

На правах рукописи

Гусаров Артем Максимович

ОБОСНОВАНИЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ МЕТОДА ИНТРАОПЕРАЦИОННОЙ
НАВИГАЦИИ ПРИ УСТРАНЕНИИ ПРИОБРЕТЕННЫХ ДЕФЕКТОВ И
ДЕФОРМАЦИЙ В ЧЕЛЮСТНО-ЛИЦЕВОЙ ОБЛАСТИ

14.01.14 – Стоматология

АВТОРЕФЕРАТ

диссертации на соискание ученой степени

кандидата медицинских наук

Москва – 2020

Работа выполнена в ФГАОУ ВО «Российский университет дружбы народов»
Министерство образования и науки Российской Федерации

Научный руководитель:

член-корреспондент РАН
доктор медицинских наук, профессор

Иванов Сергей Юрьевич

Официальные оппоненты:

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

Сипкин Александр Михайлович – доктор медицинских наук, ГБУЗ МО «Московский областной научно-исследовательский клинический институт имени М.Ф. Владимирского», отделение челюстно-лицевой хирургии, руководитель отделения; факультет усовершенствования врачей, кафедра челюстно-лицевой хирургии и госпитальной хирургической стоматологии, заведующий кафедрой.

Ведущая организация: ФГБОУ ВО "Российский национальный исследовательский медицинский университет имени Н.И. Пирогова" Минздрава России.

Защита диссертации состоится «___» _____ 2020 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

Автореферат разослан «___» _____ 2019 года

Ученый секретарь диссертационного совета,
кандидат медицинских наук

Дикопова Наталья Жоржевна

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность исследования

Лечение пациентов с приобретенными дефектами и деформациями челюстно-лицевой области остаётся актуальной проблемой современной челюстно-лицевой реконструктивной хирургии. Большинство дорожно-транспортных происшествий, бытовых конфликтов, травм, полученных на производстве, спортивных травм, а также несвоевременное лечение, невозможность проведения качественного планирования, диагностики приводят к возникновению костных дефектов челюстно-лицевой области, требующих оперативного вмешательства. По данным различных авторов количество пациентов с травмами челюстно-лицевой области по отношению к общему количеству травм колеблется в пределах от 3,2% до 8% (Афанасьев В. В., 2010; Безруков В.М., 2010; Бернадский Ю.И., 2010; Еолчиян С.А., 2002; Михайлюков В.М., 2014; Hammer V., 1995; Maturo S., 2008). В свою очередь изолированные дефекты и деформации отдельных сегментов челюстно-лицевой области встречаются сравнительно редко, чаще челюстно-лицевые хирурги сталкиваются с сочетанными травмами (Бабкина Т.М., 2013; Вербо Е. В., 2015; Давыдов Д.В., 2014; Джамбаева, Н.И., 2016; Митрошенков П.Н., 2010; Alvi A., 2003; Thomas S., 2015). Наличие пневматизированных полостей, созданных костными структурами малой толщины, различные коэффициенты прочности наружной и внутренней кортикальных пластинок костей лицевого отдела черепа, сложная пространственно-геометрическая конфигурация лицевого скелета, направленная на амортизацию и погашение травматического воздействия на головной мозг являются особенностями строения лицевого скелета, которые в случае повреждения обуславливают возникновение сочетанных травм и костных дефектов (Давыдов Д.В., 2012; Ипполитов В.П., 2001; Куницкий В.С., 2010). Все вышеописанные особенности строения челюстно-лицевой области ставят перед челюстно-лицевым хирургом задачу тщательного предоперационного планирования реконструктивного этапа хирургического лечения и интраоперационного контроля правильности выполнения лечебной манипуляции (Аржанцев А.П., 2014; Епифанов С.А., 2010; Левченко О.В., 2011; Михайлюков В.М., 2014; Bell R.B., 2010; Markiewicz M.R., 2012).

Согласно протоколу хирургического лечения пациентов с приобретенными дефектами и деформациями челюстно-лицевой области в предоперационном периоде проводится диагностика при помощи современных дополнительных методов

обследования, таких как рентгеновская компьютерная томография с 3D-реконструкцией и лазерная стереолитография (Васильев А.Ю., 2011; Курусь А.А. 2014; Лежнев Д.А., 2008; Васильев А.Ю., 2010; Рабухина Н.А., 2010; Tsao K., 2014). Данные методы диагностики позволяют визуализировать объем и границы костных дефектов и деформаций, а так же их соотношение с анатомически важными образованиями челюстно-лицевой области, различной степени рентгеноконтрастности, позволяют выявить наличие и локализацию инородных тел, а так же костных фрагментов малых размеров (Серова Н.С., 2006; Сысолятин П. Г., 2010; Hopper R.A., 2010). Использование методики стереолитографического прототипирования черепа для планирования реконструктивного хирургического лечения позволяет наиболее точно и наглядно оценить характер и форму костного дефекта, а так же детально спланировать возможность и тактику устранения данного дефекта на этапе диагностики.

Тем не менее, использование данных методов не гарантирует восстановления исходной анатомической целостности во время проведения оперативного вмешательства, так как существуют погрешности как на этапах проведения диагностических процедур, так и во время операции. Для достижения прецизионной точности в хирургическом лечении пациентов с приобретенными дефектами и деформациями необходимо проведение интраоперационного контроля.

Основным преимуществом интраоперационных навигационных систем является высокая степень визуализации локализации анатомически значимых структур в реальном времени. При помощи данных систем врач имеет возможность контролировать соответствие позиционирования остеотомированных фрагментов, имплантатов и костных аутотрансплантатов по предварительной модели результата хирургического вмешательства. В свою очередь планирование операции и интраоперационный контроль ее выполнения приводят к снижению продолжительности самого вмешательства и снижают инвазивность, что впоследствии позитивно сказывается на сроках реабилитации пациента (Левченко О.В., 2011; Михайлюков В.М., 2014; Bianchi A., 2012; Hejazi N., 2006; Novelli G., 2014).

