

Использование 3D-технологий при планировании ортогнатических операций у пациентов с аномалиями развития челюстей

© Колчин С.А., Дробышев А.Ю., Куракин К.А., Дибиров Т.М., Митерев А.А.

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Московский государственный медико-стоматологический университет им. А.И. Евдокимова» Министерства здравоохранения Российской Федерации, Москва, Россия

Резюме:

Цель. Совершенствование методов планирования и хирургического этапа комбинированного лечения пациентов с аномалиями челюстей с применением 3D-технологий и последующая оценка точности полученного результата.

Материалы и методы. В период с 2019 по 2021 проведено обследование и лечение 90 пациентов с аномалиями развития челюстей в возрасте от 18 до 45 лет. 45 пациентов женского пола, 45 – мужского. Всем пациентам проводилось комплексное обследование и последующее хирургическое лечение. Пациенты были разделены на 3 группы в зависимости от метода планирования.

Результаты. При оценке результатов исследования были установлены значимые различия между контрольной группой (I) и 2-й группой, и контрольной группой (I) и 3-й группой с эффектом различия от среднего, умеренного до большого, сильного в 25 координатах из 35 (71%). Между 2-й и 3-й группой статистически значимой разницы выявлено не было. Среднее различие в координатах между запланированными перемещениями и послеоперационными результатами в сравнении между 1-й и 2-й группой, 1-й и 2-й группой составляет от 0,69 мм до 2,14 мм. Среднее различие в координатах между 2-й и 3-й группой составляет от 0,20 мм до 0,54 мм. Максимальные различия между запланированными и послеоперационными результатами выявлены в координатах отвечающие за вертикальные перемещения, а также различные углы (pitch, roll и yaw), среднее отклонение по всем трём группам составило в диапазоне от 2,02 мм до 3,13 мм. Данный факт позволил сделать выводы, что 3D-планирование позволяет достичь более предсказуемых результатов в хирургическом этапе комплексного лечения пациентов с аномалиями развития челюстей. Однако, для более точной оценки качества планирования необходим больший размер выборки пациентов, с возможным включением большего количества референсных точек.

Выводы. Повсеместная цифровизация медицинской отрасли позволило внести множество инструментов, направленных на увеличение точности предоперационного планирования, а также визуализации будущих изменений пациента. Трёхмерные (3D) методы виртуальной визуализации и планирования позволяют объединить информацию из мягких тканей лица, скелета и зубных рядов. Компьютерное моделирование операций приобретает все большее значение в области челюстно-лицевой хирургии, поскольку технологии предлагают улучшенные возможности предоперационного планирования и снижение факторов возможных рисков на дооперационных, операционных и послеоперационных этапах.

Ключевые слова: Ортогнатическая хирургия, виртуальное хирургическое планирование, 3D анализ, CAD/CAM сплонт, 3D печать хирургического сплонта.

Статья поступила: 17.05.2022; **исправлена:** 20.06.2022; **принята:** 27.06.2022.

Конфликт интересов: Авторы декларируют отсутствие конфликта интересов

Благодарности: Финансирование и индивидуальные благодарности для декларирования отсутствуют.

Для цитирования: Колчин С.А., Дробышев А.Ю., Куракин К.А., Дибиров Т.М., Митерев А.А. Использование 3D-технологий при планировании ортогнатических операций у пациентов с аномалиями развития челюстей. Эндодонтия today. 2022; 20(2):189-196. DOI: 10.36377/1726-7242-2022-20-2-189-196.

The use of 3D technologies in the planning of orthognathic operations in patients with anomalies in the development of the jaws

© Sergei A. Kolchin, Alexey Yu. Drobyshev, Konstantin A. Kurakin, Timur M. Dibirov, Andrei A. Miterev

Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education "A.I. Evdokimov Moscow State University of Medicine and Dentistry" of the Ministry of Health of the Russian Federation, Moscow, Russia

Abstract:

Aim. Improving the methods of planning and the surgical stage of the combined treatment of patients with jaw anomalies using 3D technologies and subsequent assessment of the accuracy of the result.

Materials and methods. In the period from 2019 to 2021, 90 patients with anomalies in the development of the jaws aged 18 to 45 years were examined and treated. 45 female patients, 45 male. All patients underwent a comprehensive examination and subsequent surgical treatment. Patients were divided into 3 groups depending on the planning method.

Results. When evaluating the results of the study, significant differences were found between the control group (I) and group II and the control group (I) and group III with a difference effect from medium, moderate to large, strong in 25 coordinates out of 35 (71%). There was no statistically significant difference between groups II and III. The average difference in coordinates between planned movements and postoperative results in comparison between groups I and II, groups I and III is from 0.69 mm. up to 2.14 mm. The average difference in coordinates between groups 2 and 3 is from 0.20 mm. up to 0.54 mm. The maximum differences between the planned and postoperative results were revealed in the coordinates responsible for vertical movements, as well as various angles (pitch, roll and yaw), the average deviation for all three groups was in the range from 2.02 mm to 3.13 mm. This fact led to the conclusion that 3D planning allows to achieve more predictable results in the surgical stage of the complex treatment of patients with jaw anomalies. However, for a more accurate assessment of the quality of planning, a larger sample size of patients is needed, with the possible inclusion of a larger number of reference points.

Conclusions. The widespread digitalization of the medical industry has made it possible to introduce many tools aimed at increasing the accuracy of preoperative planning, as well as visualizing future changes in the patient. Three-dimensional (3D) methods of virtual visualization and planning allow you to combine information from the soft tissues of the face, skeleton and dentition. Computer simulation of operations is becoming increasingly important in the field of maxillofacial surgery, as the technology offers improved possibilities for preoperative planning and reduction of possible risk factors at the preoperative, operative and postoperative stages.

