

**КОБЕЦ**

**Константин Константинович**

**РАЗРАБОТКА МЕТОДА КОМПЬЮТЕРНОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ  
ИНДИВИДУАЛЬНЫХ ИМПЛАНТАТОВ ДЛЯ УСТРАНЕНИЯ  
ДЕФОРМАЦИЙ ЛИЦЕВОГО СКЕЛЕТА**

14.01.14 – Стоматология

**Автореферат**

диссертации на соискание ученой степени  
кандидата медицинских наук

Москва – 2018

Работа выполнена в ФГБОУ ВО «Нижегородская государственная медицинская академия» Министерства здравоохранения Российской Федерации

**Научный руководитель:**

член-корреспондент РАН,  
д.м.н., профессор

**Иванов Сергей Юрьевич**

**Официальные оппоненты:**

**Лепилин Александр Викторович** – Заслуженный врач РФ, доктор медицинских наук, профессор, ФГБОУ ВО «Саратовский государственный медицинский университет им. В.И. Разумовского» Минздрава России, кафедра хирургической стоматологии и челюстно-лицевой хирургии, заведующий кафедрой

**Амхадова Малкан Абдрашидовна** – доктор медицинских наук, доцент, ГБУЗ МО «Московский областной научно-исследовательский клинический институт имени М.Ф. Владимирского», факультет усовершенствования врачей, кафедра хирургической стоматологии и имплантологии, заведующая кафедрой

**Ведущая организация:**

ФГБОУ ВО «Московский государственный медико-стоматологический университет им. А.И. Евдокимова» Минздрава России

Защита диссертации состоится «\_\_\_»\_\_\_\_\_2018 года в \_\_\_ часов на заседании диссертационного совета Д.208.040.14 при ФГАОУ ВО Первый Московский государственный медицинский университет имени И.М. Сеченова Минздрава России (Сеченовский Университет) по адресу: 119991, Москва, ул. Трубецкая, д.8, стр.2

С диссертацией можно ознакомиться в ЦНБМ ФГАОУ ВО Первый Московский государственный медицинский университет имени И.М. Сеченова Минздрава России (Сеченовский Университет) по адресу: 119034, Москва, Зубовский бульвар, д.37/1 и на сайте организации [www.sechenov.ru](http://www.sechenov.ru)

Автореферат разослан «\_\_\_\_\_»\_\_\_\_\_2018 года

Ученый секретарь

диссертационного совета

**Дикопова Наталья Жоржевна**

## **ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ**

### **Актуальность темы исследования**

Рост травматизма, отмечающийся в настоящее время, вследствие увеличения количества ДТП, спортивной и бытовой травмы отражается и на росте частоты сочетанных черепно-мозговых травм, в первую очередь – краниофациальных повреждений (Еолчиян С. А., 2017; Левченко О.В., 2011; Данилевич М.О., 2013;). Переломы лицевого скелета составляют 6% от общего числа травм (Данилевич С.О., 2016). В России на сегодняшний день количество травм челюстно-лицевой области остается достаточно высоким и продолжает неуклонно расти (Ипполитов В.П., 2001).

Наблюдается увеличение количества детей с врожденной патологией. К трудно поддающимся хирургической коррекции деформациям относятся врожденные пороки, известные как синдром I и II жаберных дуг (Демикова Н.С., 2007; Карякина И.А., 2010; Vinay S., Reddy R.S., 2009).

Дефекты и деформации лицевого скелета оказывают психологическое воздействие на пациента, ограничивают социально-бытовую и трудовую адаптацию, снижают качество жизни человека. С ростом уровня культуры и образованности в обществе повышаются требования к внешнему облику человека (Макаревич А.А., 2009; Арутюнов А.С., Кицул И.С., 2009; Кучкина Е.С., 2011). Эффективности методов хирургического лечения дефектов и деформаций челюстно-лицевой области является не только медицинской, но и социальной проблемой.

### **Степень разработанности темы исследования**

Анализ литературных работ как отечественных, так и зарубежных авторов показал, что вопросы лечения челюстно-лицевых дефектов и деформаций широко освещены в литературе. С 1654 года было предложено множество хирургических техник и использовались различные материалы для реконструкции дефектов и деформаций челюстно-лицевой области.

Традиционно аутооттрансплантаты считаются «золотым стандартом» для устранения дефектов и деформаций твердых тканей челюстно-лицевой области. Однако использование аутооттрансплантатов имеет ряд недостатков, таких как: травма донорского участка, ограниченный объем получаемого трансплантата. Многие авторы подчеркивают, что формирование трансплантата в соответствии с воспринимающим ложем, формой и контуром дефекта – трудоемкий и длительный процесс, увеличивающий длительность операции (Митрошенков П.Н., 2010; Мураев А.А., 2013).

Иногда для устранения дефектов и деформаций лицевого скелета возможно использование стандартизированных синтетических имплантатов. Однако применение унифицированных наборов имплантатов различных типоразмеров не всегда позволяют восстановить нарушенную симметрию лица, т.к. существует проблема интраоперационной адаптации стандартного имплантата к области дефекта.

Новые перспективы в этом разделе реконструктивной хирургии открывают методы устранения костных дефектов челюстно-лицевой области с применением индивидуальных имплантатов. Для изменения контуров лицевого скелета на сегодняшний день на этапе предоперационного планирования активно используется методика стереолитографического моделирования, которая помогает вручную смоделировать форму, объем и положение индивидуального имплантата. Однако создание индивидуальных имплантатов таким методом не всегда дает возможность достичь предсказуемого эстетического результата, в силу накопления погрешности на этапах предоперационного планирования (Андреищев А.Р., 2015). Также разнообразие методов аддитивного производства позволяют подобрать материал имплантата для каждого отдельного клинического случая (van Noort R., 2012; Chrzan R., Urbanik A., 2012; Inokoshi M., Kanazawa M., 2012; Han S.W., Wang Z.Y., 2014).

