

**Федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
высшего образования  
РОССИЙСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ ДРУЖБЫ НАРОДОВ  
(РУДН)**

**На правах рукописи**

**Гусаров Артем Максимович**

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

**14.01.14 – стоматология**

**Диссертация на соискание ученой степени  
кандидата медицинских наук**

**Научный руководитель:  
член-корреспондент РАН, доктор медицинских наук,  
профессор,  
Иванов Сергей Юрьевич**

**Москва 2019**

## ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	4
ГЛАВА 1. ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ. ....	12
1.1. Общая характеристика дефектов и деформаций в челюстно-лицевой области.....	12
1.2. Методы диагностики приобретенных дефектов и деформаций в челюстно-лицевой области.....	17
1.3. Интраоперационная навигация в хирургии: исторический аспект, виды и характеристики .....	21
1.4. Применение интраоперационных навигационных систем при оперативном лечении дефектов и деформаций в челюстно-лицевой области .....	28
ГЛАВА 2. МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ КЛИНИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ.....	36
2.1 Характеристика пациентов, принявших участие в исследовании .....	36
2.2 Методы обследования пациентов.....	39
2.2.1 Клиническое обследование .....	39
2.2.2 Медицинское фото- и видеодокументирование .....	40
2.2.3 Мультиспиральная компьютерная томография.....	41
2.3 Методики хирургического лечения. ....	43
2.4 Интраоперационные навигационные системы. ....	47
2.4.1 Электромагнитная навигационная система Medtronic Stealth Station S7.....	53
2.4.2 Оптическая навигационная система Brailab 18070 Kick.....	55
2.5 Статистический анализ данных.....	57
ГЛАВА 3. РАЗРАБОТКА МЕТОДА ТРЕХМЕРНОГО ЦЕФАЛОМЕТРИЧЕСКОГО АНАЛИЗА И ЕГО ИСПОЛЬЗОВАНИЕ В ПЛАНИРОВАНИИ ОПЕРАТИВНЫХ ВМЕШАТЕЛЬСТВ .....	58
3.1 Метод трехмерного цефалометрического анализа.....	58

3.2 Разработка программного обеспечения для проведения трехмерного цефалометрического анализа .....	72
--	----

ГЛАВА 4. ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ ХИРУРГИЧЕСКОГО ЛЕЧЕНИЯ ПРИОБРЕТЕННЫХ ДЕФЕКТОВ И ДЕФОРМАЦИЙ ЧЕЛЮСТНО- ЛИЦЕВОЙ ОБЛАСТИ С ПРИМЕНЕНИЕМ НАВИГАЦИОННЫХ СИСТЕМ И МЕТОДА ТРЕХМЕРНОГО ЦЕФАЛОМЕТРИЧЕСКОГО АНАЛИЗА .....	74
--	----

Клинический пример лечения пациента с использованием навигационной системы с электро-магнитным типом регистрации.....	88
--	----

Клинический пример лечения пациента с использованием навигационной системы, основанной на оптическом типе регистрации. ....	102
--	-----

ЗАКЛЮЧЕНИЕ .....	114
------------------	-----

ВЫВОДЫ.....	124
-------------	-----

ПРАКТИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ .....	126
---------------------------------	-----

СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ СОКРАЩЕНИЙ.....	127
-------------------------------------	-----

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ .....	128
-------------------------	-----

## ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время лечение пациентов с приобретенными дефектами и деформациями челюстно-лицевой области является 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 и, зачастую, недостаточная техническая оснащенность ЛПУ приводит 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% [6, 9, 10, 12, 24, 47, 61, 84, 101]. В свою очередь изолированные дефекты и деформации отдельных сегментов челюстно-лицевой области встречаются сравнительно редко, чаще челюстно-лицевые хирурги сталкиваются с сочетанными травмами [7, 15, 21, 22, 45, 54, 65, 69, 79, 102, 107, 118]. 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, приводящими к возникновению сочетанных травм и костных дефектов [20, 28, 29, 36]. 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 [4, 21, 25, 40, 46, 47, 72, 100].

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 компьютерная томография с 3D-реконструкцией и лазерная стереолитография [13, 14, 17, 38, 41, 43, 52, 119]. Данные методы обследования 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 [17, 55, 56, 60, 89, 98]. Использование методики стереолитографического прототипирования 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 точности при проведении непосредственно самого оперативного вмешательства, так как существует определенная погрешность на этапах проведения диагностических процедур. 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 предварительной модели результата хирургического вмешательства. В свою очередь планирование операции и интраоперационный контроль ее выполнения приводит к снижению продолжительности самого вмешательства и снижает инвазивность, что впоследствии позитивно сказывается на сроках реабилитации пациента [40, 45, 47, 74, 86, 104].

Исходя из этого, задача изучения возможностей и использования интраоперационных навигационных систем при устранении приобретенных дефектов и деформаций челюстно-лицевой области остаётся актуальной с точки зрения оптимизации и внедрения данной методики для предотвращения возможных интраоперационных и послеоперационных осложнений, минимизации травматичности хирургического вмешательства и сокращения этапов 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 так же 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:**

Разработанный метод трехмерного цефалометрического анализа, позволяет оценивать пространственные характеристики цефалометрических точек относительно друг-друга и 3 референсных плоскостей.

С целью проведения трехмерного цефалометрического анализа создано программное обеспечение для ЭВМ, 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 саггитальной плоскости.

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

### **Личный вклад автора**

Научные результаты, обобщенные в диссертационной работе, получены автором самостоятельно. 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. 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.

### **Результаты исследования внедрены в практическую деятельность:**

- Отделения челюстно-лицевой хирургии УКБ №4 «Университетская клиническая больница №4 ФГАОУ ВО Первый МГМУ им. И.М.Сеченова Минздрава России (Сеченовский Университет)»;
- Отделения челюстно-лицевой хирургии ГБУЗ НО «Городская клиническая больница № 39 города Нижнего Новгорода»;
- Института травматологии и ортопедии Университетской клиники ФГБОУ ВО «ПИМУ» Минздрава России.



### **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. Для планирования реконструктивных операций у пациентов с приобретенными дефектами и деформациями челюстно-лицевой области показано проведение трехмерного цефалометрического анализа, который позволяет определить 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.

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

Диссертационная работа соответствует формуле специальности «14.01.14 – Стоматология (медицинские науки)», 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.

**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.).

**Публикации**

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

**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.

## ГЛАВА 1. ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ.

### 1.1. Общая характеристика дефектов и деформаций в челюстно-лицевой области

Проблема лечения приобретенных дефектов и деформаций черепно-лицевого скелета остается актуальной, что обусловлено ростом количества пациентов, челюстно-лицевые дефекты которых возникли в результате оперативных вмешательств с удалением новообразований [2, 23, 37, 53, 76], бытовых и производственных травм, травм в результате дорожно-транспортных происшествий [62, 93], техногенных аварий и катастроф, локальных вооруженных конфликтов.

Челюстно-лицевой дефект и деформация характеризуются анатомическими отклонениями, приводящими к функциональным и эстетическим нарушениям. Все челюстно-лицевые дефекты и деформации подразделяются на врожденные и приобретенные. Приобретенные дефекты являются результатом травм, патологических процессов, вызываемых воспалительными заболеваниями одонтогенного и неодонтогенного происхождения, доброкачественными или злокачественными новообразованиями, ятрогенными причинами. Множественные и сочетанные повреждения челюстно-лицевой области присутствуют у 10-18% травматологических больных [30].

Посттравматические дефекты и деформации представляет собой нарушение на клеточном, тканевом и органном уровне, которое возникает в результате воздействия повреждающего агента [61]. Для общей характеристик повреждений и травм существуют различные классификации:

По месту получения травмы: производственные (промышленные; сельскохозяйственные), непромышленные (бытовые, транспортные, уличные, спортивные и др.), умышленные

По характеру ранения: сквозные, слепые, касательные, проникающие и непроникающие в полость рта, верхнечелюстные пазухи или полость носа;

По механизму повреждения: механические, термические, химические, лучевые, комбинированные, также выделяют огнестрельные.

Необходимо различать сочетанные и комбинированные травмы. Сочетанные травмы – это не менее двух анатомических структур одним или более повреждающими факторами. Комбинированные – это повреждения в результате действия различных травмирующих агентов. В травматологии также выделяют открытые и закрытые повреждения. Открытые – это повреждения покровных тканей организма, что вызывает инфицирование поврежденных тканей. В рамках закрытых повреждений – сохраняется целостность кожных покровов и слизистой оболочки.

Характер повреждения лица, клиническое течение и исход зависят от вида ранящего предмета, степени его силового воздействия, локализации ранения и др. факторов.

Б.Д. Кабаков [29] подразделял повреждения по анатомической зоне: изолированные, одиночные, множественные.

По виду повреждения они подразделяются на:

- переломы костей лицевого скелета;
- повреждения мягких тканей лица;
- повреждения зубов.

На основе деления травм верхней, средней, нижней зон лица можно выделить повреждения костей, связанные с анатомическим строением, их многофункциональным предназначением сформирована комплексная классификация.

Можно классифицировать посттравматические дефекты и повреждения челюстно-лицевой области по анатомическим зонам:

1. Травмы верхней зоны лица. Доминирующее большинство повреждений верхней трети лица происходит в результате ДТП — в 60—80 %, в результате нападений — в 20—30 % наблюдений, а остальные — при падении с высоты. Переломы лобной кости – это 5—15 % всех повреждений лицевого скелета. Они часто сочетаются с повреждениями средней зоны лица: переломы

скуло-орбитального и назо-орбито-этмоидального комплексов. Наличие ран, ушиба или гематомы мягких тканей в лобной области, свидетельствует о возможности повреждения лобной пазухи. Большинство пострадавших с переломом лобной пазухи имеют сопутствующие повреждения глазного яблока различной степени тяжести. Также могут встречаться снижение чувствительности в зоне иннервации первой ветви тройничного нерва, вследствие ее повреждения в месте выхода, субконъюнктивальное кровоизлияние и подкожная эмфизема [12].

