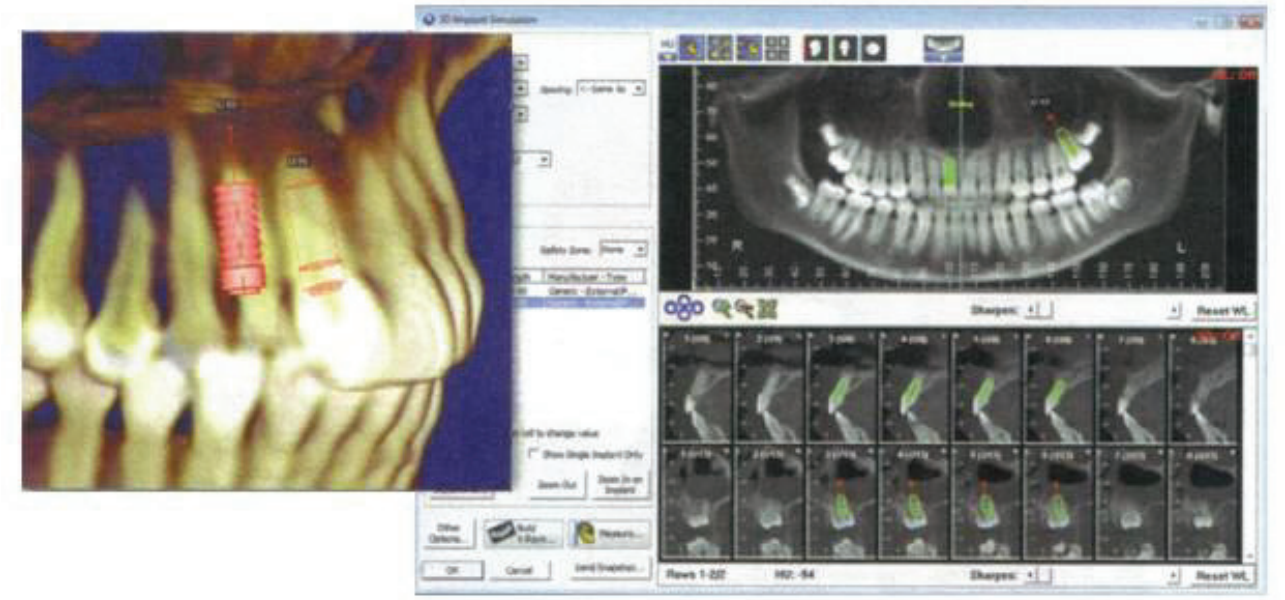


Рис. 6. **Планирование имплантологической операции**

Хирургия опухолей (онкохирургия) в челюстно-лицевой области

Хирургическое лечение опухолей челюстно-лицевой области является ключевым направлением современной реконструктивно-пластической и онкологической хирургии. Основная цель заключается не только в радикальном удалении опухоли, но и в восстановлении анатомической целостности и функции поражённых тканей.

Современные технологии, включая трёхмерное (3D) планирование и CAD/CAM-моделирование, позволяют значительно повысить точность и безопасность онкохирургических вмешательств.

Перед операцией проводится компьютерная и магнитно-резонансная томография (КТ, МРТ), с помощью которых создаётся виртуальная модель черепно-лицевого комплекса. На основе этих данных в специализированных программах (Materialise Mimics®, 3-matic®, Dolphin 3D Surgery и др.) выполняется виртуальное планирование резекции опухоли, моделируется объём резецируемых тканей и проектируются индивидуальные направляющие шаблоны (cutting guides) для точного выполнения остеотомий.

После радикального удаления опухоли проводится реконструктивный этап — восстановление дефекта костных и мягкотканных структур. Для этого применяются аутотрансплантаты (например, малоберцовый, лопаточный, подвздошный костные лоскуты) и индивидуальные имплантаты, изготовленные с помощью CAD/CAM-технологий из титана или биосовместимых полимеров.

Использование 3D-планирования и печати обеспечивает:

• точное соответствие реконструкции анатомическим параметрам пациента;

• сокращение времени операции и анестезии;

• уменьшение кровопотери;

• улучшение функционального и эстетического результата;

• возможность предоперационного моделирования сложных резекционно-реконструктивных этапов.