На сегодняшний день существуют компьютерные программы для анализа данных компьютерной томографии (DICOM-файлов), позволяющих не только планировать хирургические вмешательства на костях черепа, но и моделировать индивидуальные имплантаты (Chae M. P., Rozen W. M., 2015; Мураев А.А., Дымников А.Б., 2013; Chae M.P., Hunter-Smith D.J., 2014 Chae M.P., Lin F., 2014;). Виртуальное проектирование индивидуальных имплантатов в таких программах основано на широком, но недостаточном, на наш взгляд, наборе стандартных функций.

### **Цель**

Разработка метода изготовления индивидуальных имплантатов на основе компьютерного моделирования для повышения эффективности хирургического лечения пациентов с врожденными и приобретенными дефектами и деформациями лицевого скелета.

### **Задачи исследования**

Разработать отечественное программное обеспечение для обработки данных компьютерной томографии, 3D планирования реконструкции костей лицевого скелета индивидуальными имплантатами с учётом анатомических особенностей пациента.

Сравнить метод компьютерного моделирования и метод ручного моделирования на стереолитографических моделях индивидуальных на костных имплантатов челюстно-лицевой области;

Создать алгоритм клинического использования разработанного нами программного обеспечения для создания индивидуальных имплантатов в зависимости от клинической ситуации.

Внедрить в клиническую практику и оценить эффективность разработанной методики компьютерного планирования и моделирования индивидуальных имплантатов.

## **Научная новизна**

Впервые разработано отечественное программное обеспечения «ViBonE» (Россия), позволяющее создавать виртуальные модели твердых тканей пациента на основе данных компьютерной томографии, выполнять виртуальное планирование реконструктивных операций на костях, моделировать прототипы индивидуальных имплантатов с последующим их изготовлением методами аддитивного производства.

Впервые проведено сравнение и дана оценка метода компьютерного моделирования с использованием программы «ViBonE» (Россия) и метода моделирования на стереолитографических моделях индивидуальных на костных имплантатов челюстно-лицевой области;

Впервые применены, виртуально смоделированные в компьютерной программе «ViBonE» (Россия) и напечатанные на 3D принтере, шаблоны для аутооттрансплантатов из гребня подвздошной кости при реконструкции альвеолярного отростка верхней челюсти.

## **Теоретическая и практическая значимость работы**

Разработан и внедрен алгоритм клинического использования отечественной компьютерной программа «ViBonE» (Россия) при устранении дефектов и деформаций челюстно-лицевой области индивидуальными имплантатами, позволяющий оптимизировать предоперационное планирование.

Разработан и внедрен метод компьютерного моделирования индивидуальных шаблонов аутооттрансплантатов для пластики альвеолярной части верхней и нижней челюстей, позволяющий точно рассчитать объем забора костной ткани из донорской области.

Проведенное исследование имеет важное медико-социальное значение, так как разработанное программное обеспечение «ViBonE» (Россия) является отечественным, что даёт возможность увеличить доступность метода пластики

индивидуальными на костными имплантатами, позволяет улучшить результаты хирургического лечения.

### **Положения, выносимые на защиту**

Программное обеспечение «ViBonE» (Россия) на основе данных компьютерной томографии позволяет осуществлять виртуальное планирование оперативного вмешательства и моделирование индивидуальных имплантатов с последующим их производством аддитивными методами для устранения дефектов лицевого скелета.

Методика виртуального моделирования индивидуальных имплантатов в компьютерной программы «ViBonE» (Россия) позволяет сократить время предоперационного планирования хирургического лечения пациентов с аномалиями развития, дефектами и деформациями челюстно-лицевой области.

### **Внедрение в практику**

Результаты исследования внедрены в практическую деятельность:

- отделения реконструктивно-пластической хирургии федерального государственного бюджетного учреждения «Приволжский федеральный медицинский исследовательский центр» Министерства здравоохранения Российской Федерации

- ООО «МИСТЕРИЯ-ЛЭНД (Лазерная стоматология)» г. Москва

Используются в педагогической деятельности кафедры челюстно-лицевой хирургии и имплантологии ФПКВ ФГБОУ ВО «НиЖГМА» Минздрава России.

### **Апробация работы**

Основные материалы диссертации доложены и обсуждены:

III Национальный конгресс «Пластическая хирургия» (г. Москва, **2013**)

XXXI Всероссийская научно-практическая конференция СТАР «Актуальные проблемы стоматологии», симпозиум «Направленная регенерация тканей при хирургических стоматологических вмешательствах» (г. Москва, **2014**)

37-й Московский международный стоматологический форум, научно-практическая конференция «Актуальные проблемы стоматологии», симпозиум «Современные методы лечения врожденных и приобретенных деформаций челюстей» (г. Москва, **2015**)

IV Национальный конгресс «Пластическая хирургия, эстетическая медицина и косметология» (г. Москва, **2015**)

Межрегиональная Поволжская Научно-Практическая Конференция «Инновационное Образование - Будущее Медицины» (г. Саранск, **2017**)

Апробация работы проведена на расширенном заседании проблемной комиссии по стоматологии и кафедры стоматологии ФПКВ ФГБОУ ВО «НижГМА» Минздрава России (г. Нижний Новгород, **20 декабря 2017**);

#### **Соответствие диссертации паспорту научной специальности**

Диссертация соответствует паспорту специальности 14.01.14 – стоматология, область исследования п.3. – Изучение проблем хирургической стоматологии с разработкой методов диагностики и лечения заболеваний челюстно-лицевой области.

#### **Публикации**

По материалам диссертации опубликовано 4 работы, из них 2 в рецензируемых журналах, рекомендуемых ВАК России.

Оформлено Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ «ViBonE» №2017663715 от 11 декабря 2017

Оформлено 2 рационализаторских предложения.

#### **Личный вклад автора**

Автор осуществил подробный анализ современной отечественной и зарубежной литературы по изучаемой проблеме, сформулировал техническое задание для создания компьютерной программы «ViBonE» (Россия). Под личным контролем автора проводилось написание программы «ViBonE» (Россия).

Автор выполнил отбор пациентов, которые были разделены на группы в зависимости от метода предоперационного планирования и способа хирургического лечения; проведено клиническое обследование и предоперационное планирование, ведение послеоперационного периода, проведение дентальной имплантации; осуществлено динамическое наблюдение пациентов в течение 6 – 12 месяцев после операции. На основании полученных результатов проведено сравнение метода моделирования индивидуальных имплантатов на стереолитографических моделях и с помощью компьютерной программы «ViBonE» (Россия) Выполнена оценка отдаленных результатов лечения с последующей статистической обработкой данных. Сформулированы и обоснованные выводы и разработаны практические рекомендации.