2. Травмы средней зоны лица, это, как правило, переломы. Доля переломов средней зоны лица занимает второе место по степени распространённости после переломов нижней челюсти [57]. Верхней границей средней зоны лицевого скелета является условная линия, проведенная от лобно-скулового шва с одной стороны до лобно-скулового шва противоположной стороны, которая проходит через лобно-носовую и лобно-верхнечелюстные швы, а нижняя граница – это окклюзионная плоскость верхней челюсти. Средняя зона лица характеризуется такими топографическими и анатомо-функциональными особенностями расположения и взаимодействия с другими отделами черепа, что ее повреждения, в основном, множественные и сочетанные, поэтому используют комплексный подход лечения травматических повреждений [24].

3. Травмы нижней зоны лица - это переломы нижней челюсти, а также повреждения мягких тканей, связанных с ними анатомически. Дефекты челюстных костей становятся основой для развития функциональных нарушений, в первую очередь, - нарушений функции жевания. Дефекты челюстных костей сопровождаются адентией, асимметрическими нарушениями лица, возникают патологии в области височно-нижнечелюстных суставов [50]. Нарушения функции жевания вызывают заболевания желудочно-кишечного тракта, а также осложняют течение имеющихся. Если нарушения челюстно-лицевой области являются существенными, то это приводит к изменению психосоциального статуса больных [1]. В связи с отмеченным, лечение

приобретенных челюстно-лицевых дефектов – это одна из важнейших задач челюстно-лицевой реконструктивной хирургии.

Приобретенные дефекты верхней челюсти, включая и посттравматические, классифицировали многие авторы: Слепченко М.А., (1974), Миргазизов М.З., Костур Б.К., Миняева В.А., (1985), Шендеров А.Ю., (1990).

Костур Б.К., Миняева В.А. классифицировали приобретенные дефекты верхней челюсти следующим образом:

- дефекты альвеолярной части без проникновения в верхнечелюстную пазуху;
- дефекты альвеолярной части с проникновением в верхнечелюстную пазуху;
- дефекты твердого неба: передний, средний, боковой отделы, не заходящие на альвеолярную часть челюсти;
- дефекты твердого неба с захватом бокового отдела альвеолярной части с одной стороны, с захватом альвеолярной части с двух сторон, захватом переднего участка челюсти;
- дефект твердого и мягкого неба или только мягкого неба;
- дефект, образовавшийся после резекции правой или левой половин верхней челюсти;
- дефект, образовавшийся после резекции обеих верхних челюстей [34].

А.Ю.Шендеров (1990) при классификации выделил три класса дефектов верхней челюсти, взяв за критерий цефалометрические характеристики:

- дефект челюсти, который сообщается с верхнечелюстной пазухой, у которой площадь дефекта составила 30% и более от общей площади челюсти, а центр ее находится в зоне дефекта или граничит с ним;
- дефект, который сообщается с верхнечелюстной пазухой, когда площадь изъяна составляет менее 30% площади всей челюсти;
- дефект, который не сообщается с верхнечелюстной пазухой [67].

Базисная опорная структура лица – это костный аппарат, напоминающий «полоую пирамиду», при этом каждая стенка играет важную роль в поддержании целостности и герметичности общей системы лица. При травматических повреждениях опорных структур, в первую очередь, выполняют хирургическую реконструкцию опорных структур, и только после этого можно реконструировать наружные структуры. После реконструкции опорных структур лица, восстанавливают нарушенные функции, и в последнюю очередь, эстетический вид. В связи с чем, многоэтапность хирургического лечения посттравматических дефектов челюстно-лицевой области основывается на двух принципах:

1. Принцип ступенчатости: от опоры к функции, от функции к эстетике;

2. Принцип «от обратного», когда планирование первого этапа хирургического лечения основывается на видении конечного результата оперативных вмешательств.

Дефекты нижней челюсти также приводят к значительным нарушениям функционального состояния зубочелюстной системы. По данным Смирновой И.В. (1991) дефект нижней челюсти сопровождается обезображиванием лица, нарушения функций жевания, речи, иногда глотания и слюнотечением. При этих дефектах сокращается жевательная мускулатура, формируются рубцовые тяжи, которые способствуют смещению отломков нижней челюсти, что формирует деформации нижнего отдела лица, изменяет вид прикуса, создает трудности при восстановлении внешнего вида больных при помощи пластической операции и ортопедического лечения, а часто их сочетание, например, использование дентальной имплантации [59].

Таким образом, большинство пациентов с приобретенными челюстно-лицевыми дефектами и деформациями нуждаются в квалифицированном лечении. Все эти лечебные мероприятия основываются на хирургических челюстно-лицевых [65] и стоматологических вмешательствах, качество которых зависит от точности проведенных хирургических манипуляций, что требует сопровождения



операционных вмешательств интраоперационными навигационными средствами.

## **1.2. Методы диагностики приобретенных дефектов и деформаций в челюстно-лицевой области**

Чаще всего травматическим повреждениям подвергается нижняя челюсть, скуло-орбитальный комплекс и кости носа. Посттравматические дефекты челюстно-лицевой области необходимо своевременно диагностировать [32, 44, 98, 121]. При несвоевременной диагностике могут сформироваться посттравматические деформации, сопровождающиеся изменением конфигурации лица, нарушением функций жевания, зрения, носового дыхания, обоняния, речи. В связи, с чем рентгенодиагностика должна осуществляться своевременно, в минимальные сроки после травмы, включая и случаи с отсутствием явных клинических симптомов [7].

Задачи визуализации травматических дефектов:

- выявление перелома;
- определение его соотношения с расположенными рядом анатомическими образованиями;
- определение наличия костных фрагментов, их количества, положения и смещения [4].

Для визуализации травм челюстно-лицевой области используют методы лучевой диагностики: рентгенографические, специальные. В рамках рентгенографических исследований наиболее часто используют:

- обзорную рентгенографию [17];
- внеротовую рентгенографию зубов и челюстей;
- внутривертебральную рентгенографию.

Обзорная рентгенография, выполняемая в трех проекциях, применяется для визуализации травм лицевого черепа, носовых пазух. Данным методом не визуализируют состояние зубов. Внеротовые снимки челюстей делают посредством дентальных и других рентгеновских аппаратов. С помощью

данного метода изучают состояние нижней челюсти, скуловых костей, височно-нижнечелюстного сустава. Используют для визуализации травматических повреждений челюстей. Внутриротовая рентгенография используется для оценки состояния зубов, наличия окклюзии. Данные методы являются устаревшими, поэтому в рамках лучевой диагностики используют цифровую рентгенографию, которая является модификацией трансформации энергии рентгеновского пучка. В рамках нее принимает излучение не рентгеновская пленка, а высокочувствительные датчики, которые формируют цифровое изображение или электронно-оптические преобразователи, создающие аналоговый видеосигнал, который с помощью аналого-цифрового преобразователя преобразуется в цифровой сигнал. Цифровой код обрабатывается компьютером и трансформируется в видимое (аналоговое) изображение на экране монитора. Все это улучшает качество изображения. Цифровая обработка сигнала применяется и в компьютерной, магнитно-резонансной томографии, в некоторых режимах ультразвуковой диагностики. В настоящее время цифровая рентгенография – это ведущий метод лучевой диагностики.

К специальным методикам можно отнести [14]:

- панорамная рентгенография;
- линейная томография;
- ортопантомография;
- панорамная зонография;
- компьютерная томография;
- магнитно-резонансная томография.

Панорамная рентгенограмма [16] основывается на применении рентгеновского аппарата со специальной острофокусной рентгеновской трубкой. Анод рентгеновской трубки вводят в полость рта пациента. При съемке верхнего зубного ряда фокус трубки располагают над языком на уровне пятых зубов, для съемки нижнего ряда – в области уздечки под языком. Так как фокус рентгеновской трубки максимально приближен к объекту исследования, а

пленка расположена на некотором расстоянии от зубов, полученное изображение увеличено практически в два раза, что позволяет различать мелкие детали, не различимые на обычных рентгенограммах. Этот метод позволяет визуализировать травматические повреждения челюстей. Основным недостатком – значительное облучение слизистой оболочки рта, поэтому в настоящее время панорамная рентгенография используется редко [51].

Линейная томография позволяет выделить плоский слой исследуемой области. В рамках метода трубка и пленка синхронно перемещаются относительно больного. Изображение слоя, который расположен на уровне геометрической оси вращения рычага получается четким, остальные элементы искажаются. Толщина среза – 0,2-0,5 см. Данный метод применяется для визуализации переломов средней зоны лица, посттравматических деформаций. Линейная зонография представляет собой послойное исследование с малым углом качания рентгеновской трубки, в результате чего получают более «толстые» срезы. Можно получить информацию, как при выполнении серии линейных томограмм [43].

Ортопантомография позволяет получить изображение изогнутого слоя на плоской рентгеновской пленке. Во время съемки трубка и кассета с пленкой двигаются по неполной окружности вокруг головы больного. При этом кассета вращается еще и вокруг своей оси. Как и при линейной томографии структуры, которые удалены от пленки размываются. Современные ортопантомографы позволяют изучать зубные ряды, костную структуры зон лицевого черепа. Возможно изменять толщину и глубину исследуемого слоя [52].

Телерентгенография позволяет получать изображения с минимальным проекционным увеличением [19], что позволяет визуализировать не только костные структуры, но и мягкие ткани челюстно-лицевой области, язык, заднюю стенку глотки. Этот метод широко используется при планировании ортогнатических хирургических операций при устранении челюстно-лицевых деформаций.

Применение отмеченных методик, включая и ортопантомографию, не позволяет определить наружно-внутреннее смещение отломков челюсти. Наиболее оптимальная методика – это многопроекционная РКТ при переломах костей черепа. Компьютерная томография позволяет получить поперечное послойное изображение любой области черепа. Серия поперечных срезов может быть трансформирована в плоскостное или объемное изображение в любой продольной плоскости. Трехмерная реконструкция изображения предоставляет и наглядную информацию о направлении и степени смещения костных отломков, избыточных процессах костеобразования [113].

Магнитно-резонансная томография (МРТ) основана на регистрации энергии, которую испускают протоны ядер водорода внутренних сред человеческого тела при их резонансном возбуждении, которое возникает под воздействием радиочастотных импульсов. Они генерируются взаимодействием магнита и высокочастотной катушки. Получаемая информация анализируется компьютерными методами. В рамках МРТ получают изображение слоев в любой плоскости: фронтальной, сагиттальной, аксиальной. Из этих слоев формируется объемный образ исследуемой области. Метод МРТ эффективен при визуализации мягких тканей [55].