Keywords: Orthognathic surgery, virtual surgical planning, 3D analyzing, CAD/CAM surgical splint, 3D printing surgical splint.

Received: 17.05.2022; **revised:** 20.06.2022; **accepted:** 27.06.2022.

Conflict of interests: The authors declare no conflict of interests.

Acknowledgments: There are no funding and individual acknowledgments to declare.

For citation: Sergei A. Kolchin, Alexey Yu. Drobyshev, Konstantin A. Kurakin, Timur M. Dibirov, Andrei A. Miterev. The use of 3D technologies in the planning of orthognathic operations in patients with anomalies in the development of the jaws. *Endodontics today*. 2022; 20(2):189-196. DOI: 10.36377/1726-7242-2022-20-2-189-196.

ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время комбинирование лечение пациентов со скелетными аномалиями является стандартным протоколом для получения стабильной окклюзии, лицевой симметрии и максимального эстетического результата [1-4].

Точное планирование лечения – один из основных этапов лечения направленное на получение оптимальных эстетических и функциональных результатов [1, 5-6, 15].

В течение последних нескольких лет были достигнуты значительные успехи в диагностике, предоперационном планировании и лечении пациентов с деформациями и аномалиями челюстей [8-9, 13, 15]. Использование таких современных методов диагностики как конусно-лучевая объемная томография, стереофотограмметрия, трехмерные программы компьютерного моделирования позволяют получать достоверную и точную информацию о строении черепа и мягких тканей лица [7, 10, 16].

Проблемы диагностики, предоперационного планирования и оценки результатов комбинированного лечения пациентов, обуславливают необходимость поиска наиболее оптимальных методик планирования, направленных на повышение эффективности и качества проводимого лечения и предупреждение возникновения осложнений [1, 4, 16].

Достижения 3D технологий в формировании изображений привели к разработке инструментов для использования в предоперационном планировании и изготовлении хирургических сплинтов [15].

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

В период с 2019 по 2021 проведено обследование и лечение 90 пациентов с аномалиями развития челюстей в возрасте от 18 до 45 лет. 45 пациентов женского пола, 45 – мужского. Пациенты были разделены на 3 группы в зависимости от метода изготовления операционных сплинтов.

В первую группу вошли пациенты, которым проводился стандартный 2D метод планирования, включавший в себя хирургию гипсовых моделей и последующее изготовление пластмассовых сплинтов лабораторным методом.

Во вторую группу определили пациентов, которым проводилось 3D-планирование в виртуальном программном обеспечении, с последующим изготовлением сплинтом с помощью 3D-принтера.

Третья группа была представлена пациентами, которым также проводилось 3D-планирование виртуальном программном обеспечении, но сплинты были изготовлены при помощи CAD/CAM технологий.

Все пациенты в группах распределены по количеству поровну по 30 человек. В каждой из трёх групп пациенты были поровну разделены на основании диагноза: 15 человек с диагнозом 2 скелетный класс, и 15 человек с диагнозом 3 скелетным классом. Пациентам проведены клинические и дополнительные методы обследования.

В клинические методы обследования входило: сбор анамнеза, осмотр лица и полости рта с целью оценки степени выраженности аномалии, проводилась эстетическая оценка лица пациента, сбор жалоб. Допол-