### **Объем и структура диссертации**

Диссертация состоит из введения, четырех глав, заключения, выводов, практических рекомендаций, списка литературы, содержащего 54 отечественных и 117 зарубежных источников. Текст диссертации изложен на 132 страницах, включает 68 рисунков, 12 таблиц.

## **СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ**

### **Материалы и методы исследования**

В исследование было включено 32 пациента с различными дефектами и деформациями челюстно-лицевой области, которым было проведено 33 операции с использованием индивидуальных имплантатов и трансплантатов.

Методы исследования включали в себя: клинические, рентгенологические и лабораторные.

### **Краниометрия**

По данным мультиспиральной компьютерной томографии в программе «ViBonE» (Россия) проводили трехмерные измерения черепа для определения симметрии его различных участков.

При восстановлении анатомических структур лба сравнение проводилось между точками: metopion (m), fronto-molare-orbitale (fmoR/fmoL), orbitale (orR/orL) (рис. 1).

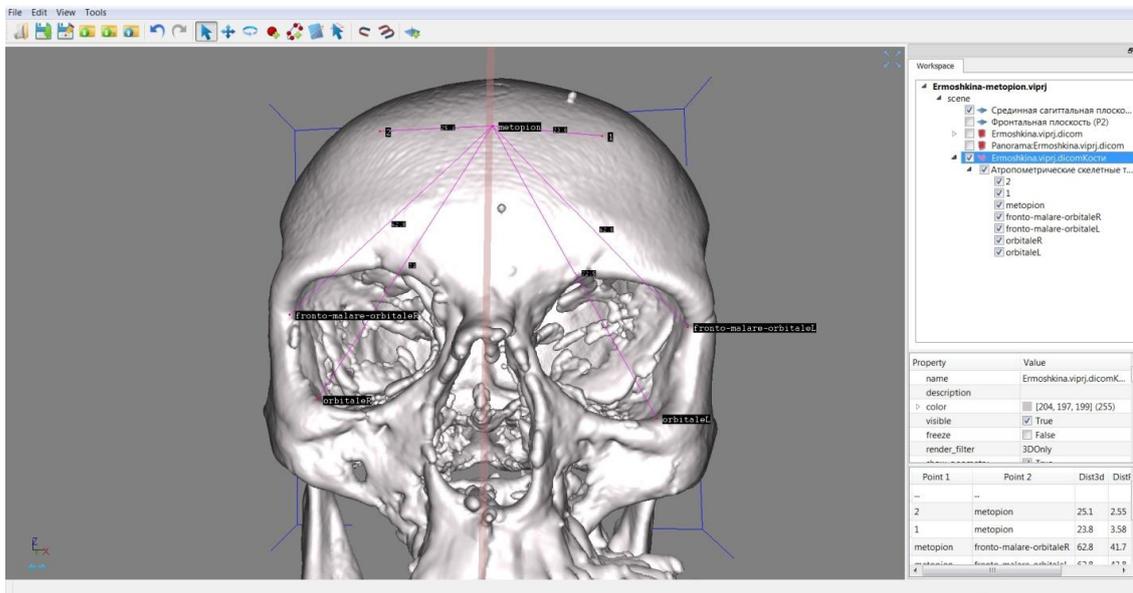


Рисунок 1 - Пример виртуальной краниометрии верхней трети лицевого скелета

При дефекте/ деформации в скуло-орбитальной области сравнение расстояния между точками: orbitale (orR/orL), nasion (n), fronto-molare-orbitale (fmoR/fmoL), nasospinale (ns), zygion (zyR/zyL) (рис. 2).

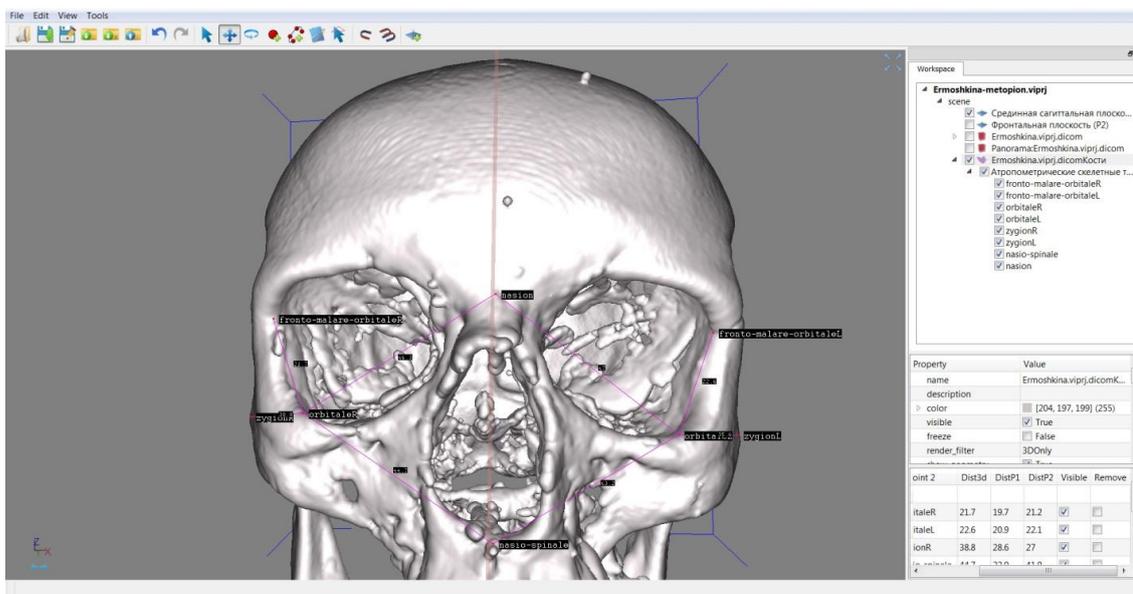


Рисунок 2 - Пример виртуальной краниометрии средней трети лицевого скелета

При реконструктивных операциях в области нижней челюсти сравнивалось расстояние между точками: intradentale (id), gnathion (gn), pogonion (pg), mentale (mlR/mlL), gonion (goR/goL) (рис. 3).