Исходя из этого, изучение возможностей и оценка эффективности использования интраоперационных навигационных систем при устранении приобретенных дефектов и деформаций челюстно-лицевой области остаётся актуальным. Внедрение данной методики и её оптимизация позволит предотвратить

возможные интраоперационные и послеоперационные осложнения, минимизировать травматичность хирургического вмешательства и сократить этапы медицинской реабилитации.

Цель исследования:

Обоснование использования интраоперационных навигационных систем для повышения эффективности хирургического лечения пациентов с приобретенными дефектами и деформациями челюстно-лицевой области.

Задачи исследования:

1. Разработать алгоритм трехмерного цефалометрического анализа с целью планирования и контроля выполнения реконструктивных оперативных вмешательств в челюстно-лицевой области.
2. Разработать программное обеспечение, позволяющее проводить трехмерный цефалометрический анализ, а также выявить корреляционные взаимоотношения показателей, основанные на применении анализа у пациентов без каких-либо деформации челюстно-лицевой области.
3. Провести комплексный анализ результатов лечения пациентов с приобретенными дефектами и деформациями челюстно-лицевой области проведенных по традиционной методике.
4. Оценить эффективность использования интраоперационных навигационных систем при лечении пациентов с приобретенными дефектами и деформациями челюстно-лицевой области на основании данных трехмерного цефалометрического анализа.
5. Разработать методические рекомендации по применению интраоперационной навигационной системы и трехмерного цефалометрического анализа при лечении пациентов с приобретенными дефектами и деформациями челюстно-лицевой области.

Научная новизна

1. Впервые разработано отечественное программное обеспечение, позволяющее осуществлять виртуальное планирование и в последующем - оценку результатов хирургического лечения, основанную на трёхмерном цефалометрическом анализе данных компьютерной томографии. На данное программное обеспечение получено свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ «3DCef» № 2018660910 от 29.09.2018.

2. Разработан новый методологический подход к виртуальному планированию реконструктивного лечения пациентов с приобретенными дефектами и деформациями челюстно-лицевой области с применением навигационных систем, использующих различные типы регистрации пациентов.

3. Впервые дана сравнительная оценка эффективности реконструктивного лечения приобретенных дефектов и деформаций челюстно-лицевой области с использованием интраоперационных навигационных систем и без их использования на основании разработанных критериев трехмерного цефалометрического анализа.

Теоретическая и практическая значимость работы:

Разработан метод трехмерного цефалометрического анализа, позволяющий оценить пространственные характеристики цефалометрических точек относительно друг друга и 3 референсных плоскостей.

Написано программное обеспечение для трехмерного цефалометрического анализа, позволяющее проводить любые настраиваемые для нужд оператора линейные измерения положения цефалометрических точек относительно ортогональных плоскостей в трехмерном пространстве на основании данных компьютерной томографии.

Выполнен трехмерный цефалометрический анализ пациентов без наличия каких-либо деформаций челюстно-лицевой области, в ходе которого были выявлены корреляционные закономерности в координатах цефалометрических точек относительно срединной сагиттальной плоскости.

На основании результатов трёхмерного цефалометрического анализа показана высокая эффективность применения навигационного оборудования в челюстно-лицевой хирургии.

Основные положения, выносимые на защиту:

1. Использование интраоперационных навигационных систем во время оперативного лечения позволяет добиться точного восстановления анатомической целостности нарушенных структур черепа, уменьшить время операции и сократить период послеоперационной реабилитации.

2. Планирование реконструктивных операций у пациентов с приобретенными дефектами и деформациями челюстно-лицевой области проводится на основании трехмерного цефалометрического анализа, который позволяет рассчитать перемещение костных фрагментов в правильное положение.

Степень достоверности и апробация результатов

Объективность и достоверность полученных результатов обеспечена достаточным объемом научного исследования (63 пациентов) и проанализированного материала; положительными исходами оперативных вмешательств, подтвержденными клиническими и рентгенологическими методами обследования пациентов, прошедших оперативное лечение. Статистическая обработка полученных в ходе исследования данных, продемонстрировала статистически значимую достоверность результатов.

Основные материалы диссертации доложены и обсуждены на:

- Международной научно-практической конференции по реконструктивной челюстно-лицевой хирургии и протезной реабилитации пациентов с заболеваниями и травмами челюстно-лицевой области «Челюстно-лицевая реабилитация» (Красногорск, 2016г.);
- VII Международной научной конференции SCIECE4HEALTH (Москва, 2016г.);
- V Всероссийской научно-практической конференции с международным участием «Врожденная и наследственная патология головы, лица и шеи у детей: актуальные вопросы комплексного лечения» (Москва, 2016г.);
- Межрегиональной научно-практической конференции с международным участием, посвященной 60-летию медицинского института Северо-восточного федерального университета имени М.К. Аммосова «Актуальные проблемы и перспективы развития стоматологии в условиях севера» (Якутск, 2017г.);
- VIII Научно-практической конференции молодых ученых «Современные научные достижения в стоматологии и челюстно-лицевой хирургии» (Москва, 2017г.);
- VI Междисциплинарном конгрессе по заболеваниям органов головы и шеи с международным участием (Москва, 2018г.).

Диссертация апробирована 30 мая 2019 г. (№ 0300-34-04/10) на заседании кафедры челюстно-лицевой хирургии и хирургической стоматологии ФГАОУ ВО «Российский Университет Дружбы Народов» Министерства образования и науки Российской Федерации; дополнительная апробация проведена 02 июля 2019 года (протокол №12) на заседании кафедры челюстно-лицевой хирургии и хирургической стоматологии ФГАОУ ВО «Первый Московский государственный медицинский университет имени И.М. Сеченова» Министерства здравоохранения Российской Федерации (Сеченовский университет).