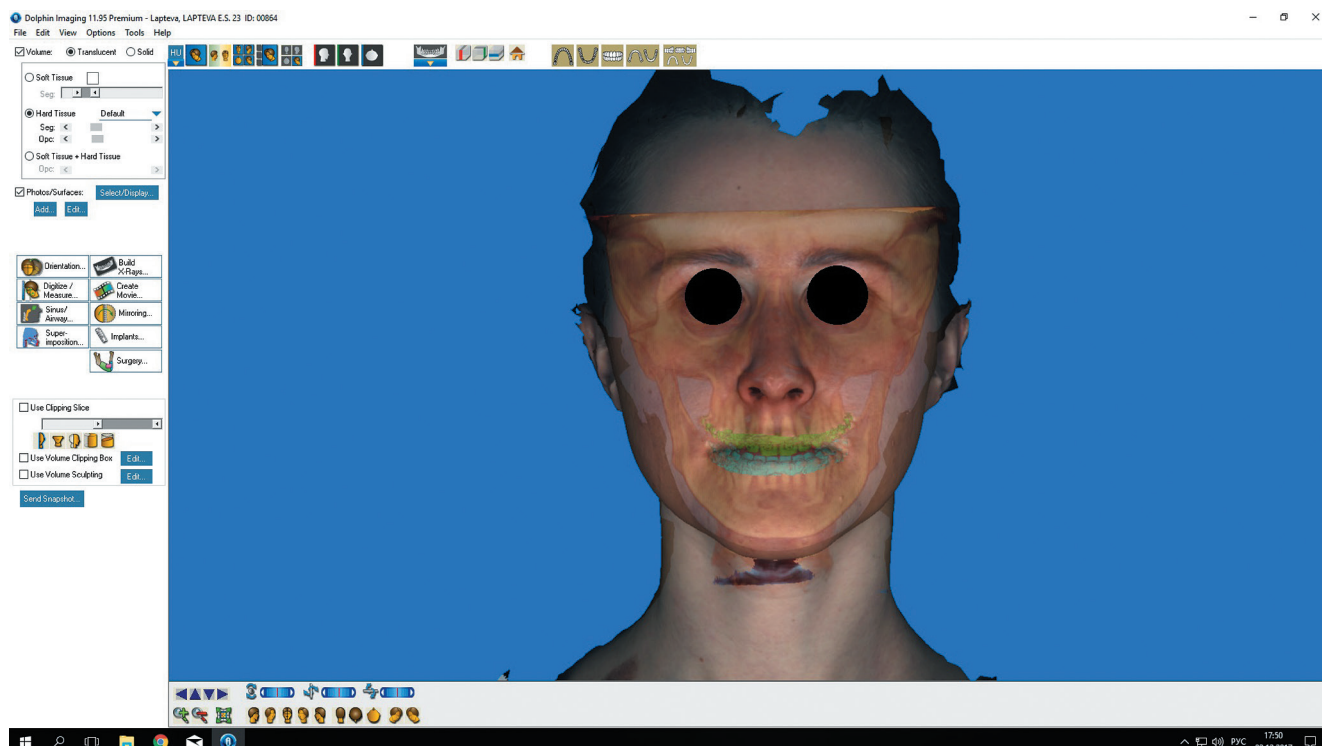


Рис. 1. Совмещение КЛКТ с 3Dфото пациента, со сканом моделей челюстей.

Fig. 1. Combination of CBCT with a 3D photo of the patient, with a scan of the jaw models.

нительные методы обследования включали в себя фотометрическое обследование, лучевые методы исследования (КЛКТ), 3D-фотографирование лица, сканирование гипсовых моделей челюстей. Конусно-лучевая компьютерная томография выполнялась на стоматологическом томографе "I-CAT" (I-CAT KaVO, США). Источником рентгеновского излучения являлся высокочастотный импульсивный рентгеновский генератор, постоянный фиксированный анод 120 kV, 3-7 mA (импульсивный режим). Рентгеновским лучом являлся конус, с фокусным пятном 0,5 мм, размер вокселя 0,12 мм.

Для проведения этапа планирования ортогнатической операции мы использовали 3D-модуль программного обеспечения Dolphin Imaging 11.98. Перед началом работы в программу вносились данные пациента: ФИО, возраст, пол, присваивался порядковый номер. Перед загрузкой КЛКТ в программу указывался этап лечения (до операции). После загрузки КЛКТ выполнялось создание ортопантограммы из КЛКТ. Данная манипуляция выполнялась для последующего использования ОПТГ в модуле планирования операций.

Далее проводилось выравнивание КЛКТ пациента относительно HNP. Для этого оценивалась симметричность лицевого скелета, выполнялось центрирование скелета по неподвижным структурам лицевого скелета, позвоночный столб, надбровные дуги, скуловые дуги.

После чего на КЛКТ накладывалось 3D-фото пациента и сканированные модели челюстей. Первично проводилась, так называемая, суперимпозиция с помощью точек, которые устанавливались на сканированной модели и КЛКТ, после чего выполнялась мануальная коррекция прилегания сканированных моделей челюстей и 3Dфото во всех трёх плоскостях. Точность сопоставления оценивалось с помощью цветовой шкалы. Был установлен минимальный шаг цветовой шкалы 0,1 мм (рис. 1).

После формирования совмещенной модели КЛКТ, 3Dфото, сканы гипсовых моделей челюстей в 3D модуле использовалось меню Orthognathic Surgical Planning для проведения трёхмерного планирования будущей операции и создании спланта.

Первым этапом в меню планирования операции на сделанной ранее ОПТГ из КЛКТ нами определялись границы верхней, нижней челюстей, а также проксимальные фрагменты нижней челюсти.

Следующим пунктом выполнялось формирование границ на фрагментах КЛКТ верхней, нижней челюстях, а также на обоих мышечковых отростках с захватом венечных отростков и угла челюсти, с последующим удалением артефактов и шумов. Этот этап является подготовительным перед началом проведения виртуальной сегментации костных фрагментов.

Следующим этапом проводилась виртуальная остеотомия верхней челюсти по типу ЛеФорI (также, при необходимости, в данном подменю можно провести сегментарную остеотомию), межкортикальную остеотомию нижней челюсти, остеотомию подбородочного отдела.

После проведения виртуальной остеотомии один из главных этапов виртуального планирования являлось постановка цефалометрических точек на КТ, а также постановка антропометрических точек на 3D-фото. Данный этап важен тем, что по установленным нами точкам программа выполняет расчёты при перемещениях. Также в меню перемещений данный точки используются, как точки опоры для ротаций и перемещений.

В дальнейшем, полученные в смыкании челюсти подвергались ротационным движениям, трансверзальным, горизонтальным, вертикальным перемещениям с целью эстетической коррекции профиля (рис. 2).

Полученные нами виртуальные данные обрабатывались, проводилась оценка будущих перемещений, возможного будущего положения мышечковых отростков. После чего для I группы объём перемещений переносился в артикулятор с загипсованными моделями че-