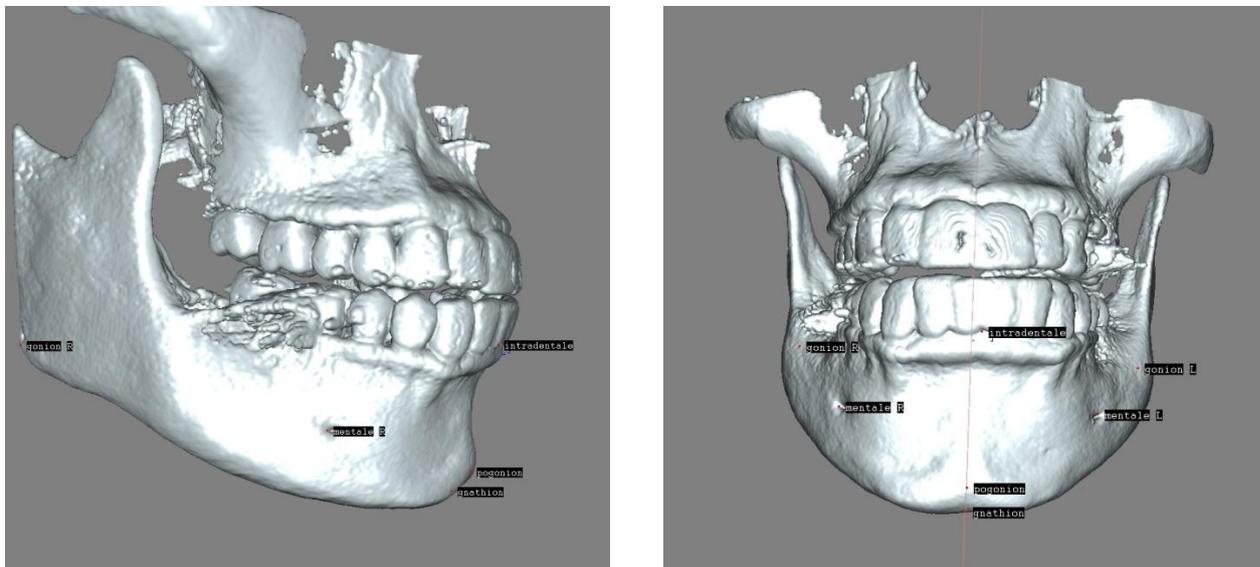


Рисунок 3 - Расположение точек при виртуальной краниометрии нижней трети лицевого скелета

Расстановка точек производилась в 3D режиме и корректировалась в ортогональных плоскостных срезах для более точного позиционирования.

#### **Устройства и материалы, применявшиеся при планировании операций**

Изначально планирование операций проводилось на стереолитографических моделях, полученных на основе данных компьютерной томографии. На стереолитографической модели черепа вручную моделировался прототип имплантата из светотверждаемого материала PRECI TRAY (рис. 4).

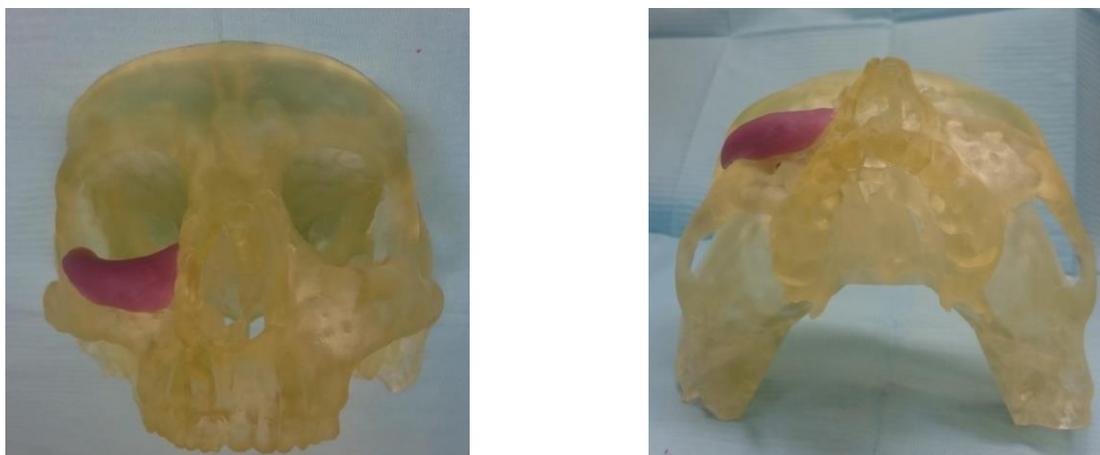


Рисунок 4 - Прототип имплантата из светотверждаемого материала

Прототип отправляли на производство АО «НАУЧНО-ПРОИЗВОДСТВЕННЫЙ КОМПЛЕКС «ЭКОФЛОН» (Российская Федерация, 191040, Санкт-Петербург, Коломенская ул., д. 4а).

Из АО НПК «ЭКОФЛОН» получали имплантат политетрафторэтилена (ПТФЭ).

Также имплантат моделировался виртуально в компьютерной программе «ViBonE» (Россия).

Прототип имплантата, сделанный вручную из светоотверждаемого материала PRECI TRAY, фиксировался на штативе и сканировался с использованием ZirkonZahn Scanner S 600 arti.

Полученный STL-файл импортировался в программу «Netfabb», где выполнялось сравнение прототипов: виртуального и сделанного вручную (рис. 5).