Личный вклад автора

Автор провел анализ зарубежных и отечественных литературных источников по теме диссертационного исследования. Автором разработан дизайн проводимого исследования. Автор принимал участие в оперативных вмешательствах и послеоперационном ведении пациентов, находившихся в рамках данного исследования. Научные результаты, обобщенные в диссертационной работе, получены автором самостоятельно. Автором проведен анализ, в том числе и статистический, результатов всех исследований, включая лабораторные, клинические, рентгенологические и цефалометрические по разработанному в рамках данного диссертационного исследования алгоритму, на основании которого сделаны обоснованные и достоверные выводы. Автором были разработаны практические рекомендации.

Публикации

По теме диссертации опубликованы 11 научных работ, в том числе 5 – в изданиях, рекомендуемых ВАК Минобрнауки Российской Федерации, так же опубликована в официальном бюллетене Федеральной службы по интеллектуальной собственности и зарегистрирована программа для ЭВМ.

Соответствие диссертации паспорту научной специальности

Диссертационная работа соответствует формуле специальности 14.01.14 – Стоматология, охватывающей вопросы этиологии, патогенеза основных стоматологических заболеваний, разработки методов профилактики, диагностики и лечения, в частности в области изучения проблем хирургической стоматологии с разработкой методов диагностики и лечения заболеваний челюстно-лицевой области.

Объем и структура диссертации.

Диссертация изложена на 141 странице текста компьютерного набора, состоит из введения, обзора литературы, главы материалы и методы исследования, главы, посвященной описанию разработанного метода трехмерного цефалометрического анализа, главы с результатами собственных исследований, заключения, выводов, практических рекомендаций, списка литературы. Приведено описание 2 клинических случаев. Диссертация содержит 23 таблицы и иллюстрирована 51 рисунком. Библиографический список состоит из 125 научных публикаций, в том числе 67 отечественных и 58 зарубежных источников.

СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

В рамках настоящего исследования в период с 2014-2019 г.г. было проведено обследование и лечение 63 пациентов с различными приобретенными дефектами и деформациями челюстно-лицевой области, которые были разделены на 2 исследуемые группы.

У пациентов первой группы при планировании хирургического лечения и его проведении применяли 2 вида интраоперационных навигационных систем: использующих электромагнитный метод регистрации пациента (Medtronic Stealth Station S7, США) и оптический метод регистрации пациента (Brilab 18070 Kick, Германия). В соответствии с видом навигационной системы, пациенты были разделены на 2 подгруппы.

Вторая (контрольная) группа включала 17 пациентов. При их лечении навигационное оборудование не применялось.

Планирование и хирургическое лечение пациентов обеих групп проводили в отделении челюстно-лицевой хирургии ОАО РЖД ЦКБ №2 им. Н.А.Семашко в период с 2014 по 2016 гг. и на базе отделения челюстно-лицевой хирургии Университетской клинической больницы №4 ФГАОУ ВО «Первый Московский государственный медицинский университет имени И.М. Сеченова» Министерства здравоохранения Российской Федерации (Сеченовский университет) в период с 2017 по 2019 г.г.

В исследование были включены пациенты с повреждением верхней и средней третей лица.

В группу пациентов с повреждениями верхней трети лица были включены пациенты с изолированными дефектами и деформациями передней стенки лобной пазухи и пациенты с вовлечением в область дефекта верхнеглазничного края. Учитывая то, что пациентов с наличием дефекта задней стенки лобной пазухи, соответственно с наличием сообщения с передней черепной ямкой, необходимо оперировать в условиях нейрохирургического отделения, данная группа пациентов в исследование не включена.

На момент обследования, все пациенты добровольно подписывали информированное согласие на участие в исследовании, проведение фотодокументирования, анализа данных рентгенологического обследования и на

публикацию полученных результатов в печати. Данное исследование одобрено этическим комитетом ФГАОУ ВО «Российский Университет Дружбы Народов» Министерства образования и науки Российской Федерации.

Клиническое обследование

Обследование пациентов проводили по стандартизированному протоколу. При выяснении анамнеза заболевания отмечали: интенсивность и тип жалоб (болевые ощущения, функциональные нарушения, эстетический недостаток), обстоятельства и сроки с момента получения травмы, вид травмы, проводилось ли ранее и в каком объеме хирургическое лечение.

Так же оценивали общий статус пациента, наличие сопутствующих патологий, местный статус в зависимости от локализации повреждения (рельеф и структура кожных покровов, наличие западения мягких тканей, уровень положения глазных яблок, симметричность их движения, наличие и отсутствие ограничения подвижности глазных яблок, имеется ли ограничение открывания рта, наличие девиации нижней челюсти при открывании рта, состояние мягких и твердых тканей в полости рта).

Медицинское фото- и видеодокументирование

С целью анализа степени выраженности приобретенных дефектов и деформаций, планирования оперативного лечения и контроля результатов проведенной реконструкции всем пациентам в обязательном порядке проводилось фото- и видео-документирование.

В рамках нашей работы мы использовали цифровую фотокамеру CANON EOS 50D с возможностью видеосъемки, объектив Sigma. Фотографирование выполняли в режиме Manual, ISO 200, f 3.2, выдержка 1/100. Все пациенты были сфотографированы в равноценных условиях на белом фоне. Для возможности проведения корректного анализа фотографий, сделанных на до- и послеоперационных этапах фотографирование проводилось в одинаковых проекциях: фас, $\frac{3}{4}$ справа и слева, профиль справа и слева, носоподбородочная проекция. Голова пациента в момент фотосъемки находилась в естественном состоянии покоя, при этом стремились к тому, чтобы траго-орбитальная горизонтальная плоскость, была параллельна полу, а зрачковая и срединно-сагиттальная плоскости были взаимно перпендикулярны.

С целью контроля устранения функциональных нарушений пациентам проводилась видеосъемка движения глазных яблок и открывания рта до и после выполнения хирургического лечения.

Мультиспиральная компьютерная томография

Для планирования хирургического вмешательства и оценки результатов лечения всем пациентам проводилась мультиспиральная компьютерная томография (МСКТ) черепа в предоперационном периоде, раннем (3-7 дней) и позднем (6-12 месяцев) послеоперационных периодах. Томография выполнялась на аппарате Toshiba Aquilion Prime.