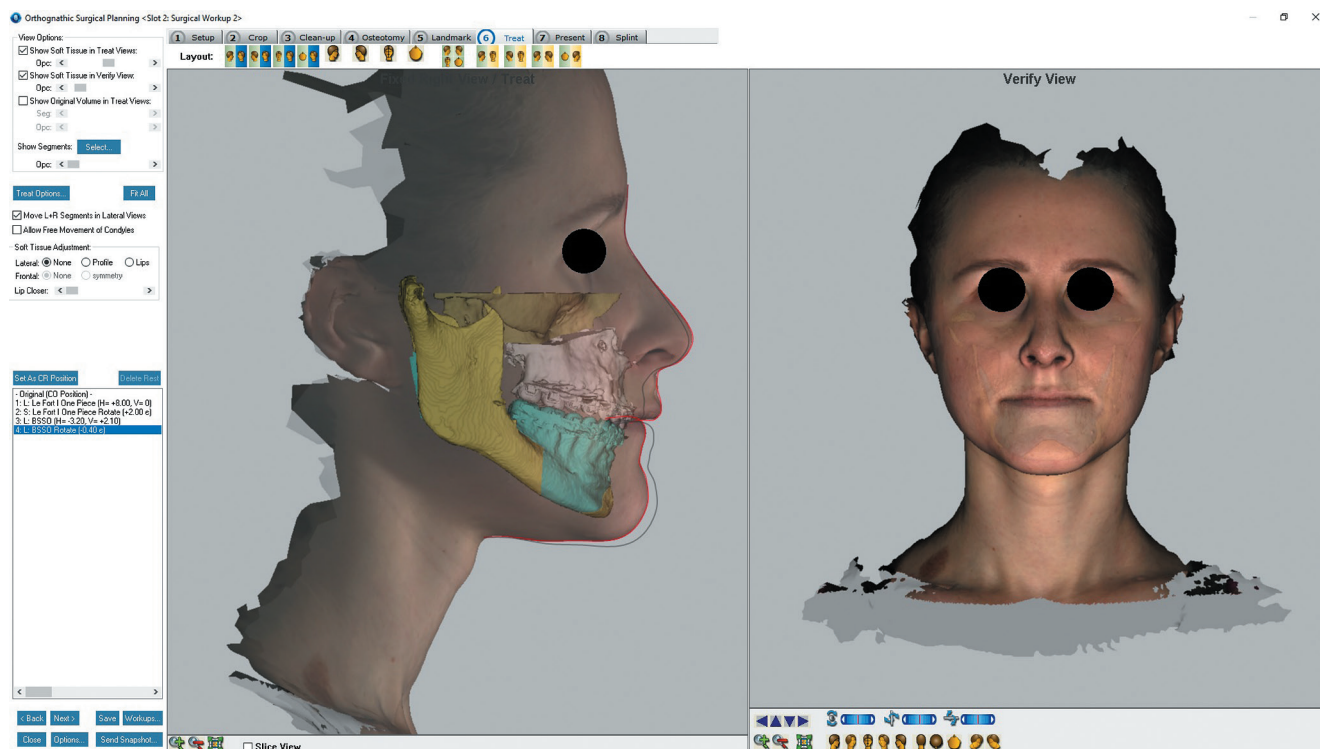


Рис. 2. Виртуальное перемещение костных фрагментов.

Fig. 2. Virtual movement of bone fragments.



Рис. 3. Отпечатанный сплнт в полости рта во время операции.

Fig. 3. Imprinted splint in the oral cavity during surgery.

люстей, где проводилась хирургия моделей, для второй и третьей группы формировался виртуальный хирургический сплнт в формате STL, который в дальнейшем распечатывался на 3D-принтере или фрезеровался на CAD/CAM в зависимости от группы пациента (II или III).

Полученный STL-файл, содержащий данные о виртуальном хирургическом сплнте, переносился нами в программу слайсер Ultimaker Cura 4.5.0 (Ultimaker B.V., The Netherlands), где задавались параметры печати данной модели сплнта на 3D-принтере. После чего, благодаря usb-соединению персонального компьютера и 3D-принтера, данные переносились. Нами использовался 3D-принтер AnyCubic I3 Mega (производитель) с технологией печати FDM (моделирование методом наплавления). Толщина слоя составляла 0,05 мм, отклонение качества печати 0,1 мм. Скорость печати 20 мм/сек. Среднее время печати одного сплнта приблизительно составляло около 40 минут. В качестве материала мы использовали PLA-пластик (SolidFilament).

Данный вид пластика является биоразлагаемым, биосовместимым, термопластичным алифатическим полиэфиром, структурная единица которого – молочная кислота. PLA-пластик производят из кукурузы или сахарного тростника (рис. 3).

Сырьем для получения служат также картофельный и кукурузный крахмал, соевый белок, крупа из клубней маниоки, целлюлоза. Техническими характеристиками пластика следующие: температура плавления – 173-178°C; температура размягчения – 50°C; твердость (по Роквеллу) – R70-R90; относительное удлинение при разрыве – 3,8%; прочность на изгиб – 55,3 МПа; прочность на разрыв – 57,8 МПа; модуль упругости при растяжении – 3,3 ГПа; модуль упругости при изгибе – 2,3 ГПа; температура стеклования – 60-65°C; плотность – 1,23-1,25 г/см³; минимальная толщина стенок – 1 мм; точность печати – ± 0,1%; размер мельчайших деталей – 0,3 мм; усадка при изготовлении изделий – нет; влагопоглощение – 0,5-50%.

После получения виртуального хирургического сплнта в формате STL файл отправлялся в CAD/CAM-центр. В центре имеется программное обеспечение Zirkonzahn.Frasen предназначенное для моделировки файла в фрезервальном станке Zirkonzahn M5. Это 5-ти осевой фрезерный станок с фиксатором блока относительно фрезерующих наконечников с точностью до 5 мк. В качестве материала использовалась для создания хирургического сплнта использовался TEMP PREMIUM FLEXIBLE. Данный материал был разработан специально для изготовления временных протезов и сплнтов. После проведенных хирургических манипуляций у пациентов всех трёх групп проводился анализ данных (рис. 4).

Для анализа полученных данных была взята за основу методика систематического трехмерного анализа описанный Chin Shih-Jan с соавторами [5]. В описанную методику нами были внесены изменения, так как Chin Shih-Jan использовал с своим анализом цефалометри-



Рис. 4. Отфрезерованный спллит в полости рта во время операции.

Fig. 4. CAD/CAM splint in the oral cavity during surgery.

чески точки, положение которых, невозможно отобразить на будущем сплите.