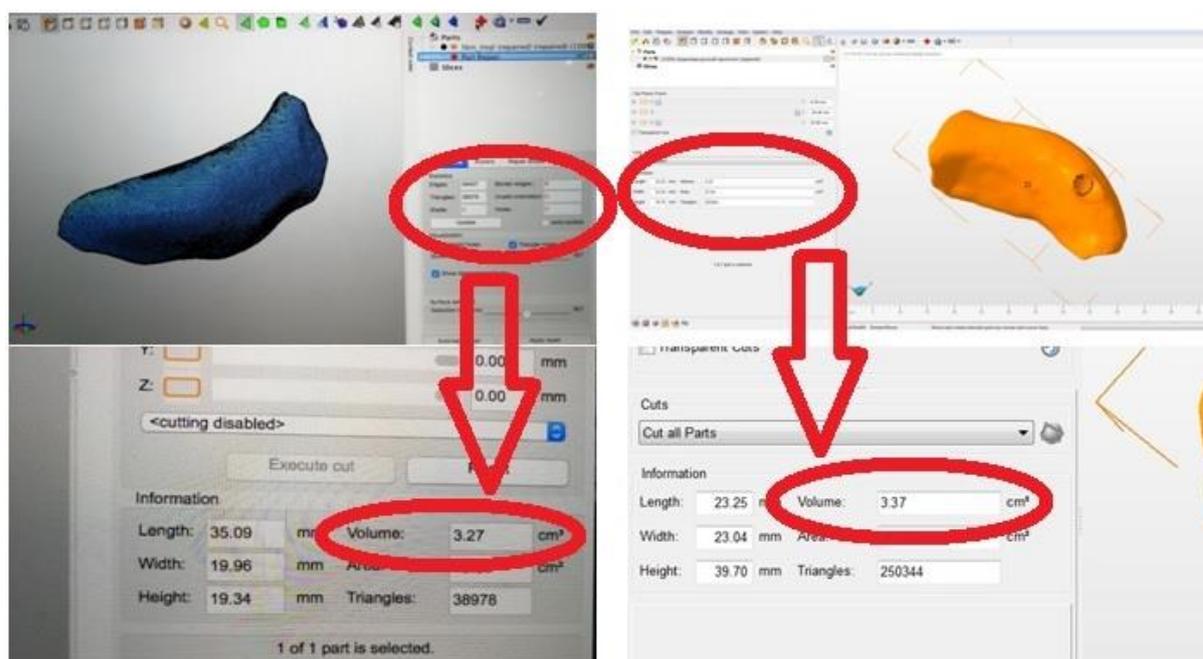


Рисунок 5 - Вычисление объемов прототипов в программе «NetFabb»

Для винирной пластики верхней/нижней челюсти аутотрансплантатом из гребня подвздошной кости моделирование прототипов и вычисление объема и линейных размеров костного аутотрансплантата также проводилось виртуально.

Костный аутотрансплантат из гребня подвздошной кости получали позади передней верхней ости. Получив из программы «NetFabb» данные о минимально-необходимом объеме костного аутотрансплантата, вычисляли его линейные размеры.

Прототипы аутотрансплантатов печатались на 3D принтере и использовались как ориентир во время моделирования трансплантатов из подвздошной кости во время операции (рис. 6).



Рисунок 6 - Внешний вид шаблона аутотрансплантата из гребня подвздошной кости, распечатанный на 3D-принтере

### **Критерии клинической оценки результатов контурной пластики индивидуальными имплантатами в челюстно-лицевой области.**

Учитывая тот факт, что у подавляющего большинства авторов оценка имплантации ограничивается общим эстетическим эффектом и характеристиками самого имплантата (его положение и объем), мы решили расширить эти критерии оценку результатов применения индивидуальных синтетических имплантатов. За основу взяты «критерии», предложенные в работе Брусовой Л.А. (1996). (Брусова Л.А., 1996, 1997; Лопухова И., 2003; Карпова Е.И., 2013). Критерии оценки результатов контурной пластики с использованием индивидуальных имплантатов указаны в (табл. 1).

Таблица 1 – Оценка результатов контурной пластики

<b>1. Общий эстетический эффект:</b>	
• Симметричность лица	
симметричное лицо	несимметричное лицо
• Контуры мягких тканей в области имплантации	
ровные	бугристые или с выраженным западением тканей
<b>2. Стабильность местоположения имплантата:</b>	
соответствует уровню его введения	смещен
<b>3. Состояние тканей в зоне имплантации:</b>	
• Стабильность объема мягких тканей	
сохранен	уменьшен
• Цвет кожных покровов	
не изменен	изменен
• Эластичность кожи относительно окружающих тканей	
не изменена	снижена
• Чувствительность окружающих тканей	
➤ Тактильная;	
не изменена	снижена
➤ Болевая;	
не изменена	снижена
➤ Температурная.	
не изменена	снижена
• Функция мышц	
нормальная	снижена

При положительной оценке всех показателей результат имплантации считается хорошим, при негативном изменении хоть одного показателя –

удовлетворительным. Неудовлетворительным считался результат в случае осложнения или сочетании более трех показателей с отрицательной оценкой.

### **Разработка методики индивидуализированного изготовления имплантата для устранения дефектов и деформаций лицевого скелета**

Планирование проводили в компьютерной программе «ViBonE» (Россия) (свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ «ViBonE» №2017663715 от 11 декабря 2017).

В дальнейшем виртуальный прототип является основой для изготовления имплантата, который используется непосредственно во время операции контурной пластики или для изготовления шаблона для моделирования аутооттрансплантат на хирургическом этапе костной пластики.

### **Сбор и перенос данных обследования пациента в компьютерную программу «ViBonE» (Россия)**

Основная задача предоперационного планирования - восстановление симметрии контуров лица пациента.

Для получения максимального эстетического результата, планирование проводилось на основе 3D-моделей лицевого скелета. Построение моделей костей проводили по данным мультиспиральной компьютерной томографии, представленным в DICOM формате.

DICOM (англ. Digital Imaging and Communications in Medicine) - это стандарт обработки, хранения, печати и передачи информации в системах медицинской визуализации. В файлах DICOM одновременно содержатся и непосредственно изображения и дополнительная информация о пациенте, которому это исследование проводилось. Каждый файл представляет из себя растровое изображение аксиального среза, шаг между срезами 0,5мм. В процессе компьютерной реформации срезы преобразуются в объемное тело (рис. 7).