Интереса заслуживает методика конусно-лучевой компьютерной томографии (КЛКТ) [81, 89, 116, 119]. Она позволяет анализировать трёхмерные рентгеновские изображения челюстно-лицевой области самостоятельно, так как при реализации КЛКТ «сырые» данные архивируются вместе со специальной программой просмотра компьютерной томографии, которая позволяет врачу самостоятельно анализировать трехмерные реконструкции на персональном компьютере [3,4]. КЛКТ – это безопасный и информативный метод лучевой диагностики патологий челюстно-лицевой области. Отдельно стоит отметить возможность проведение интраоперационного КЛКТ, которое приближает уровень информативности к навигационным системам, но обладает рядом недостатков, которые ограничивают сферу использования. [114]

Таким образом, для исследования посттравматических челюстно-лицевых дефектов и деформаций с целью диагностики, в рамках планирования хирургического лечения может быть использован целый ряд методов визуализации области дефекта.

Одним из методов планирования ортогнатических оперативных вмешательств на данный момент является цефалометрический анализ, который так же широко используется врачами-ортодонтами при планировании лечения. Однако, в реконструктивной челюстно-лицевой хирургии данная методика используется не часто, так как обычный плоскостной цефалометрический анализ не дает возможности провести сравнение положения антропометрических точек в реальном времени относительно 3х взаимноперпендикулярных плоскостей, что обуславливает относительную ограниченность данной методики. В свою очередь, в связи с развитием компьютерной томографии и появлением программного обеспечения для обработки данных был разработан метод объемного цефалометрического анализа, успешно используемый в практике врачей-ортодентов [94, 95, 106, 120]. Так, по данным исследования O.J. van Vlijmen 2012, 3D-цефалометрия на основе данных компьютерной томографии позволяет повысить точность измерений по сравнению с традиционной 2D-цефалометрией, что приводит к лучшим результатам лечения. Более того, 3D-цефалометрический анализ имеет лучшую воспроизводимость, чем 2D-цефалометрия [80]. Данные исследования говорят о перспективности метода трехмерного цефалометрического анализа при планировании реконструктивных оперативных вмешательств в челюстно-лицевой области.

### **1.3. Интраоперационная навигация в хирургии: исторический аспект, виды и характеристики**

Идея использования интраоперационных навигационных систем связана с развитием нейрохирургии. Необходимость точной ориентации при удалении опухолей мозга указывал еще Victor Horsley, которого считают одним из основателем нейрохирургии [39].

В основе появления навигационных систем лежит принцип стереотаксиса и первыми навигационными аппаратами были стереотаксические. В 1971 г. Housfield и Cormack разработали компьютерную томографию, в рамках которой стало возможно рассчитывать объемные координаты не только на основании данных из стереотаксических атласов, но и с учётом индивидуальных топографических особенностей анатомических структур пациента, отображаемых на компьютерных томограммах [68]. Первые навигационные системы были двухмерными, с развитием МРТ, начали получать трехмерное изображение анатомических структур.

В 1986 году D. Roberts представил навигационную безрамочную систему, синхронизированную с операционным микроскопом [109]. В 1987 г. E. Watanabe описал «нейронавигационную руку» [122]. Эти системы кодировали трехмерное положение хирургического инструментария, регистрировали координаты и соотносили их с дооперационными трехмерными изображениями. В результате хирург видел в режиме реального времени местоположение хирургического инструмента на дооперационных изображениях, соответствие его положения с планом операции.

Однако, при использовании рамочных навигационных систем присутствовал «конфликт» узлов стереотаксических рам и традиционного оборудования и инструментов, используемых при любых микрохирургических операциях. Ниже приведены преимущества и недостатки стереотаксических рамочных систем (Таблица. 1).

Преимущества и недостатки стереотаксических рамочных систем  
(Maciunas R.J., Galloway R.L.Jr., 1999) [97].

Преимущества	Ограничения
Стабильность координат	Ограничение операционного пространства, временность использования
Стабильный захват зонда и продвижение в заданной траектории	Сложный и громоздкий блок, одновременная работа только с одной целью
Предоперационная симуляция операции	Ограничение в вычислении, не обновляется в режиме реального времени

С развитием компьютерных технологий были разработаны безрамочные навигационные системы, у которых отсутствовали недостатки рамочных стереотаксических систем. Их важная особенность – это возможность получения информации о местонахождении инструмента в ране, в «режиме реального времени» [99]. В настоящее время разработаны разнообразные безрамочные навигационные системы, которые в зависимости от программного обеспечения, могут обрабатывать данные КТ, МРТ, МРА, ФМРТ и др. Безрамочная навигация характеризуется одним существенным недостатком, связанным с тем, что она основывается на данных предоперационных КТ и МРТ, в связи с чем не учитывает изменение анатомической структуры при операционном вмешательстве, что приводит к неточностям работы навигационной системы, особенно при длительных операционных вмешательствах.

Для диагностики анатомических структур использовался и используется ультразвук, что позволило создать ультразвуковые навигационные системы. Основа ультразвуковой диагностики связана с различными поглощающими свойствами различных тканей. Впервые использовали ультразвук для

диагностики патологической ткани также нейрохирурги. Ультразвуковая интероперационная навигация активно развивалась в 1960-ые гг., что позволило в В-режиме получать изображения в двух плоскостях. Трехмерные изображения анатомических структур стали получать в 1990-ых годах, когда появилась возможность обрабатывать направленно двухмерные срезы.

В настоящее время перспективным является развитие прикладных методов представления трехмерных диагностических данных, что позволяет реализовать наиболее эффективную визуализацию исследуемых объектов. Получаемые графические образы можно применять, как в компьютерных тренажерах, так и в реальной интраоперационной навигации.

Сегодня в различных областях хирургии активно используют системы интраоперационной навигации. При их помощи планируют доступ, строят необходимые разрезы и сечения, полностью визуализируют зону резекции. В отличие от навигационных систем, стереотаксические рамы отмеченных функций выполнять не могут. Навигационная установка преобразует изображения, полученные при исследовании пациента с помощью рентгена, КТ или МРТ перед операцией, и показывает их на экране в различных проекциях (осевой, сагиттальной, коронарной, а так же в других специализированных режимах). Это позволяет хирургу планировать продвижение по одной или нескольким предполагаемым траекториям. Для облегчения визуализации, хирург может создавать и управлять одной или несколькими трехмерными анатомическими моделями. Во время операции навигационная система отслеживает положение хирургических инструментов по отношению к анатомическим структурам пациента, постоянно обновляет позицию инструмента на экране. Установка показывает соотношение фактической позиции и траектории движения инструментов с предоперационным планом, что позволяет хирургу не отклоняться от операционного плана. Получаемая информация от навигационной станции во время операции является источником принятия решений хирургом.



Навигационные системы применяют в следующих видах хирургических операций:

1. На головном мозге: краниальные биопсии; установка шунтов в желудочки головного мозга; глубокая стимуляция головного мозга; резецирование опухолей, операции на основании черепа [35, 71, 108, 110, 111];
2. Операции на позвоночнике: установка транспедикулярных винтов на поясничном отделе; установка винтов в верхнешейный отдел позвоночника; трехмерная реконструкция и удаление опухолей позвоночника;
3. ЛОР-операции: антростомии; сфеноидотомии; синусотомии [18];
4. Протезирование суставов: установка эндопротезов тазобедренного сустава; установка эндопротезов коленного сустава; накостный остеосинтез конечностей;
5. Неинвазивные кардиохирургические операции по устранению нарушений ритма сердца;
6. Челюстно-лицевые операции [45, 48, 66, 72, 85, 117, 125], в том числе и ортогнатические [73, 75, 77, 115].

Схема стандартной интраоперационной навигационной системы приведена на рисунке 01. Она состоит из таких подсистем: регистрации положения, визуализации.

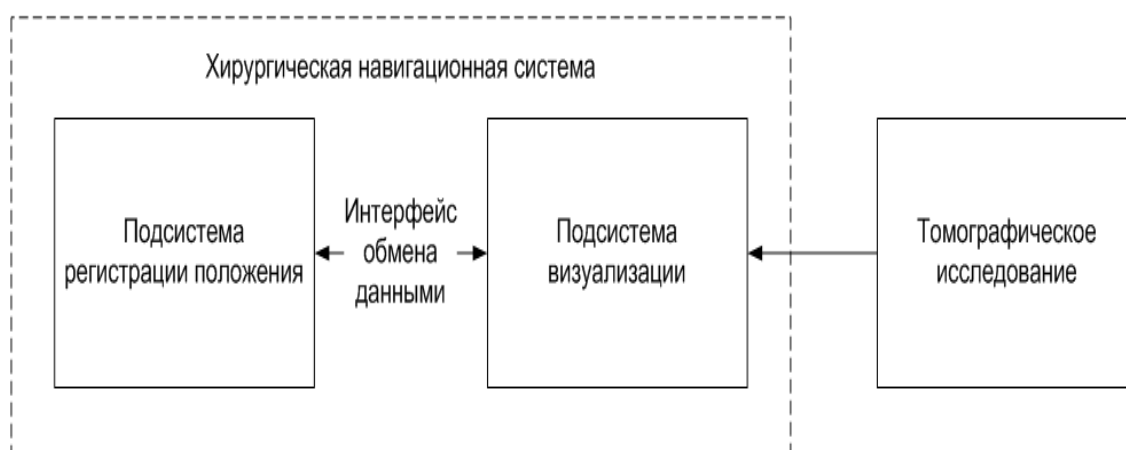


Рисунок 01. Схема интраоперационной навигационной системы

Данные томографического исследования загружаются в подсистему визуализации, которая совмещает его с положением инструмента в подсистеме регистрации положения и передает обратно в подсистему визуализации. Она, в свою очередь, отображает получаемые данные. Основная особенность навигационных систем - эта подсистема регистрации хирургического инструмента. Она может работать на механическом, магнитном, акустическом и оптическом принципе [63].