В связи с тем, что хирургическое вмешательство проводилось с использованием интраоперационной навигационной системы, МСКТ выполнялось по специальному протоколу, который включал в себя ряд необходимых условий: 1. исследование включало область носа и лба, верхней и нижней челюстей и выполнялось с закрытыми глазами; 2. проводилось с режимом визуализации мягких тканей; 3. шаг исследования в 0,5 мм, углом гентри 0°; 4. исключалось наличие посторонних предметов, таких как стол или подголовник; 5. исследование проводилось в положении пациента лежа на спине, начиная с каудального отдела, при использовании стандартной укладки для сканирования черепа.

Полученные данные предоперационной МСКТ позволяли анализировать размер, протяженность и локализацию костных дефектов и деформаций, и их соотношение относительно важных анатомических структур (верхнечелюстные и лобные синусы, полость носа, передняя и средняя черепные ямки, точки выхода пар тройничного нерва), наличие инородных тел и свободнолежащих костных фрагментов в зоне планируемого оперативного вмешательства, а так же позволяло оценить состояние мягкотканых структур, вовлеченных в зону поражения.

Данные МСКТ выполненные на до- и послеоперационном этапе так же использовались для проведения трехмерного цефалометрического анализа.

Интраоперационные навигационные системы

В рамках данного исследования нами были использованы 2 вида интраоперационных навигационных систем, использующих различные типы регистрации пациента: электромагнитный метод – Medtronic Stealth Station S7 (США) и оптический метод – Brailab 18070 Kick (Германия).

Использование интраоперационных навигационных систем преследовало несколько задач, среди которых: определять пространственные и линейные размеры костных дефектов, положение и взаимоотношение важных анатомических

образований, положение инструментария и реконструктивных имплантатов в ходе выполнения оперативного вмешательства.

Метод трехмерного цефалометрического анализа

Для изучения данных КТ нами, совместно с компанией «Цифровые технологии в хирургии», являющейся резидентом Сколково было разработано программное обеспечение 3DCef. Технические возможности данного программного обеспечения позволили нам осуществлять виртуальное планирование и оценку результатов хирургического лечения, основанную на методике трёхмерного цефалометрического анализа данных компьютерной томографии. На данное программное обеспечение получено свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ «3DCef» № 2018660910 от 29.09.2018 (рис. 1).



Рисунок 1. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ

Исходный код программы написан на языке C++. Функционал разработанной нами программы 3DCef основан на построении трёхмерных моделей лица и черепа пациента по серии DICOM файлов с последующей расстановкой на поверхности моделей цефалометрических точек, по которым проводятся измерения расстояний относительно ортогональных плоскостей.

При разработке методики цефалометрического анализа были решены следующие задачи: оценка точности компьютерных измерений, определение и построение плоскости симметрии и референсных плоскостей для цефалометрических

измерений, выбор цефалометрических точек, выявление средних отклонений между аналогичными измерениями для правой и левой сторон.

Оценку точности компьютерных измерений проводили следующим образом. У пациентов без врожденных и приобретённых деформаций челюстно-лицевой области на коже были фиксированы рентгеноконтрастные метки (металлические шарики диаметром 0,3 мм). Метки располагались в проекции точек: Gl (glabella), sn (subnasale), me (menton), крылья носа (Ala), скуловые кости (Zy).

Между указанными метками проводились реальные измерения штангенциркулем. Указанные параметры были выбраны, так как их легко повторить как на пациенте, так и на 3D-моделях лица, они легко воспроизводимы (Рис.2).

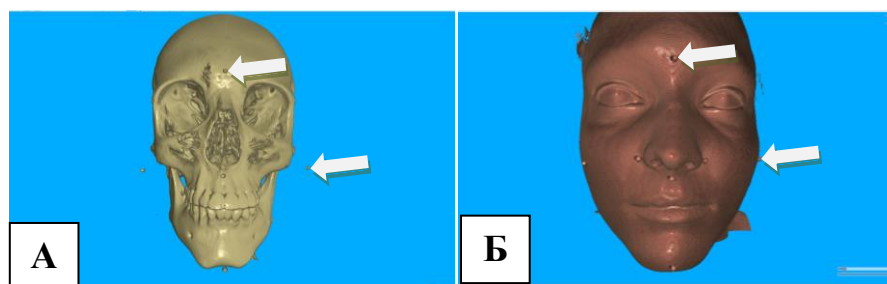


Рисунок 2. Интерфейс программы 3DCef. А – 3D-модель черепа с рентгеноконтрастными метками (указаны стрелками); Б – 3D-модель черепа с реконструкцией мягких тканей и рентгеноконтрастными метками (указаны стрелками).

Далее выполнялось МСКТ, в программе 3DCef строились 3D-модели лица и по ним проводились измерения расстояний между рентгеноконтрастными метками.

Полученные данные подвергались статистической обработке. Всего по описанной методике были обработаны цефалометрические данные 15 человек. Результаты проводимого анализа представлены в таблице 1.

Таблица 1. Минимальные, максимальные и средние значения разницы линейных параметров при проведении реальных и компьютерных измерений положения цефалометрических точек

Параметры измерения	Минимальные и максимальные значения компьютерных измерений, мм.	Минимальные и максимальные значения реальных измерений, мм.	Средние значения разницы между реальными и компьютерными измерениями, мм.
Gl-sn	6,2-7,2	6,2-7,1	0,11±0,03
Gl-me	10,8-11,4	10,9-11,4	0,13±0,04
sn-me	4,2-5,5	4,3-5,4	0,13±0,02
AlaR-AlaL	3,3-4,0	3,2-4,1	0,12±0,05
ZyR-ZyL	10,3-11,3	10,3-11,0	0,15±0,06
AlaR-me	5,9-6,6	6,0-6,5	0,14±0,03
AlaL-me	5,9-6,4	5,9-6,5	0,13±0,03
AlaR-Gl	5,4-5,9	5,3-5,9	0,13±0,02
AlaL-Gl	5,4-6,0	5,5-6,1	0,12±0,03

Расхождение данных компьютерных и реальных измерений составило $0,15 \pm 0,06$ мм, что свидетельствует о высокой точности проводимых расчетов.