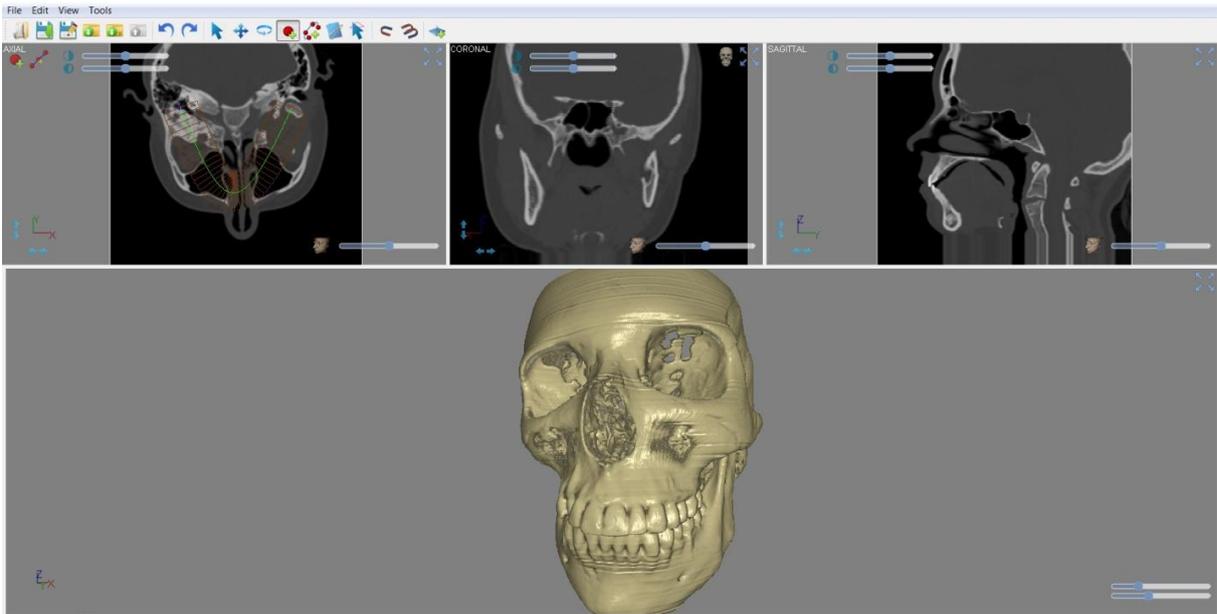


Рисунок 7 - Реформирование костных тканей по данным КТ

На этом заканчивается подготовительный этап. После чего проводится само планирование операции.

**Алгоритм моделирования индивидуального на костного имплантата в компьютерной программе «ViBonE» (Россия)**

Сначала дублируется 3D изображение черепа и зеркально отображается относительно центральной сагиттальной плоскости. Изображение здоровой (эталонной) стороны проецируется на противоположную деформированную сторону (рис. 8).

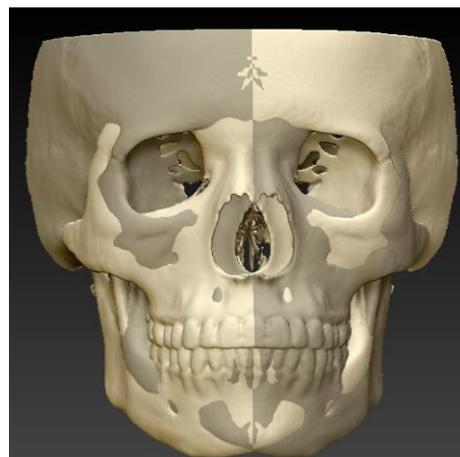


Рисунок 8 - Зеркальное отображение здоровой стороны

Контуры зеркальной проекции эталонной и деформированной сторон полностью совпадать не будут, так как даже у здоровых людей нет абсолютной

симметрии лица. Для устранения этого несоответствия, зеркально отражённая сторона перемещается таким образом, чтобы максимально совпали контуры костей носа и глазницы (рис. 9).



Рисунок 9 - Проецирование эталонной стороны на деформированную

На следующем этапе проводится булева операция вычитания, то есть из зеркального объекта, который имитирует восстановление контуров, вычитаются деформированные контуры поражённой стороны. В результате чего получается 3D объект, который представляет собой недостающий объём твердых тканей (рис. 10).

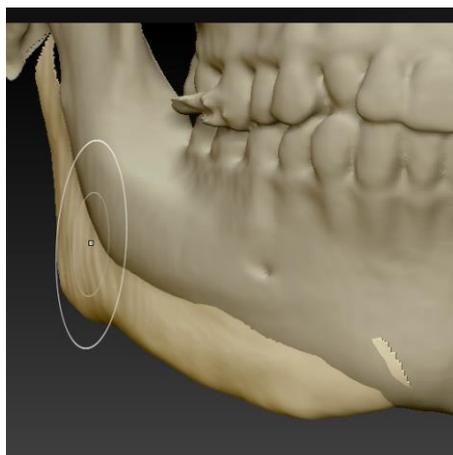


Рисунок 10 - Булевое вычитание

Края объекта адаптируются таким образом, чтобы не был заметен его контакт с окружающими тканями. В результате получаем виртуальную модель на костного имплантата (рис. 11).



Рисунок 11 - Адаптация имплантата к окружающим костным контурам

Если для восстановления дефекта или деформации не удастся определить эталонный участок черепа, как, например, при дефектах центральной части лба или подбородка, то интересующая область получается из библиотеки программы. С помощью этого инструмента закрывается дефект, интересующей нас области (рис. 12).

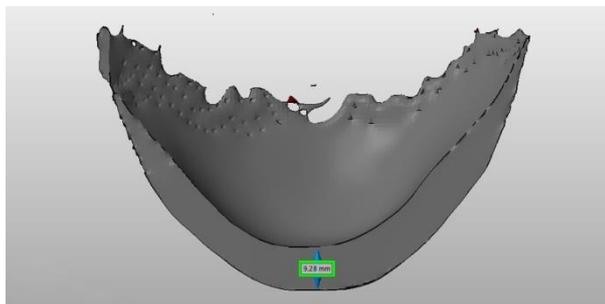


Рисунок 12 - Подбородочная область из библиотеки программы «ViBonE» (Россия)

При необходимости форма и толщина имплантата подвергается коррекции, адаптируются его края (рис. 13, 14).