Основные требования к навигационной системе:

- точность, которая ограничена разрешающей способностью исходных данных;
- сканируемый объем;
- частота обновления положения (ограничивается величиной порядка 15-25 Гц);
- инертность расчета положения.

Современные интраоперационные системы основываются на методах оптической, ультразвуковой, электромагнитной навигации.

В оптической навигации локализация инструмента обеспечивается посредством камеры инфракрасного излучения, которая направлена на операционное поле, а инфракрасные лучи падают на рабочий хирургический инструмент хирурга. Инструмент оборудуется специальными сферами-маркерами. Идущий от камеры сигнал отражается от маркеров и регистрируется датчиком, расположенным рядом с камерой. Местоположение инструмента и его угол наклона определяется по углу отражения сигнала. Используемый в процессе принцип триангуляции схож с принципом, используемым в GPS-навигации. С развитием лазерной медицины находят применение и лазерные оптические навигационные системы. Так создана бесплатформенная инерциальная навигационная система на лазерных гироскопах [11]. Данные системы наиболее перспективны в применении, что связано с совершенствованием регистрирующих средств, а также аналитических

алгоритмов для анализа изображений. Их перспективность обуславливается совместимостью с роботизированными хирургическими системами.

В рамках электромагнитной навигации инфракрасную камеру заменяют на источник ЭМ-поля. Хирургический инструмент, который находится в ЭМ-поле распознается и отображается навигационной системой.

Навигационные системы на механическом принципе регистрации сложно реализуются из-за необходимости угловых и поступательных степеней свободы инструмента. В таких системах с трудом реализуется коррекция положения инструмента в зависимости от изменения положения пациента.

Ультразвуковые навигационные системы довольно дорогостоящи и сложны в эксплуатации. Большая стоимость, связанная с применением дополнительных средств коррекции положения инструмента с использованием дополнительных магнитных датчиков положения, либо контрольной оптической (или другой) системы [78].

В рамках навигационной установки интегрированы хирургическая навигация и интероперационный контроль. Хирургическая навигация позволяет:

- осуществлять навигацию с одновременной визуализацией на нескольких сериях сканирования;
- осуществлять навигацию на диагностических и интраоперационных снимках.

Разработана и применяется робот-ассистированная хирургическая система «da Vinci», которая, в свою очередь, может комбинироваться с оптическими системами интраоперационной навигации. Она включает два блока, один из которых предназначен для оператора, а второй — четырёхрукий автомат — выполняет роль хирурга.

Технология характеризуется:

- трехмерным стереоскопическим изображением с возможностью его увеличения и прецизионностью, которые обеспечивают высочайшую точность хирургических манипуляций с минимальной травматизацией тканей;

- степенью свободы инструментов существенно большей, чем у кисти человека;
- возможностью проведения вмешательств, трудновыполнимых или невыполнимых, традиционным и эндовидеохирургическим способами.

#### **1.4. Применение интраоперационных навигационных систем при оперативном лечении дефектов и деформаций в челюстно-лицевой области**

В рамках челюстно-лицевой хирургии для минимальной травматизации во время операции надо стремиться к минимально инвазивному лечению [69]. Это требует точности оперативного вмешательства, которое оптимально осуществлять с использованием современных интраоперационных навигационных систем. В клинической практике хирургические операции уже поддерживаются различными компьютерными устройствами, такими как система 3D-реконструкции, система предоперационной планировки и система интраоперационной навигации.

Как отмечалось выше, современные навигационные системы в хирургии подразделяются на оптические, ультразвуковые, электромагнитные. У всех разные преимущества, но оптическая, благодаря простоте работы и высокой точности используется все чаще, а современные роботизированные системы строятся на оптическом принципе работы навигационной системы.

Если в нейрохирургических операциях навигационные системы используются давно, то в челюстно-лицевой хирургии их стали применять позднее [86, 88, 105]. Заслуживают внимания разработки применения интраоперационных навигационных систем в дентальной имплантологии.

Срок службы дентального имплантата напрямую зависит от правильного его позиционирования в альвеолярной кости, что в свою очередь влияет на рациональное распределение жевательной нагрузки по всей внутрикостной части имплантата. Наиболее эффективно можно достичь этого, если использовать при установке имплантатов навигационные системы [5, 49, 64]. При установке классическими способами ошибки обусловлены человеческим

фактором. При проведении операции по установке имплантатов, навигационная система автоматически определяет позицию, угол, глубину фрезевого канала, проводит сравнение с данными планирования операции. Внедрение дентальных навигационных техник в работу хирургов-имплантологов осуществляет переход к высокоточным дентальным технологиям [58].

Стоит отметить, что в клинической дентальной практике использование навигационных систем еще редкость, что и приводит к ошибкам, связанным с человеческим фактором. Тем не менее, проводится ряд научных работ, посвященных данной проблеме. Так, на кафедре челюстно-лицевой хирургии Самарского ГМУ разработана навигационная система, которая использовалась в эксперименте, в рамках которого на анатомическом фантоме проводили установку имплантатов с использованием навигационной интраоперационной системы и без неё. При проведении эксперимента на фантоме без использования навигации максимальные угловые отклонения между осями имплантатов в сагиттальной плоскости составили  $25^{\circ}2'$ , а во фронтальной плоскости –  $20^{\circ}15'$ . При установке имплантатов с использованием дентальной навигационной системы на фантоме, содержащем мягкие ткани лица, максимальные угловые отклонения между осями имплантатов в сагиттальной плоскости составили  $1^{\circ}37'$ , а во фронтальной –  $2^{\circ}16'$ . Таким образом, операция с использованием интраоперационной навигационной системы позволила более точно позиционировать имплантаты. Эксперимент обосновал необходимость использования при установке дентальных имплантатов навигационной системы [27].

Так же в качестве примера использования навигационных систем в дентальной имплантологии выступает система 3D-визуализации «EPED» (Модель «IRIS-100»). Она позволяет:

- осуществлять высокоточную 3D-навигацию в костных тканях ротовой полости непосредственно во время имплантологических операций;

- применять систему, как в обучении, так и в реальных операциях по имплантации;
- осуществлять 3D-визуализацию в режиме реального времени;
- получать виртуальное трехмерное изображение с погрешностью менее 0,1 мм;
- планировать лечение, проводить доклиническую подготовку ротовой полости и др.

Область применения:

- предоперационное планирование;
- повышение качества имплантологических операций с одновременным сокращением временных затрат;
- развитие психомоторных навыков у студентов стоматологических факультетов;
- обеспечение оптимального перехода молодых специалистов от обучения к практике.

Есть опыт применения метода интраоперационного нейромониторинга при проведении оперативных вмешательств при удалении доброкачественных новообразований в челюстно-лицевой области [66]. Данные операции при недостаточной точности исполнения могут привести к повреждениям лицевого нерва. Оперативное вмешательство у 6 пациентов с использованием интраоперационного нейромониторинга показало его эффективность, так как нейронавигатор позволяет определить локализацию ветвей лицевого нерва в толще мягких тканей. В результате хирург может скорректировать тактику диссекции в ходе операции. Интраоперационный мониторинг сокращает время проведения оперативного вмешательства, обеспечивает технически сложные операции, снижает риск возникновения возможных осложнений в послеоперационном периоде.

Существует опыт применения навигационной системы при оперативных вмешательствах на околоносовых пазухах [18]. В ходе исследования

использовалась компьютер-ассистированная навигационная система (КАНС). Из 77 пациентов в возрасте от 22 дней до 18 лет 40 оперировалась по поводу новообразований в околоносовых паузах с использованием КАНС, а 37 без использования. В группе пациентов, где операция проводилась с использованием интраоперационной навигационной системы отмечено уменьшение времени операции на 60 минут, объема интраоперационной кровопотери вдвое, послеоперационного койко-дня – на 2 суток. Таким образом, использование КАНС в эндоназальной хирургии способствует сокращению времени операции и анестезии, минимизации кровопотери, более ранней реабилитации пациентов в раннем послеоперационном периоде [18].

Применение навигационных систем в хирургии височной кости обусловлено рядом факторов:

- анатомия височной кости имеет много костных анатомических ориентиров, которые не склонны к интраоперационному смещению [82];
- наличие многочисленных уязвимых структур в височной кости, что формирует высокий риск хирургических манипуляций [110];
- смещение анатомических ориентиров из-за патологии.

Во время операции много времени тратится на верификацию и диссекцию жизненно важных структур среднего уха, но, когда интраоперационная навигационная система определяет их положение, то манипуляции становятся более точными и менее инвазивными [90].

Существует клинический опыт лечения 25 пациентов с хроническим гнойным отитом среднего уха с использованием хирургической навигационной системы. Во всех случаях погрешность определения анатомических структур составила 0,7 мм. Продолжительность операции с использованием навигационной системы сократилось на 12,2 минуты. Полученные данные показали повышение уровня безопасности, что обосновывает необходимость применения навигационной системы в хирургии височной кости.

Челюстно-лицевые операции по устранению посттравматических дефектов основывается на методах реконструктивной хирургии. В

национальном медико-хирургическом центре им. Н. И. Пирогова в период с сентября 2009 г. по сентябрь 2010 г. было прооперировано 86 пациентов с посттравматическими деформациями средней зоны лица, из которых 58 пациентов (67%) были ранее оперированы в связи с данной патологией в других лечебных учреждениях. Оперативное вмешательство проводилось с использованием системы безрамочной навигации Vector Vision (Brain Lab, Германия). Она позволяет с точностью до  $1,2 \pm 0,5$  мм восстановить костные фрагменты в соответствии с компьютерной моделью. Но, эти методики не позволяют в достаточной мере оценить степень послеоперационного смещения глазного яблока, что связано с наличием интраоперационного отека, а также рубцеванием пареоорбитальной клетчатки в постоперационном периоде. При оценке офтальмологического статуса у пациентов прооперированных с использованием интраоперационной навигации в 100% случаев в раннем постоперационном периоде устранена диплопия, тогда как у пациентов оперируемых без использования навигационной системы в 34% явления диплопии сохранялись в раннем постоперационном периоде и у 12% через 3 месяца поле оперативного лечения [25].

Таким образом, использование интраоперационной навигации позволяет осуществить планирование операционного вмешательства, обеспечить малоинвазивное хирургическое вмешательство, сократить продолжительность лечения.