Измерения проводились для всех групп как на предоперационном этапе, так и на послеоперационных КЛОТ. Трехмерные виртуальные модели предоперационного этапа и послеоперационные были объединены нами в одной и той же системе координат на основе вокселей, далее они были импортированы в программу Geomagic Control X 3D (Geomagic, Morrisville, NC, USA) для оценки точности послеоперационных результатов с результатами планирования.

Нами была определена локальная система координат, которая определялась неподвижными анатомическими ориентирами основания черепа. Она представлена была: 1) линией Or-Po, которая представляла собой ось Y; 2) Ось Z параллельна среднесагитальной плоскостью (MSP), и представлена линией через Sella-Nasion-Dens; 3) Ось X определялась в соответствии с осями Y и Z. Локальная система координат была нами продублирована на дооперационных и послеоперационных трехмерных моделях, с целью создания идентичной системы координат и систему отсчёта [6].

Были установлены три исходные плоскости: (1) среднесагитальная плоскость (MSP) была определена N-S-Dens. Она представляет срединную линию черепа в переднезаднем (AP) направлении; (2) горизонтальная плоскость (HP) перпендикулярна оси Z и находится на плоскости. Плоскость содержит линию Or-Po, которая была использована в этом исследовании для напоминания FHP; (3) корональная плоскость (CP) перпендикулярна оси Y и проходит через Dens [6].

С помощью измерительных инструментов от Geometric Studio® данные, извлеченные из хирургического плана до и после операции, были измерены нами и классифицированы следующим образом:

1. Коррекция средней линии, которая включает: (а) движение уау центральной плоскости верхней челюсти (MxCP) (°): угол, образованный MxCP и MSP; (б) движение уау центральной плоскости нижней челюсти (MdCP) (°): угол, образованный MdCP и MSP;
2. Коррекция окклюзионной плоскости: (а) движение pitch верхней челюсти (°): угол, образованный длинной осью центральных резцов верхней челюсти (линия проходит через U1 и точку между вершинами центральных резцов верхней челюсти) и горизонтальной плоскостью; (б) Движение roll окклюзионной плоскости верхней челюсти (MxOP) (°): угол, образованный окклюзионной плоскостью верхней челюсти и горизонтальной плоскостью; (с) roll движение

окклюзионной плоскости нижней челюсти (MdOP) (°): угол, образованный окклюзионной плоскостью нижней челюсти и горизонтальной плоскостью;

3. Коррекция переднезаднего (AP) положения: (а) отношение AP верхней и нижней челюсти (°): угол, образованный A-N-B; (б) AP положение верхней челюсти (мм): расстояние между точкой A и CP; (с) AP положение нижней челюсти (мм): расстояние между B и CP;
4. Коррекция пропорции передней части лица: (а) вертикальная высота верхней передней части лица (UAFH) (мм): расстояние между точкой N и ANS. (б) вертикальная высота нижней передней части лица (LAFH) (мм): расстояние между ANS и Me. (с) доля верхней и нижней передней части лица (UAFH / LAFH): соотношение между верхней и нижней передней лицевой высотой;
5. Среднее отклонение между 3D-моделями хирургического плана и послеоперационного периода: среднее расхождение между хирургическим планом и послеоперационным периодом, рассчитано в Geometric Studio [6].

Статистический анализ

Для статистических сравнений использовали параметрические критерии: F-критерий Снедекора-Фишера и критерий Левина для проверки равенства дисперсий, критерий Уэлча – в случае статистически значимо различающихся дисперсий, однофакторный дисперсионный анализ для независимых выборок.

Для множественных апостериорных сравнений, когда число сравниваемых выборок (групп) больше двух, использовали критерий Тьюки с поправкой на множественность сравнений по Бонферрони. Для вычислений использована программа PAST и JASP.

РЕЗУЛЬТАТЫ

Планирование ортогнатической хирургии основано на анализе клинических данных, рентгенологических данных и гипсовых / цифровых моделей челюстей [1, 4]. Количество шагов, связанных с планированием (хирург, ортодонт, зубной техник), снижают точность предоперационного планирования [15]. Компьютерное моделирование операции позволило снизить вероятность ошибки на предоперационной, оперативной и послеоперационной стадиях, повысить скорость в планировании, что очень важно в лечебных учреждениях с высокой хирургической нагрузкой.

Для оценки точности планирования были сопоставлены 90 КЛОТ на этапе планирования с 90 КЛОТ, проведенных через месяц после операции.

Результаты сравнения дисперсионного анализа абсолютных отклонений значений после операции от плановых по 3 группам показывают, что статистически значимые на уровне 0,005 различия отклонений значений ПОСЛЕ по сравнению с ПЛАН наблюдаются по координатам: A_X 0.18, Xi (R)_X 0.18, Xi (L)_X 0.15, Xi (L)_Y 0.14, RU6_Y 0.16, LU6_Y 0.21, LL6_Y 0.23, ∠MxCP и MSP 0.19 (эффект различий большой); по координатам B_X 0.09, LL6_6 0.11 (эффект различий средний), по координатам A_Z 0.05 и Переднезаднее положение нижней челюсти Pog-CP 0.03 (эффект различий малый). Различия абсолютных отклонений от плана по остальным координатам умеренно статистически значимые (на уровне 0,05 по критерию Фишера), эффект различий средний (координаты A_Y 0.09, RU6_X 0.08, LU6_X 0.06, RL6_Y 0.08) и малый (координаты B_Z 0.05 и Xi (R)_Z 0.05).