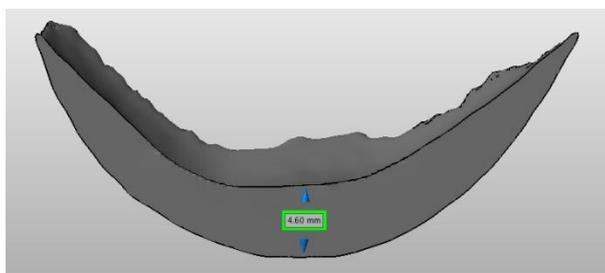


Рисунок 13 - Коррекция формы и толщины имплантата

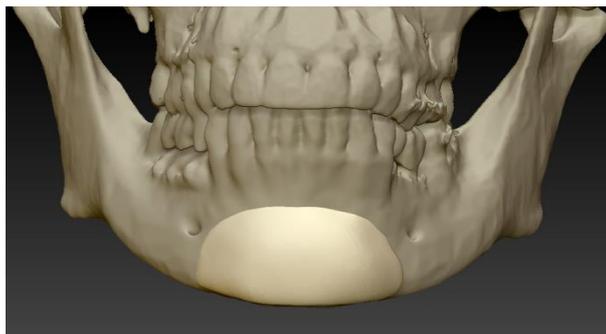


Рисунок 14 - Адаптация краев имплантата

В конце моделирования проводится булевая операция - из модели имплантата вычитается поверхность деформированной кости, в результате чего внутренняя поверхность имплантата полностью повторяет контуры кости, к которой она прилегает. Это обеспечивает точное позиционирование имплантата во время операции (рис. 15).



Рисунок 15 - Виртуальная модель на костного имплантата

Далее проводятся измерения толщины имплантата. Толщина имплантата должна быть на 20% меньше толщины мягких тканей, которые подлежат восстановлению (Андреищев А.Р. 2015).

Готовая модель на костного имплантата экспортируется в формате STL для дальнейшего изготовления самого имплантата. Аббревиатура STL

расшифровывается как STereoLithography (то есть, объемная литография). В дальнейшем STL-файл используется при аддитивном производстве.

### **Внедрение разработанной методики в клиническую практику**

В исследование было включено 32 пациента с различными дефектами и деформациями челюстно-лицевой области, которым было проведено 33 операции с использованием индивидуальных имплантатов и трансплантатов. Пациенты проходили обследование и лечение в период с 2012 по 2017 год на базах кафедры ЧЛХ и имплантологии ФПКВ ФГБОУ ВО «НижГМА» Минздрава России. Распределение пациентов по полу и возрасту представлено в (табл. 2).

Таблица 2 – Распределение пациентов по полу и возрасту

Возрастная группа	Мужчины	Женщины	Оба пола	
<20	0	2	2	6,06%
20-29	4	3	7	21,21%
30-39	4	6	10	30,30%
40-49	1	5	6	18,18%
50-59	1	6	7	21,21%
>60	0	1	1	3,03%
Всего	10	23	33	
	30,3%	69,7%		

Было проведено сравнение объемов прототипа имплантата, сделанного вручную на стереолитографической модели с аналогом, виртуально-смоделированным в программе «ViBonE» (Россия). Расхождение объемов составило в среднем 3,85%, что можно считать незначительным расхождением. Это показывает то, что виртуальное проектирование в компьютерной программе «ViBonE» (Россия) является точным методом.

В тех случаях, когда выполнялась пластика дефекта челюстно-лицевой области ауто трансплантатом из гребня подвздошной кости в компьютерной программе «ViBonE» (Россия) проводилось виртуальное моделирование прототипа ауто трансплантатов и рассчитывался объем необходимого костного ауто трансплантата. Что позволяло минимизировать травму донорского участка.

На 3D-принтере печатались шаблоны, по которым во время операции моделировались костные трансплантаты из гребня подвздошной кости, что существенно облегчало моделирование ауто трансплантата.

Предоперационное планирование, моделирование индивидуальных имплантатов и трансплантатов проводилось в компьютерной программе «ViBonE» (Россия).

У 10 человек моделирование проводилось методом «зеркального» наложения эталонного участка черепа на деформированный.

У 23 человек, в связи с отсутствием возможности выделить эталонный участок черепа, моделирование выполнялось по техническому заданию хирурга. Для виртуального моделирования использовались шаблоны из библиотеки компьютерной программы «ViBonE» (Россия).

Всем пациентам выполнено клиническое обследование в соответствии с критериями, указанными в таблице 1. Получены следующие результаты: у 26 человек – все показатели оценены положительно, у 7 человек результаты лечения оценены как удовлетворительные (рис. 16).