В исследованиях В.М. Михайлюкова по использованию безрамочной навигации в хирургии посттравматических дефектов и деформаций глазницы было доказано, что для достижения хороших результатов при реконструкции глазницы надо стремиться к одномоментному вмешательству с высокой степени точности, а также важно определять положение глазного яблока. Использование безрамной навигации при таких оперативных вмешательствах позволяет интраоперационно с высокой степенью точности определить положение глазного яблока до и после вмешательства, и тем самым улучшить функциональные исходы. [47]. Для создания виртуальной модели глазницы не



требуется выполнения стереолитографической модели. Виртуальное моделирование костных дефектов глазницы в условиях операционной требует примерно 20 минут. Методика безрамной навигации при устранении дефектов и деформаций глазницы позволяет максимально точно воспроизвести форму, объем и положение костных фрагментов и имплантатов, что позволяет добиться высоких функциональных и эстетических результатов у пациентов с посттравматическими дефектами и деформациями глазницы [20,21].

Осуществляется разработка и применение роботизированных хирургических систем с использованием оптических навигационных систем. Роботизированная технология широко используется в черепно-челюстно-лицевой хирургии для обеспечения ее гибкости в управлении, стабильности и высокой точности [124]. В 1994 году Kavanagh осуществила доклинические тесты в области челюстно-лицевой хирургии с использованием роботизированной системы при операциях на височной кости в первый раз [91]. В 1998 году T. C. Lueth разработал первый интерактивный хирургический робот (ОТТО) для черепно-челюстно-лицевой хирургии. Робот использовался для установки негибких катетеров и костных имплантатов [96]. В 2006 году Vale разработан бескаркасный стереотаксический прибор на механическом рычаге с шестью степенями свободы для аблятивного лечения невралгии тройничного нерва [71]. Средняя точность позиционирования составляла  $1,31 \pm 0,67$  мм в клинических испытаниях. В других операциях было разработано множество роботизированных систем, таких как Robopsy, B-Rob I и ZEU.

Роботизированная система для черепно-челюстно-лицевой хирургии представляет собой 4 блока: подсистему пациента, подсистему робота, подсистему оптического измерения, подсистему изображения 3D-реконструкции. [92]. Подсистема пациента – это объект хирургического лечения. Подсистема робота – это структура манипулятора с пятью степенями свободы, посредством переключения конечного эффектора подсистема робота может выполнять множество операций, таких как биопсия, радиочастотная термокоагуляция и различного рода имплантация. Подсистема оптического

измерения в основном реализует пространственную регистрацию между каждой подсистемой и позиционированием манипулятора в реальном времени. Подсистема изображения 3D-реконструкции может получить трехмерное изображение черепно-челюстно-лицевой области посредством сканирования и реконструкции КТ, которая используется на всех этапах операции, и обеспечивает гарантию предоперационного планирования операции, интраоперационной навигации и послеоперационного контроля.

Таким образом, в челюстно-лицевой хирургии является оправданным применение навигационных систем на всех этапах операции, что позволяет обеспечить точность оперативного лечения и обеспечить ее малоинвазивность. В последние годы опыт использования интраоперационной навигации при операциях по устранению челюстно-лицевых посттравматических дефектов и повреждений расширяется, как в отечественной, так и зарубежной практике.

Основным преимуществом интраоперационных навигационных систем по сравнению с различными видами диагностики является высокая степень визуализации анатомически значимых структур в реальном времени. При помощи данных систем врач имеет возможность контролировать качество позиционирования костных фрагментов, реконструктивных имплантатов и различного рода трансплантируемых тканей [31, 33] предварительной модели результата хирургического вмешательства. В свою очередь планирование операции и интраоперационный контроль ее выполнения приводит к снижению продолжительности самого вмешательства и снижает инвазивность, что впоследствии позитивно сказывается на сроках реабилитации пациента. Исходя из этого, задача изучения возможностей и использования интраоперационных навигационных систем при устранении приобретенных дефектов и деформаций челюстно-лицевой области остаётся актуальной с точки зрения оптимизации и внедрения данной методики для предотвращения возможных интраоперационных и послеоперационных осложнений, минимизации травматичности хирургического вмешательства и улучшения качества лечения.

При хирургическом лечении посттравматических челюстно-лицевых дефектов, особенно в области средней зоны лица, требуется прецизионная точность, что обуславливается нахождением в этой зоне большого количества анатомически важных структур.

Как на этапе предоперационного планирования, так и при осуществлении операционных вмешательств наиболее эффективно использовать оптическую навигационную систему, так как она обладает большим набором функций, включая возможность построения «зеркальных» изображений, что позволяет создать более точную виртуальную модель. Специализированное программное обеспечение интраоперационной навигационной системы включает:

- модуль виртуального пространства, в котором происходит операция;
- модуль для проектирования и проигрывание сценариев операций;
- модуль информационной системы.

Рабочий цикл включает следующие этапы:

- загрузка данных КТ, МРТ, рентгеновских или УЗИ снимков пациента;
- выбор предпочтительных инструментов;
- планирование операции;
- регистрация пациента;
- персональная настройка модулей станции под конкретную операцию;
- проведение хирургического вмешательства;
- оформление протокола.

Одним из неоспоримых плюсов оптических навигационных систем является совместимость с роботизированными хирургическими системами. Поэтому использование оптических навигационных систем при хирургических операциях по устранению посттравматических дефектов и деформаций лица достаточно перспективно.

## ГЛАВА 2. МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ КЛИНИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ

### 2.1 Характеристика пациентов, принявших участие в исследовании

В рамках настоящего исследования в период с 2014-2019 г.г. было проведено обследование и лечение 66 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 электро-магнитный метод регистрации пациента (Medtronic Stealth Station S7, США) и оптический метод регистрации пациента (Brailab 18070 Kick, Германия). В соответствии с видом навигационной системы, пациенты были разделены на 2 подгруппы.

Вторая (контрольная) группа включала 18 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 Первого МГМУ им. И.М. Сеченова («Сеченовского университета») в период с 2017 по 2019 г.г.

Так как количество пациентов с посттравматическими повреждениями нижней трети лица в рамках нашего исследования составило – 3, из результатов исследования данная группа была исключена из-за недостаточной статистической достоверности.

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

В группу пациентов с повреждениями верхней трети лица нами 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 была исключена из исследования.

Для классификации травматических повреждений средней зоны лица нами была выбрана классификация В. Hammer (1995). Данная классификация полноценно охватывает все варианты травматических повреждений челюстно-лицевой области. Внутри классифицируемых групп, которые формируются в зависимости от вовлечения областей, выделяется подгруппы в зависимости от вида дислокации костных фрагментов (I, II, III и IV типы). В свою очередь, анализируя анатомические особенности деформаций OZM или СОК (скуло-орбитальный комплекс) и NOE или НОЭК (назо-орбито-этноидальный комплекс), мы пришли к выводу, что по видам дислокации деформированных костных фрагментов они аналогичны переломам одноименных комплексов по классификации (таблица 2).

Таблица 2

## Классификация В. Hammer (1995)

<p>Дефекты и деформации средней трети лица</p>	<p>Дефекты и деформации назо-орбито-этноидального комплекса.  I тип – большой центральный костный фрагмент, состоящий из медиальной части нижнеглазничного края со связкой, удерживающей слезный гребень.  II тип – сегментарный перелом центрального костного фрагмента, с сохранением возможности фиксации костных отломков.  III тип – мелкооскольчатый перелом центрального фрагмента с возможностью полного отрыва кантальной связки.  Дефекты и деформации скуло-орбитального комплекса.  I тип – Несмещенный или минимальносмещенный фрагмент скуло-орбитального комплекса.  II тип – Сегментарный перелом нижнеглазничного края.  III тип – Перелом скуловой кости единым блоком с мелкооскольчатым переломом нижнеглазничного края.  IV тип – Оскольчатый перелом скуло-орбитального комплекса.</p>
--	--

В таблицах 3 и 4 приведено количество исследуемых пациентов 1 и 2 второй групп и их подгрупп соответственно в зависимости от пола, возраста и нозологии.

Таблица 3

Распределение пациентов 1-й группы по полу, возрасту, виду дефекта и типу применяемой навигационной системы\*

Нозологическая форма	Пациенты						Всего
	Пол	Возраст (лет)					
		18-25	26-35	36-45	46-55	56-65	
Изолированные дефекты и деформации передней стенки лобной пазухи.	Муж.	1/0	2/1	1/1	1/0	1/0	8
	Жен.	0/1	0/0	0/1	1/0	0/0	3
Дефекты и деформации передней стенки лобной пазухи с вовлечением верхнеглазничного края орбиты.	Муж.	0/1	0/0	0/0	2/0	0/0	3
	Жен.	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0
Дефекты и деформации назо-орбито-этмоидального комплекса. (I, II, III тип).	Муж.	2/1	1/1	1/1	0/1	1/0	9
	Жен.	1/0	1/2	0/0	0/0	0/0	4
Дефекты и деформации скуло-орбитального комплекса (I, II, III, IV тип).	Муж.	2/2	2/1	1/1	1/1	0/1	12
	Жен.	1/1	1/1	1/2	0/0	0/0	7
Всего		13	13	10	7	3	46

\*Зелёным цветом выделены пациенты первой группы первой подгруппы, у которых применяли навигационную систему с электромагнитным типом регистрации; жёлтым цветом выделены пациенты первой группы второй подгруппы, у которых применяли навигационную систему с оптическим типом регистрации. Голубой цвет – пациенты с повреждением верхней трети лица, серый цвет – пациенты с повреждением средней трети лица.

Распределение пациентов контрольной группы по полу, возрасту и виду дефекта\*

Нозологическая форма	Пациенты						
	Пол	Возраст (лет)					Всего
		18-25	26-35	36-45	46-55	56-65	
Изолированные дефекты и деформации передней стенки лобной пазухи.	Муж.	1	1	1	0	0	3
	Жен.	1	0	0	0	0	1
Дефекты и деформации передней стенки лобной пазухи с вовлечением верхнеглазничного края орбиты.	Муж.	0	1	0	1	0	2
	Жен.	0	0	0	0	0	0
Дефекты и деформации назо-орбито-этмоидального комплекса. (I, II, III тип).	Муж.	1	2	1	0	0	4
	Жен.	1	0	0	0	0	1
Дефекты и деформации скуло-орбитального комплекса (I, II, III, IV тип).	Муж.	1	3	1	0	0	5
	Жен.	0	1	0	0	0	1
Всего		5	8	3	1	0	17

\*Голубой цвет – пациенты с повреждением верхней трети лица, серый цвет – пациенты с повреждением средней трети лица.