Полученные результаты в попарных апостериорных различиях групп по отклонениям значений ПОСЛЕ от ПЛАНА продемонстрировали статистически значимые на уровне различия между 1-ой и 2-ой группой и 1-ой и 3-ей группы с эффектом различия от средний, умеренный в координатах A (X, Y, Z), B (X, Y, Z) Xi (R) (X, Y, Z), Xi (L) (X, Y), RU6 (X, Y), RL6(X, Y, Z), LU6 (X, Y, Z), LL6(X, Y, Z) и большой, сильный в координатах угол, образованный MxCP и MSP и переднезаднее положение нижней челюсти Pog-CP. Во всех остальных координатах эффект различия нулевой. Между 2-ой и 3-ей группой эффект различий по Козну также нулевой. Что даёт сделать вывод об отсутствии разницы между второй и третьей группами.

ОБСУЖДЕНИЕ

Статистически значимые на уровне 0,005 различия дисперсионного анализа абсолютных отклонений значений ПОСЛЕ по сравнению с ПЛАН наблюдаются по координатам: A_X 0.18, Xi (R)_X 0.18, Xi (L)_X 0.15, Xi (L)_Y 0.14, RU6_Y 0.16, LU6_Y 0.21, LL6_Y 0.23, $\angle$ MxCP и MSP 0.19 (эффект различий большой); по координатам B_X 0.09, LL6_6 0.11 (эффект различий средний), по координатам A_Z 0.05 и Переднезаднее положение нижней челюсти Pog-CP 0.03 (эффект различий малый). Различия абсолютных отклонений от плана по остальным координатам умеренно статистически значимые (на уровне 0,05 по критерию Фишера), эффект различий средний (координаты A_Y 0.09, RU6_X 0.08, LU6_X 0.06, RL6_Y 0.08) и малый (координаты B_Z 0.05 и Xi (R)_Z 0.05). Данные различия в координатах, которые представляют собой первые моляры связано с изменением положением зубов за счёт ортодонтической тяги в послеоперационный период, возможное пришлифовывание интраоперационно бугров моляров. Различие в координатах A, B, Xi, $\angle$ MxCP и MSP зачастую связано с неконтролируемой ротацией во время операции. Изменения в переднезаднем положении Pog-CP чаще всего обусловлено с активным гипертонусом в послеоперационном периоде.

При статистически значимых на уровне 0,005 различиях абсолютных отклонений от плана, выявленных при дисперсионном анализе, апостериорные попарные сравнения абсолютных отклонений от плана показывают статистически значимые на уровне 0,005 различия только для отдельных групп (как правило, 1-ая группа отличается от 2-ой и/или 3-ей группы). Но стандартизированный по Козну эффект различий даже в этих случаях малый или слабый. Эффект различия между 1-ой и 2-ой группой и 1-ой и 3-ей группы наблюдается в пределах от средний, умеренный в координатах A (X, Y, Z), B (X, Y, Z) Xi (R) (X, Y, Z), Xi (L) (X, Y), RU6 (X, Y), RL6(X, Y, Z), LU6 (X, Y, Z), LL6(X, Y, Z) и большой, сильный в координатах угол, образованный MxCP и MSP и переднезаднее положение нижней челюсти Pog-CP. Во всех остальных координатах эффект различия нулевой. Между 2-ой и 3-ей группой эффект различий по Козну также нулевой.

При оценке результатов исследования были установлены значимые различия между контрольной группой (I) и 2-й группой и контрольной группой (I) и 3-й группой с эффектом различия от среднего, умеренного до большого, сильного в 25 координатах из 35 (71%). Между 2 и 3 группой статистически значимой разницы выявлено не было. Среднее различие в координатах между за-

планированными перемещениями и послеоперационными результатами в сравнении между 1 и 2 группой, 2 и 2 группой составляет от 0,69 мм до 2,14 мм. Среднее различие в координатах между 2 и 3 группой составляет от 0,20 мм до 0,54 мм. Максимальные различия между запланированными и послеоперационными результатами выявлены в координатах отвечающие за вертикальные перемещения, а также различные углы (pitch, roll и yaw), среднее отклонение по всем трём группам составило в диапазоне от 2,02 мм до 3,13 мм. Данный факт позволил сделать выводы, что 3D-планирование позволяет достичь более предсказуемых результатов в хирургическом этапе комплексного лечения пациентов с аномалиями развития челюстей.

ВЫВОДЫ

Повсеместная цифровизация медицинской отрасли позволило внести множество инструментов, направленных на увеличение точности предоперационного планирования, а также визуализации будущих изменений пациента [15]. Трёхмерные (3D) методы виртуальной визуализации и планирования позволяют объединить информацию из мягких тканей лица, скелета и зубных рядов. Это позволило разрабатывать индивидуально подходящие плоскости остеотомии и оценивать различные хирургические сценарии в виртуальной среде. Компьютерное моделирование операций приобретает все большее значение в области челюстно-лицевой хирургии, поскольку технологии предлагают улучшенные возможности предоперационного планирования и снижение факторов возможных рисков на дооперационных, операционных и послеоперационных этапах [3-4, 6, 12, 14].

Внедрёнными внутренними опорными плоскостями, используемыми в этом исследовании, имеют несколько преимуществ [6]. Во-первых, он определяется неподвижными базовыми точками черепа, которые не были затронуты выполненными операциями или несимметричностью челюстно-лицевой области. Во-вторых, многие точки, которые использовались при анализе, уже используются в цефалометрическом анализе, что может быть знакомо многим другим хирургам [6, 16].