С целью доказательства воспроизводимости результатов измерений, то есть исключения значительной разницы показателей, при выполнении измерений в различных условиях, в различные временные промежутки и на различном оборудовании, все цефалометрические анализы проводились диссертантом и научным руководителем на различных персональных компьютерах. Полученные данные подвергались статистической обработке, для исключения ошибки оператора, связанной с личностным – субъективным фактором оценки поставленной задачи.

Для сравнения точности измерений различными операторами определяли коэффициент корреляции Pearson. Коэффициент корреляции Pearson между измерениями, проведенными двумя исследователями составил $r = 0.9246$ с $p\text{-value} = 1.745e-20$, т.е. имел положительное значение r близкое к 1.0, что говорит о точности измерений.

Полученные значения свидетельствуют о точности программных измерений и о возможности их проведения одним оператором, без искажения результатов.

Далее был разработан алгоритм трёхмерного цефалометрического анализа. На первом этапе данные компьютерной томографии в виде серии DICOM файлов импортируются в программу 3DCef. На основании серии аксиальных срезов

программное обеспечение производит их реформирование в виртуальную трехмерную модель черепа с учетом различной плотности костных и мягкотканых структур. На этапе построения виртуальной 3D-модели черепа оператор имеет возможность корректировать уровень визуализации структур, в зависимости от рентгенологической плотности, что в свою очередь позволяет оценивать положение и взаимоотношения костей черепа и мягких тканей.

В качестве основной плоскости симметрии, относительно которой проводились сравнительные расчёты между правой и левой сторонами, была выбрана срединная сагиттальная плоскость (ССП). Для построения данной плоскости использовались цефалометрические точки: Se (Sella), точка A и точка Na (Nasion). Точка Se (Sella) – точка на середине входа в турецкое седло, точка A – наиболее глубокая точка профиля передней стенки альвеолярного отростка верхней челюсти, точка Na (Nasion) – наиболее передняя точка носолобного шва. Также в случае если в результате травмы происходила деформация костей носа, то вместо Na использовалась точка Gl (Glabella) – наиболее выступающая вперед точка на носовом отростке лобной кости. Замена этих точек могла повлиять на абсолютные значения измерений, но не влияла на отклонения между значениями правой и левой сторон. Так как СПП проходит по центру черепа в переднезаднем направлении и делит его на правую и левую половины, то относительно этой плоскости оценивали восстановление симметрии черепа.

Аналогичным образом через точку Na (или Gl) строились 2 дополнительные референсные плоскости: верхняя лицевая плоскость (ВЛП) – горизонтальная плоскость, перпендикулярная СПП, и передняя лицевая плоскость (ПЛП) – вертикальная плоскость, которая также перпендикулярна СПП. Таким образом, получалась система 3-х взаимно перпендикулярных плоскостей, которые в любом исследовании ориентировались одинаковым способом.

Относительно ВЛП оценивалось положение точек правой и левой сторон по высоте, относительно ПЛП - положение точек правой и левой сторон в переднезаднем направлении.

В качестве реперных точек были выбраны следующие парные точки: JR и JL (Jugularis, основание скулоальвеолярного гребня), ZyR и ZyL (Zygion, наиболее выступающая точка скуловой кости), OrR и OrL (Orbitale, середина нижнеглазничного края), OrLateralR и OrLateralL (середина латерального, наружного края глазницы), OrSuperiorR и OrSuperiorL (середина верхнего края глазницы). Программное

обеспечение позволяет устанавливать любые точки, необходимые для той или иной задачи. Для увеличения точности установки данных точек, использовались плоскостные мультипланарные реконструкции, позволяющие визуализировать положение точек на каждом срезе в 3-х плоскостях.

После расстановки указанных точек программное обеспечение производило расчет высоты опущенного перпендикуляра от каждой цефалометрической точки до 3х плоскостей.

Для корреляции значений, был проведен анализ данных 40 компьютерных томограмм пациентов без каких-либо костных патологий различного возраста, половой и расовой принадлежности.

С целью стандартизации измерений и выявления допустимых погрешностей, на основании 40 компьютерных томограмм пациентов не имеющих повреждений черепа выявили отличия в пространственном положении точек правой и левой сторон относительно трёх плоскостей: ССП, ВЛП и ПЛП. В результате, для каждой реперной точки правой и левой сторон мы получали значение в мм – расстояние до ССП, ВЛП и ПЛП. После этого рассчитывали среднюю разницу для каждого расстояния между правой и левой сторонами у всех 40 пациентов.

Проводился расчет разницы между длиной перпендикуляра, опущенного от каждой пары цефалометрических точек правой и левой сторон на ССП, у каждого пациента. Затем, аналогичные результаты всех пациентов суммировались и вычислялось отношение данной суммы разниц положения конкретной точки к общему количеству измерений. Таким образом была получена усредненная разница для каждой координаты точки правой и левой сторон.

Процесс расчета представлен формулой, в которой X – усредненная разница координат цефалометрических точек, L_{nR} – линейное расстояние от цефалометрической точки правой стороны до ССП, L_{nL} – линейное расстояние от цефалометрической точки левой стороны до ССП, n – количество измерений.

$$X = \frac{|(L_{1R} - L_{1L})| + |(L_{2R} - L_{2L})| + \dots + |(L_{nR} - L_{nL})|}{n}$$

Аналогичным образом был проведен анализ разницы положения антропометрических точек относительно ВЛП и ПЛП справа и слева соответственно. В указанной выше формуле с этой целью L_{nR} и L_{nL} в свою очередь обозначали

линейное расстояние от цефалометрической точки правой и левой стороны до ВЛП или ПЛП. Результаты проведенных измерений представлены в таблице 2.