## 2.2 Методы обследования пациентов

### 2.2.1 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 оценивался 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).

В ходе пальпаторного обследования выявлялось наличие костных «ступенек», оценивался рельеф костных структур, степень пролабирования мягких тканей в полости дефектов, наличие или отсутствие болевой чувствительности, оценивалось состояние тактильной чувствительности.

Лабораторное обследование включало в себя: клинический анализ крови, биохимический анализ крови, определение группы крови и резус-фактора, коагулограмму, исследование крови на инфекционные заболевания (ВИЧ, Гепатиты В и С, сифилис), клинический анализ мочи, обзорную рентгенограмму органов грудной клетки, электрокардиографическое исследование.

Всем пациентам на этапе обследования проводились консультации смежных специалистов (терапевт, анестезиолог, нейрохирург, офтальмолог) для составления наиболее полного плана лечения.

### **2.2.2 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.

У пациентов было получено разрешение на публикацию фото- и видеоматериалов.

### **2.2.3 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 (Рис. 02)



Рисунок 02. Фотография – Мультиспиральный компьютерный томограф 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;

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.

Проведение контрольного МСКТ в раннем послеоперационном периоде (3-7 дней) позволяло определить положение репонированных костных фрагментов относительно костей лицевого и мозгового отделов черепа и различных мягкотканых структур, а так же оценить правильность установки реконструктивных имплантатов и фиксирующих конструкций.

МСКТ, выполненная в позднем послеоперационном периоде (6-12 месяцев), позволяла оценить степень консолидации костных фрагментов, положение реконструктивных имплантатов и фиксирующих конструкций и состояние окружающих их мягкотканых структур, таких как парабульбарная клетчатка, глазные яблоки, мышцы).

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

### **2.3 Методики хирургического лечения.**

Исходя из локализации топографии посттравматических дефектов и деформаций челюстно-лицевой в рамках нашего исследования использовались различные методы хирургических доступов: бикоронарный, субцилиарный, надбровный, преаурикулярный, внутриротовой.

Бикоронарный разрез позволял обеспечить доступ к лобной области, верхней и латеральной стенкам глазницы.

Методика выполнения: волосяной покров теменной и височной областей, попадающий в зону разреза сбрасывался в предоперационном периоде. В условиях операционной после проведения эндотрахеального наркоза операционное поле обрабатывалось спиртосодержащими растворами антисептиков, затем при помощи раствора бриллиантового зеленого проводилась разметка линии разреза. Проводилась местная инфильтрационная анестезия 0,25-0,5% раствором лидокаина с содержанием адреналина 1:200000 по ходу линии предполагаемого разреза. Инфильтрация тканей способствует гидропрепарированию и гемостазу. Затем при помощи скальпеля с лезвием №10 проводили непрерывный зигзагообразный разрез кожи от переднего края завитка ушной раковины с одной стороны до аналогичного анатомического ориентира с противоположной стороны. Рассекали подкожно-жировую клетчатку и апоневроз до надкостничного слоя. На мобилизованный край кожно-апоневротического лоскута фиксировали металлические клипсы для обеспечения полного гемостаза. Кожно-апоневротический лоскут смещался кпереди, тем самым обеспечивая доступ к лобной области, скуловой кости и скуловой дуге. Затем проводили рассечение надкостницы и при помощи распатора скелетировали верхнеглазничный край, скуловую кость, скуловую дугу и лобную кость. Гемостаз по ходу операции осуществлялся би- или моно-полярным

коагулятором. Рана послойно ушивалась нитями Vicril 3-0 и Prolene 3-0 (рис. 03).

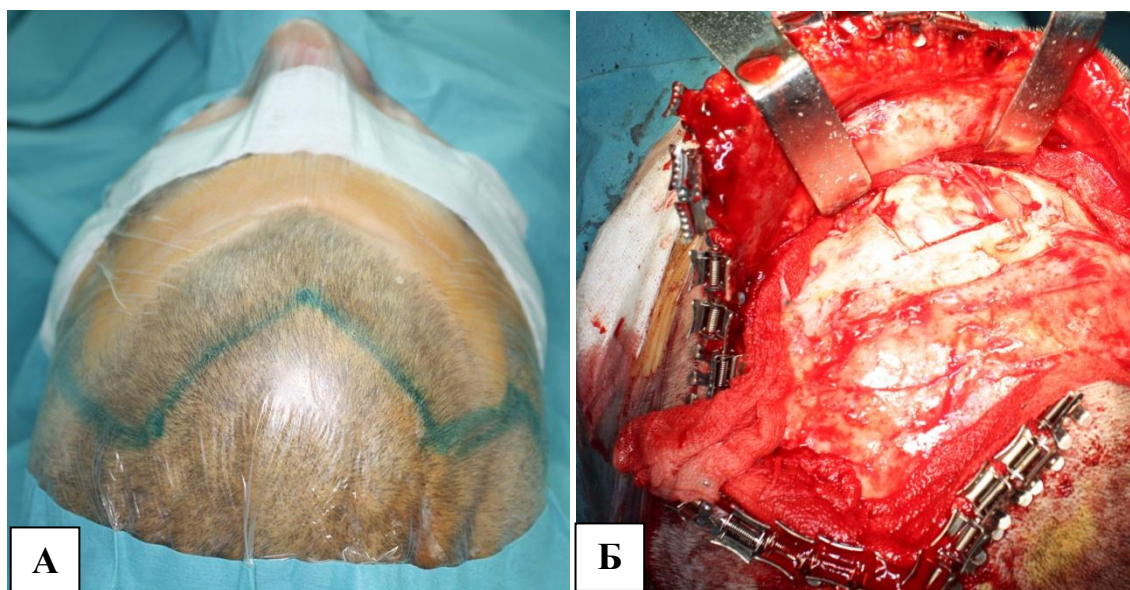


Рисунок 03. Интраоперационная фотография. А – нанесение линии предстоящего разреза; Б – выполненный бикоронарный разрез с фиксированными клипсами на краях кожно-апоневротического лоскута.

Субциллиарный доступ позволял обеспечить визуализацию нижнеглазничного края и дна глазницы. После двухкратной обработки операционного поля растворами антисептиков на кожу нижнего века отступя 1,0-1,5 мм от ресничного края наносилась линия предполагаемого разреза раствором бриллиантового зеленого параллельно краю нижнего века. Затем проводилась местная инфильтрация мягких тканей 0,25% раствором лидокаина с адреналином в разведении 1:200000 по ходу намеченного разреза. Ресничный край нижнего века брался на 3-4 лигатуры и оттягивался ассистентом кверху. Скальпелем с лезвием №15 проводился разрез кожи, сепарация кожи нижнего века от прилегающей круговой мышцы глаза, затем «острым» путем проходили ткани до нижнеглазничного края с формированием кожного лоскута в виде «паруса», что позволяло обеспечить больший уровень визуализации. В области нижнеглазничного края проводилось горизонтальное рассечение надкостничного слоя и последующее скелетирование нижней стенки глазницы и нижнеглазничного края при помощи распатора. Глазное яблоко оттесняется

кверху при помощи специального ретрактора, что позволяет обеспечить необходимый доступ к задним отделам нижней стенки глазницы. Гемостаз по ходу выполнения оперативного вмешательства выполнялся би- или монополярным коагулятором. Рана ушивалась послойно Vicril 5-0 и Prolene 4-0 (Рис. 04).

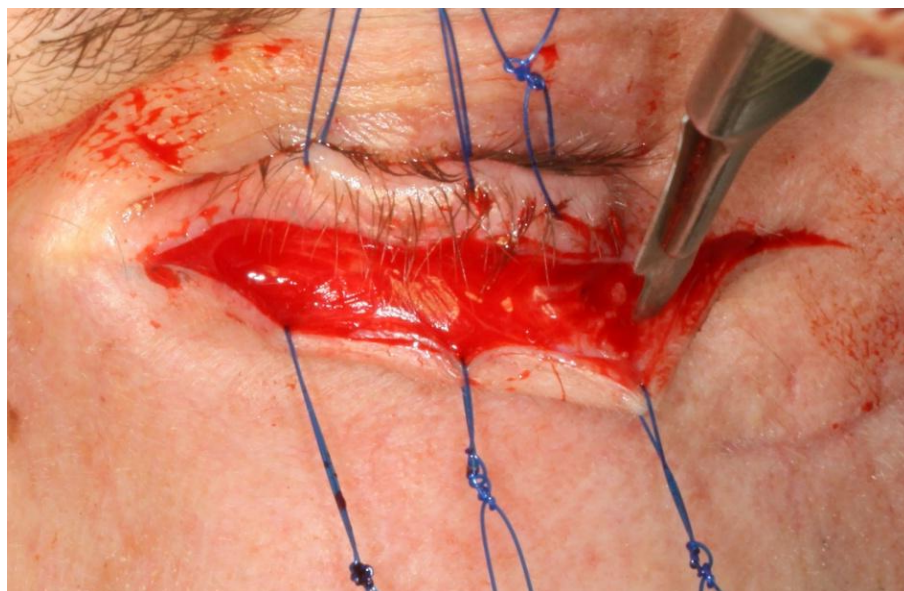


Рисунок 04. Интраоперационная фотография – выполнение субцилиарного разреза.