Таким образом, онкохирургия челюстно-лицевой области в сочетании с цифровыми технологиями 3D-планирования представляет собой инновационный подход, направленный на повышение радикальности лечения опухолей при одновременном сохранении или восстановлении внешнего вида и функции лица.

Вывод.

Трёхмерное планирование хирургических вмешательств в челюстно-лицевой области способствует существенному сокращению операционного времени и позволяет более точно прогнозировать потенциальные технические трудности и послеоперационные осложнения.

В то же время, данный подход требует увеличенного времени на предоперационную подготовку и наличия у хирурга специальных навыков, связанных с освоением цифровых технологий моделирования. Основным ограничением на современном этапе остаётся высокая стоимость проведения процедуры.

Несмотря на это, дополнительные затраты на планирование полностью компенсируются сокращением длительности операции, снижением интраоперационных рисков и повышением точности хирургического результата.

Ожидается, что в ближайшем будущем развитие технологий и снижение себестоимости оборудования приведут к удешевлению и более широкому внедрению 3D-планирования в клиническую практику.

Таким образом, использование трёхмерного моделирования в челюстно-лицевой хирургии уже сегодня представляет собой эффективный и обоснованный инструмент, обеспечивающий высокий уровень предсказуемости и стабильности реконструктивных вмешательств.

ЛИТЕРАТУРА

1. Swennen G.R., Mollemans W., Schutyser F. Трёхмерное планирование ортогнатических операций в эпоху виртуальной визуализации. *J Oral Maxillofac Surg.* 2009;67:2080–2092.

2. Aboul-Hosn Centenero S., Hernández-Alfaro F. Трёхмерное планирование в ортогнатической хирургии: CAD/CAM хирургические шины и прогнозирование результатов мягких и твёрдых тканей. *J Craniomaxillofac Surg.* 2012;40:162–168.

3. Bell R.B. Компьютерное планирование и интраоперационная навигация в кранио-максиллофациальной хирургии. *Oral Maxillofac Surg Clin North Am.* 2010;22:135–156.

4. Adolphs N., Haberl E.J., Liu W., Keeve E., Menneking H., Hoffmeister B. Виртуальное планирование в кранио-максиллофациальной хирургии: 7 лет опыта. *J Craniomaxillofac Surg.* 2014;42:e289–e295.

5. Rubio Palau J., Hueto Madrid J.A., González Lagunas J. Трёхмерное планирование в ортогнатической хирургии. *Rev Esp Ortod.* 2012;42:17–21.

6. Gateno J., Xia J.J., Teichgraeber J.F. Новый трёхмерный цефалометрический анализ для ортогнатической хирургии. *J Oral Maxillofac Surg.* 2011;69:606–622.

7. Sesenna E., Magri A.S., Magnani C., Brevi B.C., Anghinoni M.L. Дистракция нижней челюсти у новорождённых: показания, техника, результаты. *Ital J Pediatr.* 2012;38:7.

8. Jensen J., Kuseler A., Klit Pedersen T., Norholt S. Остеотомия и костная пластика предпозвоночного отростка при вторичной коррекции двусторонней расщелины. *J Oral Maxillofac Surg.* 2011;69:e16–e17.

9. Ferrer Fuertes A., García Díez E., Rivera Baró A., Sieira Gil R., Cho-Lee G.Y., Martí Pagés C. и соавт. Эндоназальный доступ при остеотомии предпозвоночного отростка при полной двусторонней расщелине губы и нёба. *Int J Oral Maxillofac Surg.* 2013;42:1197.

10. Steinbacher D.M. Трёхмерный анализ и хирургическое планирование в кранио-максиллофациальной хирургии. *J Oral Maxillofac Surg.* 2015;73(Suppl 12):S40–S56.

11. Gateno J., Teichgraeber J.F., Xia J.J. Трёхмерное хирургическое планирование для дистракции верхней челюсти и средней зоны лица. *J Craniofac Surg.* 2003;14:833–839.