Таблица 2. Усредненная разница расстояний цефалометрических точек до референсных плоскостей в норме.

Параметры измерения (Расстояние)	Минимальные и максимальные значения, мм.	Средние значения, мм.
J - ВЛП	0,03-1,56	1,89±0,72
J - ССП	0,22-4,11	2,86±0,64
J - ПЛП	0,05-2,35	1,15±0,95
Zy - ВЛП	0,88-4,04	2,8±0,73
Zy - ССП	0,09-3,46	1,87±1,02
Zy - ПЛП	0,26-5,10	2,59±0,48
Or - ВЛП	0,16-1,88	1,05±0,73
Or - ССП	0,19-3,01	1,68±1,2
Or - ПЛП	0,75-2,55	1,49±0,82
OrLateralis - ВЛП	0,07-1,40	0,93±0,31
OrLateralis - ССП	0,04-3,15	1,92±0,99
OrLateralis - ПЛП	0,44-3,60	2,21±0,72
OrSuperior - ВЛП	0,12-1,58	1,07±0,34
OrSuperior - ССП	0,10-3,14	2,02±0,88
OrSuperior - ПЛП	0,72-3,05	2,01±0,78

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

В рамках данного исследования был проведен анализ реконструктивного лечения 46 пациентов, у которых в ходе операции были использованы навигационные системы различных типов и 17 пациентов контрольной группы исследования, оперативное лечение которых выполнялось по традиционной методике.

По типу применяемой навигационной системы пациенты основной группы были разделены на подгруппы А и В соответственно, следующим образом: подгруппа А (навигационная система, использующая электромагнитный тип регистрации) – 25 пациентов, и подгруппа В (навигационная система, использующая оптический тип регистрации) – 21 пациент.

При анализе гендерного состава пациентов основной и контрольной групп исследования было выявлено, что при данном типе нозологии преобладают мужчины (в среднем в 73% случаев).

Наиболее часто (56%-76,5%) приобретенные дефекты и деформации челюстно-лицевой области возникают у пациентов трудоспособного возраста (18-35 лет), причем данная динамика прослеживается во всех группах исследования. Возникновение

приобретенных дефектов и деформаций наиболее часто связано с дорожно-транспортными происшествиями (47%-52,4%), что не противоречит различным литературным данным. Большинство пациентов госпитализировано в сроки 6-12 месяцев (38,1%-52,9%) после получения травмы, таким образом, обследуемые на момент обращения имели стойкие клинические, функциональные и рентгенологические признаки посттравматических дефектов и деформаций челюстно-лицевой области. Следует отметить тот факт, что у всех пациентов основных групп и контрольной группы сравнения клинические признаки течения заболевания (диплопия, затруднение движения глазных яблок, затруднение открывания рта, парестезии различной локализации, эстетические недостатки) были устранены в полном объеме. Сроки реабилитации в целом схожи во всех группах исследования, однако стоит отметить тот факт, что самый высокий показатель (29,4%) среди пациентов у которых период реабилитации составил 12 месяцев представлен в контрольной группе, то есть в группе, в которой не использовались навигационные системы. Это можно обосновать тем, что длительность оперативного вмешательства без использования навигационной системы напрямую зависит от времени, затраченного на правильное позиционирование остеотомированных структур и реконструктивных имплантатов. В свою очередь увеличение продолжительности операции может пролонгировать процесс реабилитации пациентов.

Основываясь на сравнительном анализе пациентов основной и контрольной групп по таким показателям как: возраст и половая принадлежность пациентов, этиология и характер травмы, локализация повреждения, сроки обращаемости за медицинской помощью после получения травмы, можно сделать вывод, что данные группы однородны и допустимо проведение статистического анализа и выведения корреляционных отношений.

С целью проведения статистической обработки ко всем пациентам основной и контрольной групп исследования нами была применена методика цефалометрического анализа.

На основании полученных данных для основной группы А и В подгрупп, а также контрольной группы было проведено вычисление средней разницы линейных параметров положения цефалометрических точек относительно 3х плоскостей на до- и послеоперационном этапе для правой и левой стороны соответственно по указанной выше формуле (Таб.3 и таб. 4).

Таблица 3. Усредненные показатели линейных параметров между правой и левой сторонами в основных и контрольной группах на до операции.

Линейные параметры	Основная группа		Контрольная группа, мм.
	Подгруппа А, мм.	Подгруппа В, мм.	
J - ВЛП	2,73±0,92	2,12±0,69	2,86±0,53
J - ССП	4,226±1,83	3,76±1,86	3,55±2,004
J - ПЛП	3,53±1,48	3,77±1,48	4,13±1,49
Zy - ВЛП	4,33±1,25	4,301±1,83	5,12±1,91
Zy - ССП	5,42±2,02	5,39±1,98	4,99±1,41
Zy - ПЛП	3,89±2,11	3,67±1,93	3,79±2,04
Or - ВЛП	4,29±1,22	4,17±1,28	4,26±0,98
Or - ССП	3,64±1,39	2,97±1,691	3,23±1,47
Or - ПЛП	4,97±1,27	5,02±1,13	5,1±0,92
OrL - ВЛП	3,78±0,99	3,64±1,06	3,87±1,02
OrL - ССП	4,89±1,1	4,76±1,21	5,04±0,96
OrL - ПЛП	3,91±1,56	4,14±0,83	3,42±1,13
OrS - ВЛП	3,18±1,4	3,24±0,97	3,23±1,21
OrS - ССП	3,32±1,23	4,021±0,88	4,1±0,52
OrS- ПЛП	2,94±1,63	3,14±1,2	3,07±1,43

Таблица 4. Усредненные показатели разницы линейных параметров между правой и левой сторонами в основных и контрольной группах на послеоперационном этапе.