Надбровный доступ использовался в случае проведения оперативного вмешательства в области верхнечелюстного синуса и верхнеглазничного края глазницы. Так же при необходимости обеспечения доступа к скуло-лобному шву, разрез может быть несколько увеличен за счет перехода на височную область. Данный доступ проводится по верхней границе линии роста волос. Методика выполнения: после двухкратной обработки операционного поля спиртовыми растворами антисептиков проводилось нанесение бриллиантовым зеленым линии предполагаемого разреза на кожных покровах. С целью улучшения гемостаза и проведения гидросепарации мягких тканей в области намеченной линии разреза проводили инфильтрацию тканей 0,25-0,5% раствором лидокаина с содержанием адреналина 1:200000. Разрез кожи и подкожно-жировой клетчатки проводили лезвием №15, далее «острым» методом проходили до надкостницы с последующим ее рассечением и сепарацией

распатором для скелетирования верхнеглазничного края орбиты и передней стенки лобной кости. После проведения оперативного вмешательства рана послойно ушивалась нитями Vicril 4-0 и Prolene 4-0 (Рис 05).

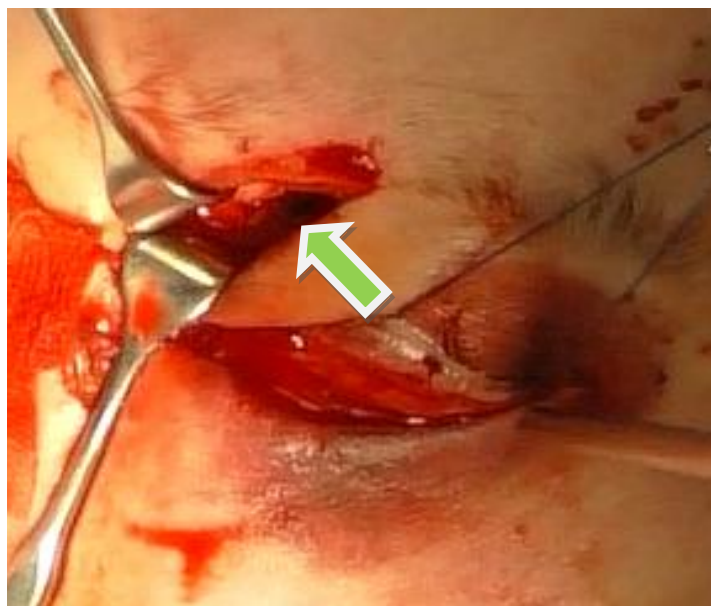


Рисунок 05. Интраоперационная фотография – выполнение надбровного доступа (стрелкой указана линия разреза).

Внутриротовой доступ использовался в случае необходимости проведения оперативного вмешательства в подглазничной области, в области скуло-верхнечелюстного шва, передней стенки верхнечелюстного синуса. Методика выполнения: после обработки операционного поля водным раствором хлоргексидина 0,05% и проведения инфильтрационной анестезии по переходной складке 0,5% раствором лидокаина выполняли разрез слизистой оболочки преддверия полости рта в проекции с 3 по 7 зубы верхней челюсти лезвием №15. Затем при помощи распатора проводили сепарацию надкостницы со скелетированием передней стенки верхнечелюстной пазухи, скуло-верхнечелюстного шва, скуловой кости и нижнеглазничного края. Рана ушивается узловыми швами Vicril 4-0 (Рис. 06).



Рисунок 06. Интраоперационная фотография – выполнение внутриротового доступа.

#### **2.4 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 – Brilab 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. В свою очередь использование интраоперационной навигационной системы, вне зависимости от типа регистрации, включало в себя несколько этапов.

1 Этап. Занесение данных МСКТ пациента в базу данных навигационной установки.

После активации основного модуля навигационной системы, в него производили загрузку данных МСКТ, выполненной в максимально

приближенные к оперативному вмешательству сроки при помощи перенесения этих данных с компакт-диска или USB-носителя. Указанные данные маркировались паспортными данными пациента, для удобства последующего анализа. Далее программное обеспечение навигационной станции выполняло построение мультипланарных плоскостных реконструкций и виртуальной 3D-модели черепа (рис.07). Плоскости симметрии выстраивались по реперным точкам, которые аналогичны тем, что использовались для цефалометрического анализа.

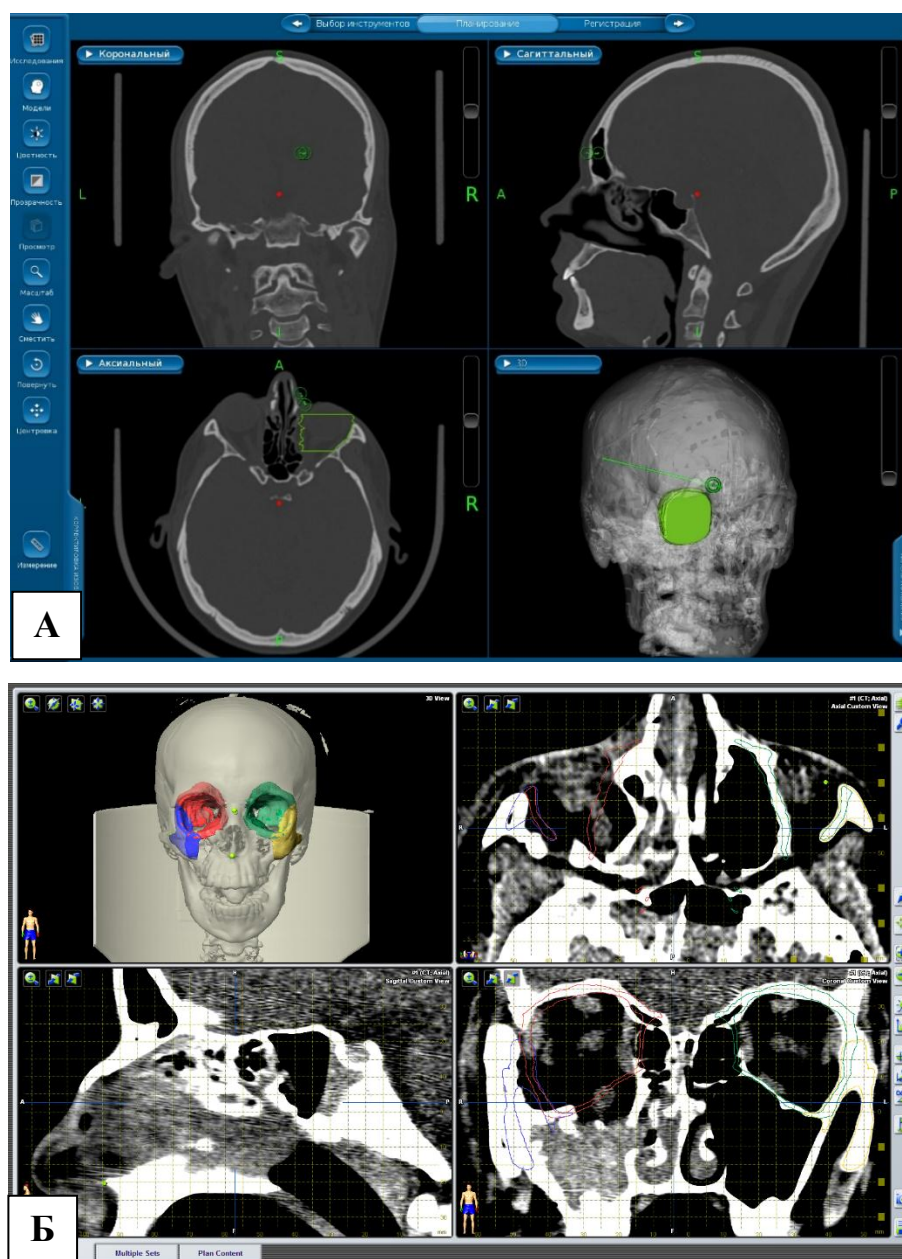


Рисунок 07. Фотография интерфейса интраоперационных навигационных систем – А – Medtronic Stealth Station S7; Б – Brailab 18070 Kick.



## 2 Этап. Планирование виртуального реконструктивного вмешательства.

В зависимости от использованной интраоперационной навигационной системы этап планирования отличался различным программным функционалом.

При планировании оперативного вмешательства в навигационной станции «Stealth Station S7» область реконструкции моделировалась «вручную» с построением плоскости реперных точек в проекции дефекта или деформации с визуальной ориентацией на неповрежденную сторону лицевого скелета на каждом срезе мультипланарных плоскостных реконструкций.

Программное обеспечение «iPlan CMF» навигационной станции «BrainLab 18070 Kick» позволяет проводить «зеркальное» отображение неповрежденной стороны лицевого скелета на деформированную относительно установленной оси симметрии и сегментировать отдельные анатомические области, учитывая усредненные анатомические параметры, сохраненные в «виртуальном анатомическом атласе», что увеличивает точность моделирования зоны планируемой реконструкции.

В результате планирования на виртуальной трехмерной модели черепа отображается зона реконструкции, восполняющая тот или иной костный дефект (рис.08).



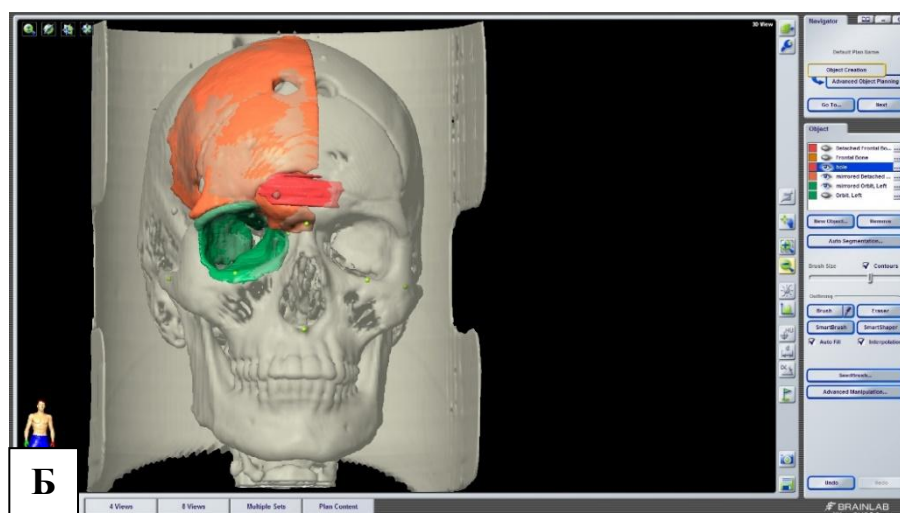


Рисунок 08. Фотография интерфейса интраоперационных навигационных систем: А – Medtronic Stealth Station S7; Б – Brailab 18070 Kick (Красным цветом выделены зоны планируемых реконструкций).