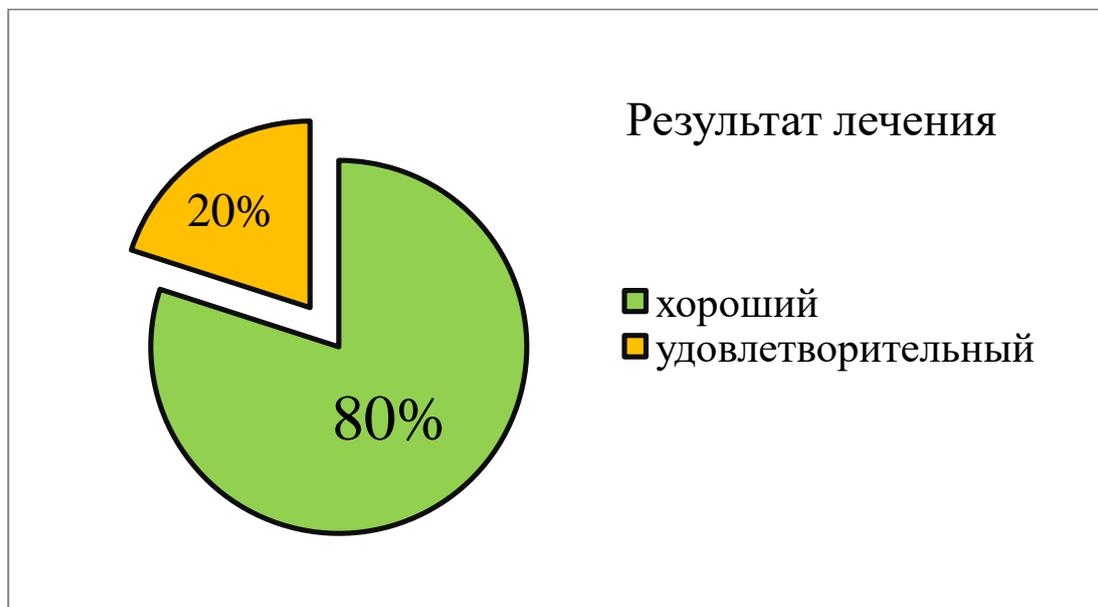


Рисунок 16 – Оценка результатов лечения

## ВЫВОДЫ

1. Разработано отечественное программное обеспечения «ViBonE» (Россия) для обработки данных компьютерной томографии и 3D планирования реконструкции лицевого скелета, дающее возможность моделировать индивидуальные имплантаты с учётом анатомических особенностей пациента (свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ «ViBonE» №2017663715 от 11 декабря 2017).

2. Размеры прототипа имплантата, полученного методом компьютерного моделирования в программе «ViBonE» (Россия), сопоставимы с размерами прототипа имплантата, полученного методом моделированием по стереолитографической модели. Разница объемов прототипов, полученных этими методами для одного и того же клинического случая, составила в среднем 3,85%.

3. Имплантат, смоделированный в программе «ViBonE» (Россия), имеет точные контуры прилегания к костному ложу и абсолютно симметричен эталонной стороне. Это возможно благодаря заложенным в программу «ViBonE» (Россия) функциям: 3D-реформирования данных компьютерной томографии, симметричного отражения и наложения эталонной части черепа на деформированную, возможности загружать объекты из базы данных, проводить булевы операции и измерения виртуальных объектов.

4. Метод моделирования индивидуальных имплантатов с использованием разработанного нами программного обеспечения «ViBonE» (Россия) сокращает время предоперационного планирования, исключая трудоёмкие и длительные этапы: изготовление стереолитографической модели черепа, изготовление прототипа имплантата, сканирование прототипа имплантата.

5. Разработан алгоритм клинического использования компьютерной программы «ViBonE» (Россия) при устранении деформаций лицевого скелета. Необходимо последовательное выполнение следующих действий: получение данных компьютерной томографии реконструируемой области, виртуальное моделирование индивидуального имплантата в программе «ViBonE» (Россия) на

основе данных компьютерной томографии, сохранение виртуального имплантата в файле STL-формата; изготовление стерильного имплантата на производстве, устранение дефекта с помощью имплантата в процессе операции.

6. Внедрение методики компьютерного планирования и моделирования индивидуальных имплантатов в программе «ViBonE» (Россия) при лечении пациентов с врожденными и приобретенными дефектами и деформациями костей лицевого скелета позволило достичь 80% хороших и 20% удовлетворительных эстетических результатов хирургического лечения.

### **ПРАКТИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ**

- Для оптимизации планирования хирургического лечения дефектов лицевого скелета с использованием индивидуальных имплантатов рекомендуем использовать компьютерную программу «ViBonE» (Россия).

- При наличии эталонного участка лицевого скелета планировании реконструкции дефекта челюстно-лицевой области в компьютерной программе «ViBonE» (Россия) - целесообразно выполнять виртуальное моделирование прототипа имплантата за счет «зеркального» отображения эталонной стороны.

- Если при планировании устранения дефект лицевого скелета невозможно выделить эталонный фрагмент черепа, необходимо использовать библиотеку шаблонов программы «ViBonE» (Россия) для виртуального моделирования индивидуального имплантата по техническому заданию хирурга.

- При моделировании имплантата важно проводить краниометрические измерения для оценки анатомического положения имплантата и симметрии его контуров относительно эталонной стороны, что предусмотрено функциями программы «ViBonE» (Россия).

- Если мягкие ткани реконструируемой области рубцово-изменены, нужно уменьшать объем внешней поверхности виртуального прототипа индивидуального имплантата на 20% для достижения лучших эстетических результатов контурной пластики.

## Список опубликованных работ

1. Мураев А.А., Дымников А.Б., Короткова Н.Л., **Кобец К.К.**, Иванов С.Ю. Оптимизация метода планирования пластических операций в челюстно-лицевой области // **Современные технологии медицины**. 2013. том 5, №3. С. 57-62.
2. Мураев А.А., Иванов С.Ю., Короткова Н.Л., Дымников А.Б., **Кобец К.К.** Компьютерное планирование и моделирование имплантатов для операций контурной пластики при врожденных и приобретенных скелетных деформациях лица // III Национальный конгресс «Пластическая хирургия». М: 11 - 13 декабря 2013. С. 78.
3. Иванов С.Ю., **Кобец К.К.**, Короткова Н.Л., Мураев А.А. Современные компьютерные технологии при лечении синдрома Гольденхара // IV Национальный конгресс «Пластическая хирургия, эстетическая медицина и косметология», Сборник тезисов. М: 3 - 5 декабря, 2015. С. 48.
4. Мураев А.А., Иванов С.Ю., Ивашкевич С.Г., Горшенев В.Н., **Кобец К.К.** Органотипичные костные имплантаты — перспектива развития современных остеопластических материалов // **Стоматология**. 2017. том 96, №3. С. 36-39.
5. **Свидетельство №2017663715** Российская Федерация. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ «ViVonE» / Иванов С.Ю., **Кобец К.К.**, Мураев А.А.; заявители и правообладатели Иванов С.Ю. (RU), **Кобец К.К.** (RU), Мураев А.А. (RU). – №2017660888; заявл. 20.10.2017; регистр. 11.12.2017, Реестр программ для ЭВМ.
6. Удостоверение на рационализаторское предложение №2641 от 22.09.2014. Признанное ФГБУ «ННИИТО» Минздрава России. Устройство для профилактики сужения носовых ходов после хирургических вмешательств в области дыхательных отверстий // Короткова Н.Л., **Кобец К.К.**
7. Удостоверение на рационализаторское предложение №2658 от 31.10.2017г. Признанное ФГБУ «ПФМИЦ» Минздрава России. Способ пластики дефекта черепа // Короткова Н.Л., **Кобец К.К.**