Несмотря на это, система также имеет ряд особенностей. Во-первых, результаты могут быть слегка отклонены, учитывая, что у каждого наблюдателя могут быть небольшие разногласия по поводу определения контрольных точек. Трудность позиционирования анатомического ориентира не следует упускать из виду. В зависимости от того, насколько точной она должна быть, точка также может быть поверхностью. И также трудно определить воспроизводимый ориентир на 3D-модели [6, 12, 16]. В этом исследовании все измерения были выполнены одним наблюдателем, чтобы минимизировать возможные расхождения между наблюдателями. Во-вторых, контрольные плоскости у пациентов с деформациями основания черепа могут не обеспечить необходимой точности. Поэтому в данном исследовании пациенты с выраженной деформацией не участвовали. Тем не менее, плоскости были использованы в качестве базовой линии для облегчения анализа в этом исследовании.

Для более точной оценки качества планирования необходим больший размер выборки пациентов, с возможным включением большего количества референсных точек.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Дробышев А.Ю. Основы обследования, планирования и оперативного лечения больных с врожденными аномалиями и деформациями челюстей: Учебно-методическое пособие. – М.: МГМСУ, 2007. – 42 с
2. Дробышев А.Ю. Осложнения в ортогнатической хирургии. Конференция «Основы ортогнатической хирургии». 2016.
3. Дробышев А.Ю., Анастасов Г. Основы ортогнатической хирургии. М., 2007.
4. Baan F, Liebrechts J, Xi T, Schreurs R, de Koning M, Berge S, et al. A new 3Dtool for assessing the accuracy of Bimaxillary surgery: theOrthoGnathicAnalyser. PLoS One. 2016;11:e0149625.40. DOI: 10.1371/journal.pone.0149625
5. Chin SJ, Wilde F, Neuhaus M, Schramm A, Gellrich NC, Rana M. Accuracy of virtual surgical planning of orthognathic surgery with aid of CAD/CAMfabricated surgical splint-a novel 3D analyzing algorithm. J Craniomaxillofac Surg. 2017;45:1962–1970. DOI:10.1016/j.jcms.2017.07.016.
6. Farhad B. Naini. Orthognathic Surgery Principles, Planning and Practice. London UK, 2017:23-82.
7. Ho CT, Lin HH, Liou EJ, Lo LJ. Three-dimensional surgical simulation improves the planning for correction of facial prognathism and asymmetry:a qualitative and quantitative study. Sci Rep. 2017;7:40423.
8. Ritto FG, Schmitt ARM, Pimentel T, Canellas JV, Medeiros PJ. Comparison of the accuracy of maxillary position between conventional model surgery andvirtual surgical planning. Int J Oral Maxillofac Surg. 2017;47:160–166. DOI: 10.1016/j.ijom.2017.08.012.
9. Shaheen E, Sun Y, Jacobs R, Politis C. Three-dimensional printed finalocclusal splint for orthognathic surgery: design and validation. Int J OralMaxillofac Surg. 2017;46:67–71.

REFERENCES:

1. 1. Drobyshev A.Yu. Fundamentals of examination, planning and surgical treatment of patients with congenital anomalies and jaw deformities: Educational and methodological guide.MGMSU.2007:42.
2. Drobyshev A.Y. Complications in orthognathic surgery. Conference «Fundamentals of Orthognathic Surgery». 2016.
3. Drobyshev A.Y., Anastasov G. Fundamentals of orthognathic surgery. M.2007 (In Russ.).
4. Baan F, Wilde F, Neuhaus M, Schramm A, Gellrich NC, Rana M. Accuracy of virtual surgical planning of orthognathic surgery with aid of CAD/CAMfabricated surgical splint-a novel 3D analyzing algorithm. J Craniomaxillofac Surg. 2017;45:1962–1970. DOI:10.1016/j.jcms.2017.07.016.
6. Farhad B. Naini. Orthognathic Surgery Principles, Planning and Practice. London UK, 2017:23-82.
7. Ho CT, Lin HH, Liou EJ, Lo LJ. Three-dimensional surgical simulation improves the planning for correction of facial prognathism and asymmetry:a qualitative and quantitative study. Sci Rep. 2017;7:40423.
8. Ritto FG, Schmitt ARM, Pimentel T, Canellas JV, Medeiros PJ. Comparison of the accuracy of maxillary position between conventional model surgery andvirtual surgical planning. Int J Oral Maxillofac Surg. 2017;47:160–166. DOI: 10.1016/j.ijom.2017.08.012.
9. Shaheen E, Sun Y, Jacobs R, Politis C. Three-dimensional printed finalocclusal splint for orthognathic surgery: design and validation. Int J OralMaxillofac Surg. 2017;46:67–71.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ:

- Колчин С.А. – соискатель Москва, ORCID ID: 0000-0003-2547-3448/
 Дробышев А.Ю. – д.м.н., профессор, заведующий кафедрой челюстно-лицевой и пластической хирургии, ORCID ID: 0000-0002-1710-6923.
 Куракин К.А. – к.м.н., челюстно-лицевой хирург, Москва, ORCID ID: 0000-0002-9297-646X.
 Дибиров Т.М. – к.м.н., доцент кафедры челюстно-лицевой и пластической хирургии, ORCID ID: 0000-0003-0876-928X.
 Митерева А.А. – к.м.н., ассистент кафедры челюстно-лицевой и пластической хирургии, ORCID ID: 0000-0003-3735-7022.

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Московский государственный медико-стоматологический университет имени А.И. Евдокимова» Министерства здравоохранения Российской Федерации. 27473, Российская Федерация, Москва, ул. Делегатская, д. 20, стр. 1.

AUTHOR INFORMATION:

Sergei A. Kolchin – post-graduate student, ORCID ID: 0000-0003-2547-3448.