Линейные параметры	Основная группа		Контрольная группа, мм.
	Подгруппа А, мм.	Подгруппа В, мм.	
J - ВЛП	0,91±0,58	0,83±0,52	1,96±0,38
J - ССП	1,21±0,55	1,15±0,63	2,15±1,13
J - ПЛП	1,03±0,72	0,97±0,77	1,427±0,86
Zy - ВЛП	1,62±0,66	1,41±0,53	2,62±0,69
Zy - ССП	1,78±1,23	1,59±1,07	2,17±1,25
Zy - ПЛП	2,47±0,81	1,93±0,821	3,37±0,83
Or - ВЛП	1,01±0,37	1,02±0,39	1,26±0,26
Or - ССП	1,44±0,69	1,24±0,71	1,58±0,62
Or - ПЛП	1,07±0,68	0,89±0,72	1,44±0,83
OrL - ВЛП	0,89±0,54	0,85±0,58	0,94±0,78
OrL - ССП	1,69±0,51	1,62±0,37	2,83±0,926
OrL - ПЛП	1,27±0,28	1,31±0,33	1,81±0,72
OrS - ВЛП	1,09±0,63	1,002±0,55	1,59±0,56
OrS - ССП	1,59±0,579	1,338±0,4	1,74±0,66
OrS- ПЛП	1,55±0,72	1,61±0,49	1,88±0,745

Данные сравнительного анализа полученных значений показывают, что статистически достоверной разницы в восстановлении симметрии при использовании навигационных систем с различными типами регистрации пациентов и без их

использования нет. Однако следует отметить тот факт, что при использовании навигационных станций разница показателей пространственных характеристик ЦТ правой и левой сторон не превышает 3,28 мм, а в случае проведения реконструктивного лечения без использования интраоперационных навигационных систем максимальная разница данных показателей у некоторых ЦТ достигает 4,2 мм. Это, в свою очередь, не является показателем некачественного планирования или неправильного выполнения хирургического лечения, в случае отсутствия каких-либо клинических проявлений. Так как при проведении сравнительного цефалометрического анализа пациентов без наличия костных дефектов и деформаций черепа нами было выявлено, что разница пространственных характеристик ЦТ до 3,5мм может являться свидетельством изначальной несимметричности строения костей лицевого скелета. Следует учитывать, что при планировании оперативного лечения в программном обеспечении навигационной станции построение плоскости реконструкции идет на основании контуров «неповрежденной» стороны. Иными словами при «зеркальном отображении» «неповрежденной стороны» на «поврежденную» относительно ССП происходит изменение пространственных характеристик ЦТ и приближению их координат к «идеальной» симметрии. В свою очередь, при выполнении хирургического вмешательства по традиционной методике присутствует определенный элемент субъективизма, обусловленный собственным видением оперирующего хирурга. Это подтверждает и тот факт, что в основной группе А подгруппе, где использовалась навигационная система, в программном функционале которой не было возможности аппаратного проведения «зеркального» отображения и плоскость реконструкции необходимо было выстраивать вручную, ориентируясь на плоскостные срезы «неповрежденной стороны», показатели разницы выше по сравнению с В подгруппой. В частности, наибольший показатель разницы был выявлен у точки Zu относительно ПЛП в подгруппе А он составил - 3,28 мм, в подгруппе В – 2,751 мм, а в контрольной группе – 4,2 мм.

ВЫВОДЫ

1. Разработан программный алгоритм трехмерного цефалометрического анализа, который проводится на компьютерной трехмерной модели черепа пациента, реформированной по данным рентгеновской компьютерной томографии и связанной

координатами с мультипланарной реконструкцией. Позиционирование цефалометрических точек имеет точность $2,0 \pm 0,15$ мм.

2. Разработано отечественное программное обеспечение «3DCef» для обработки данных компьютерной томографии и проведения трехмерного цефалометрического анализа костей черепа, дающее возможность проводить расчеты любых настраиваемых цефалометрических параметров: векторные расстояния между цефалометрическими точками, проекционные расстояния между точками на референсных плоскостях (свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ «3DCef» № 2018660910 от 29.09.2018).

3. На основе проведенного трёхмерного цефалометрического анализа у здоровых людей, не имеющих дефектов и деформаций челюстно-лицевой области, выявлено, что асимметрия правой и левой сторон может достигать $2,8 \pm 0,73$ мм, что в свою очередь обусловлено исходным асимметричным строением костей черепа. Полученные данные позволили установить границы допустимых значений при планировании оперативного лечения пациентов с приобретенными дефектами и деформациями черепа.

4. Разработанный трёхмерный цефалометрический анализ позволил оценить результаты лечения больных с приобретенными дефектами и деформациями, в частности, при проведении реконструктивных операций с использованием интраоперационных навигационных систем удаётся достичь симметрии правой и левой сторон с высокой точностью (максимальные показатели расхождения - $2,47 \pm 0,81$ мм). Данный показатель не превышает показатели у здоровых людей. Однако аналогичные измерения у пациентов, реконструктивное лечение которых проводили без использования навигационных систем, выявили различия правой и левой сторон в $3,37 \pm 0,83$ мм, что превышает нормативные границы. Полученные данные свидетельствуют о влиянии человеческого фактора (квалификации хирурга) на точность проведения вмешательства при отсутствии контроля интраоперационной навигационной системы.

5. Анализ результатов оперативного лечения пациентов без и с применением навигационных систем показал, что клинические проявления заболевания устранены в полном объеме во всех случаях. Однако сроки полной реабилитации пациентов в первом случае в 64,7% занимали от 6 до 12 месяцев, в то

время как аналогичный период реабилитации при использовании навигационных систем составил 47,6-52%.

6. Данные сравнительного анализа полученных значений показывают, что статистически достоверной разницы в восстановлении симметрии при использовании навигационных систем с различными типами регистрации пациентов нет. Однако, при использовании навигационных станций разница показателей пространственных характеристик цефалометрических точек правой и левой сторон не превышает $2,47 \pm 0,81$ мм. Это обусловлено, в том числе и тем, что планирование зоны реконструкции в навигационной станции, использующей оптический тип регистрации, основывается на «зеркальном отображении» костных ориентиров «неповрежденной» стороны на «поврежденную» при односторонних повреждениях, приводящую к замене пространственных характеристик цефалометрических точек с приближением их показателей к «идеальной» симметрии. В свою очередь, программное обеспечение электромагнитной навигационной станции использует ручное построение плоскости реконструкции, а значит, существует фактор субъективного восприятия. Это подтверждается тем, что в группе пациентов, где использовалась навигационная система, в программном функционале которой не было возможности аппаратного построения зоны реконструкции показатели разницы пространственных параметров некоторых цефалометрических точек выше на 0,5мм.

ПРАКТИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ

1. При лечении больных с посттравматическими деформациями черепа рекомендуется выполнение следующего алгоритма: проведение мультиспиральной компьютерной томографии черепа, получение данных компьютерной томографии в виде серии DICOM файлов, построение в программе «3DCef» виртуальной модели черепа, выполнение трехмерного цефалометрического анализа, выявление степени нарушения анатомических структур в мм относительно 3-х перпендикулярных плоскостей: срединной сагитальной, передней и верхней лицевой. Полученные значения в мм использовать при виртуальном планировании зоны реконструкции в рабочей станции навигационной системы по данным той же компьютерной томографии. Проведение самой реконструктивной операции по устранению посттравматической деформации необходимо проводить на основе проекта виртуального планирования, который позволяет контролировать перемещение

остеотомированных фрагментов (и/или позиционирование имплантатов) и оценивать точность их финального позиционирования.

2. Рекомендовано применять трёхмерный цефалометрический анализ, реализованный в программе «3DCef», для контроля точности проведённой операции и оценки стабильности результатов лечения через 1 год после операции.

СПИСОК НАУЧНЫХ ТРУДОВ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ

1. Иванов С.Ю., Митрошенков П.Н., **Гусаров А.М.**, Быковская Т.В. Интраоперационное применение навигационной системы «Stealth Station S7» в реконструктивной хирургии верхней и средней зон лицевого скелета // Сборник тезисов VII Международной Научно-практической Конференции по реконструктивной челюстно-лицевой хирургии и протезной реабилитации пациентов с заболеваниями и травмами челюстно-лицевой области «Челюстно-лицевая реабилитация». Красногорск. 2016 – С.38-40.

2. **Гусаров А.М.**, Митрошенков П.П., Иванов С.Ю. Сравнительная характеристика интраоперационных навигационных систем, применяемых при устранении приобретенных дефектов и деформаций челюстно-лицевой области // Материалы VII Международной Научной конференции SCIECE4HEALTH. Москва. 2016 – С.124.

3. Митрошенков П.П., **Гусаров А.М.**, Иванов С.Ю. Применение компьютерной навигационной системы «Brainlab» в ортогнатической хирургии. // Материалы VII Международной Научной конференции SCIECE4HEALTH. Москва. 2016 – С.126-127.

4. Митрошенков П.Н., Иванов С.Ю., Токарев П.В., Митрошенков П.П., **Гусаров А.М.** Комбинированное лечение гемифациальной микросомии // Материалы V Всероссийской научно-практической конференции с международным участием «Врожденная и наследственная патология головы, лица и шеи у детей: актуальные вопросы комплексного лечения». Москва. 2016 – С.210-212.

5. **Гусаров А.М.** Применение навигационных систем при устранении посттравматических дефектов и деформаций // **Стоматология**, 2017;96(3)– С. 69-70

6. Митрошенков П.Н., Митрошенков П.П., **Гусаров А.М.** Виртуальное планирование оперативных вмешательств и интраоперационная навигация при устранении ассиметричных деформаций лицевого скелета. // Сборник статей

Межрегиональной научно-практической конференции с международным участием, посвященной 60-летию медицинского института Северо-восточного федерального университета имени М.К. Аммосова «Актуальные проблемы и перспективы развития стоматологии в условиях севера». Якутск. 2017 – С.75-90.

7. Митрошенков П.П., Иванов С.Ю., Митрошенков П.Н., **Гусаров А.М.** Применение интраоперационной навигационной системы в ортогнатической хирургии // **Анналы пластической, реконструктивной и эстетической хирургии**, 2017, N 2– С. 60-71.

8. Мусаева Э.М., Иванов С.Ю., Мураев А.А., **Гусаров А.М.** Профилактика травмы 3-й ветви тройничного при проведении сагиттальной остеотомии нижней челюсти // **Head and Neck Russian Journal. Голова и шея**. 2018;6(1) – С. 18-22.

9. Быковская Т.В., Иванов С.Ю., Короткова Н.Л., Мураев А.А., Бекреев В.В., Сафьянова Е.В., **Гусаров А.М.** Оценка состояния височно-нижнечелюстного сустава при проведении ортогнатических оперативных вмешательств по поводу врожденных аномалий развития челюстей без использования хирургического шаблона // **Head and Neck Russian Journal. Голова и шея**. 2018;6(1) – С. 23-28

10. **Гусаров А.М.**, Иванов С.Ю., Митрошенков П.Н., Мураев А.А., Митрошенков П.П. Лечение пациентов с посттравматическими деформациями скуло-орбитального комплекса с использованием интраоперационной навигационной системы // **Head and Neck Russian Journal. Голова и шея**. 2018;6(1) – С. 35-41

11. **Гусаров А.М.**, Мураев А.А., Иванов С.Ю., Оборотистов Н.Ю. Трехмерный цефалометрический анализ лицевого черепа на основании данных компьютерной томографии у пациентов с посттравматическими повреждениями // Сборник тезисов VI Междисциплинарного конгресса по заболеваниям органов головы и шеи с международным участием. Москва, 17-19.05.2018 – С.11.

12. **Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ «3DCef» № 2018660910** от 29.09.2018 / Иванов С.Ю., **Гусаров А.М.**, Мураев А.А., Оборотистов Н.Ю. – заявка № 2018618520, дата поступления 31.07.2018, дата регистрации 29.08.2018.