10. Steinhuber T, Brunold S, Gartner C, Offermanns V, Ulmer H, Ploder O. Isvirtual surgical planning in Orthognathic surgery faster than conventional planning? A time and workflow analysis of an office-based workflow for single- and double-jaw surgery. J Oral Maxillofac Surg. 2018;76:397–407. DOI: 10.1016/j.joms.2017.07.162.
11. Steinhuber T, Brunold S, Gartner C, Offermanns V, Ulmer H, Ploder O. Isvirtual surgical planning in Orthognathic surgery faster than conventional planning? A time and workflow analysis of an office-based workflow for single- and double-jaw surgery. J Oral Maxillofac Surg. 2018;76:397–407.
12. Stokbro K, Aagaard E, Torkov P, Bell RB, Thygesen T. Surgical accuracy of three-dimensional virtual planning: a pilot study of bimaxillary orthognathic proceduresincluding maxillary segmentation. Int J Oral Maxillofac Surg. 2016;45:8–18.
13. Suojanen, J., J. Leikola and P. Stoor (2016). "The use of patient-specific implants in orthognathic surgery: A series of 32 maxillary osteotomy patients." Journal of Cranio-Maxillofacial Surgery 44(12): 1913-1916.
14. Swennen GRJ, Mollemans W, Schutyser F (2009) Three-dimensional treatment planning of orthognathic surgery in the era of virtual imaging. // Int J Oral Maxillofac Surg 67: 2080-2092.
15. Wu TY, Lin HH, Lo LJ, Ho CT. Postoperative outcomes of two- and three-dimensional planning in orthognathic surgery: a comparative study. J PlastReconstr Aesthet Surg. 2017;70:1101–11.
16. Zhang N, Liu S, Hu Z, Hu J, Zhu S, Li Y. Accuracy of virtual surgical planningin two-jaw orthognathic surgery: comparison of planned and actual results.Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol. 2016;122:143–51.
10. Steinhuber T, Brunold S, Gartner C, Offermanns V, Ulmer H, Ploder O. Isvirtual surgical planning in Orthognathic surgery faster than conventional planning? A time and workflow analysis of an office-based workflow for single- and double-jaw surgery. J Oral Maxillofac Surg. 2018;76:397–407.
11. Steinhuber T, Brunold S, Gartner C, Offermanns V, Ulmer H, Ploder O. Isvirtual surgical planning in Orthognathic surgery faster than conventional planning? A time and workflow analysis of an office-based workflow for single- and double-jaw surgery. J Oral Maxillofac Surg. 2018;76:397–407.
12. Stokbro K, Aagaard E, Torkov P, Bell RB, Thygesen T. Surgical accuracy of three-dimensional virtual planning: a pilot study of bimaxillary orthognathic proceduresincluding maxillary segmentation. Int J Oral Maxillofac Surg. 2016;45:8–18.
13. Suojanen, J., J. Leikola and P. Stoor (2016). "The use of patient-specific implants in orthognathic surgery: A series of 32 maxillary osteotomy patients." Journal of Cranio-Maxillofacial Surgery 44(12): 1913-1916.
14. Swennen GRJ, Mollemans W, Schutyser F (2009) Three-dimensional treatment planning of orthognathic surgery in the era of virtual imaging. // Int J Oral Maxillofac Surg 67: 2080-2092.
15. Wu TY, Lin HH, Lo LJ, Ho CT. Postoperative outcomes of two- and three-dimensional planning in orthognathic surgery: a comparative study. J PlastReconstr Aesthet Surg. 2017;70:1101–11.
16. Zhang N, Liu S, Hu Z, Hu J, Zhu S, Li Y. Accuracy of virtual surgical planningin two-jaw orthognathic surgery: comparison of planned and actual results.Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol. 2016;122:143–51.

Alexey Yu. Drobyshev – Doctor of Medical Sciences, Professor, Head of the Department of Maxillofacial and Plastic Surgery, ORCID ID: 0000-0002-1710-6923.

Konstantin A. Kurakin – Candidate of Medical Sciences, maxillofacial surgeon, ORCID ID: 0000-0002-9297-646X.

Timur M. Dibirov – Candidate of Medical Sciences, Associate Professor of the Department of Maxillofacial and Plastic Surgery, Moscow, ORCID ID: 0000-0003-0876-928X.

Andrei A. Miterev – Candidate of Medical Sciences, Assistant of the Department of Maxillofacial and Plastic Surgery, ORCID ID: 0000-0003-3735-7022.

Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education "A.I. Evdokimov Moscow State University of Medicine and Dentistry" of the Ministry of Health of the Russian Federation, 20c1, Delegatskaya st, Moscow, 27473, Russian Federation.

ВКЛАД АВТОРОВ:

Колчин С.А. – сбор данных, анализ и интерпретация данных.

Дробышев А.Ю. – существенный вклад в замысел и дизайн исследования; подготовка статьи или ее критический пересмотр в части значимого интеллектуального содержания; окончательное одобрение варианта статьи для опубликования.

Куракин К.А. – сбор данных или анализ и интерпретация данных.

Дибиров Т.М. – сбор данных.

Митерев А.А. – сбор данных.

AUTHOR'S CONTRIBUTION:

Sergei A. Kolchin – the acquisition, analysis, or interpretation of data for the article.

Alexey Yu. Drobyshev – has made a substantial contribution to the concept or design of the article; drafted the article or revised it critically for important intellectual content.

Konstantin A. Kurakin – the acquisition, analysis, or interpretation of data for the article.

Timur M. Dibirov – the acquisition of data for the article.

Andrei A. Miterev – the acquisition of data for the article.

Координаты для связи с авторами/ Correspondent author:

Колчин С.А. / *Sergei A. Kolchin*, E-mail: dr.sergei.kolchin@gmail.com; +79154501801