3 Этап. Интраоперационная регистрация пациента (программное совмещение виртуальной модели черепа с черепом пациента в реальном времени).

После построения виртуальной модели результата хирургического вмешательства на рабочей станции, в условиях операционной проводилась процедура регистрации пациента. В зависимости от механизма действия навигационной системы, регистрация осуществляется бесконтактным способом при использовании оптической системы «BrainLab 18070 Kick» или контактным способом при использовании электромагнитной системы «Stealth Station S7». Процедура регистрации пациента в системе «Stealth Station S7» подразумевает необходимость фиксации на своде черепа пациента электромагнитного датчика, соединенного с блоком управления, и позиционирование электромагнитного излучателя в зоне непосредственной близости к датчику. Регистрация осуществляется за счет установки поинтера на определенные реперные точки на кожных покровах лица пациента, визуализируемые на виртуальной 3D-модели мягких тканей пациента и занимает 60-95 сек. При использовании оптической системы «BrainLab 18070 Kick» так же существует необходимость фиксации изолированной регистрационной рамки на голове пациента, однако регистрация

проводится бесконтактным методом, для этого используется лазерный указатель и оптическая стойка, регистрирующая положение лазерного луча на контуре мягких тканей пациента. Время регистрации составляет около 35 сек. Так же существует возможность установки дополнительных точек контактным методом при помощи поинтера для увеличения прецизионности. (рис. 09).

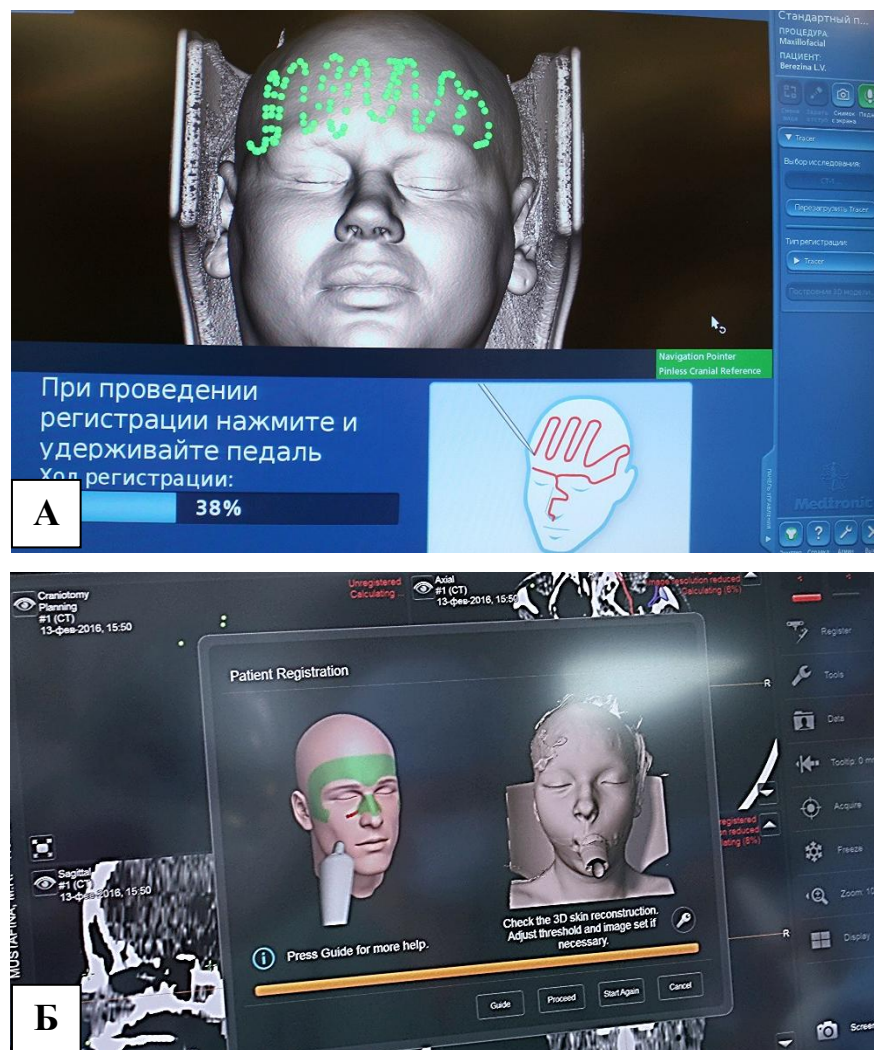


Рисунок 09. Фотография интерфейса интраоперационных навигационных систем – А – Medtronic Stealth Station S7; Б – Brailab 18070 Kick (Этап регистрации пациента).

4 Этап. Выполнение оперативного вмешательства под контролем навигационной системы.

Когда программное обеспечение навигационной станции полностью совмещало голову пациента с виртуальной моделью его черепа проводилось выполнение хирургического вмешательства. Стоит отметить, что

навигационные системы, использующие оптический тип регистрации, позволяют контролировать положение не только поинтера, но и некоторые типы силового оборудования, линейные размеры которого постоянны и есть возможность их калибровки (все виды ротационных режущих инструментов). Эта особенность позволяет не только контролировать положение и локализацию костных фрагментов и реконструктивных имплантатов в операционной ране, но и непосредственно в режиме реального времени корректировать прохождение линии остеотомии, в соответствии с планом, спроектированным на предоперационном этапе. После выполнения хирургического доступа, мобилизации и репозиционирования костных фрагментов и установки реконструктивных имплантатов поинтер устанавливался на различные точки данных структур, таким образом осуществлялся интраоперационный контроль. В случае полного соответствия координат реперных точек виртуальной модели на мультипланарных срезах проводилась фиксация костных фрагментов и реконструктивных имплантатов при помощи титановых мини-винтов с последующей контрольной оценкой контуров виртуальной и реальной плоскостей реконструкции (рис. 10).

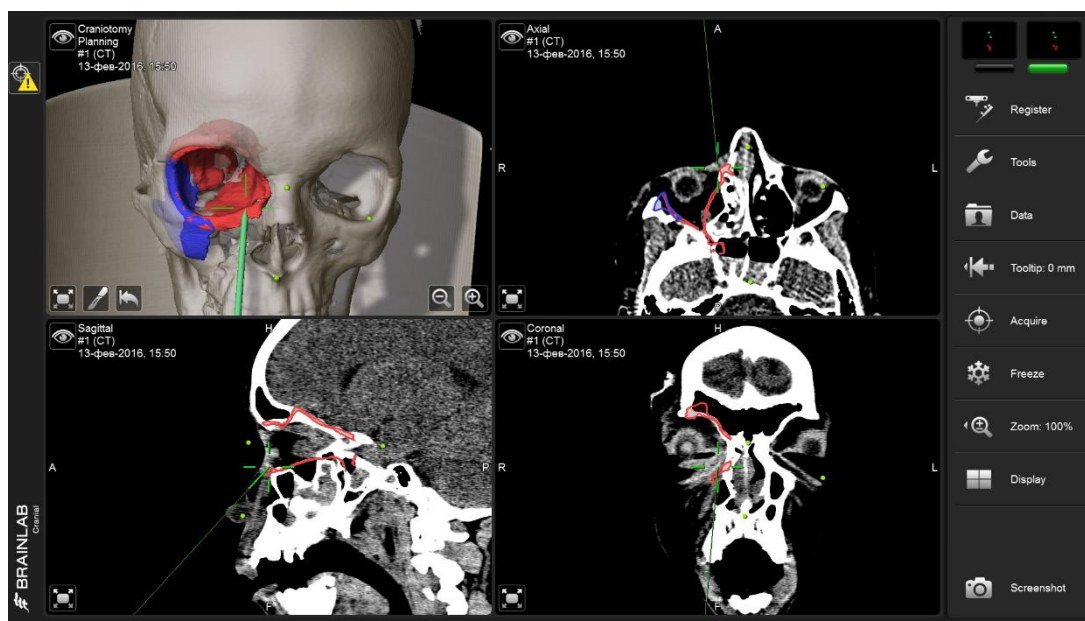


Рисунок 10. Фотография интерфейса интраоперационной навигационной системы Brailab 18070 Kick Этап контроля положения реконструктивного имплантанта.

### 2.4.1 Электромагнитная навигационная система Medtronic Stealth Station S7.

Навигационная система состоит из нескольких компонентов – компьютерный блок, стойка с монитором для визуализации, электромагнитный излучатель, основной блок обработки данных (рис.11). С целью синхронизации положения головы пациента с виртуальной моделью черепа, построенной по данным МСКТ необходима установка жесткофиксированного датчика на своде черепа, связанного с основным блоком обработки данных (рис.12). Данные о положении датчика считываются электромагнитным излучателем, обрабатываются в основном блоке и передаются непосредственно на компьютерный блок с последующей визуализацией на мониторах.

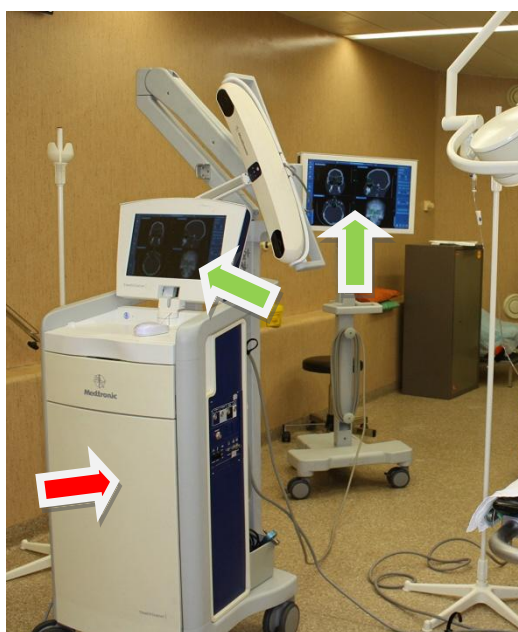


Рисунок 11. Фотография интраоперационной навигационной станции Medtronic Stealth Station S7. Компьютерный блок (красная стрелка), мониторы для визуализации виртуальной модели (зеленые стрелки).

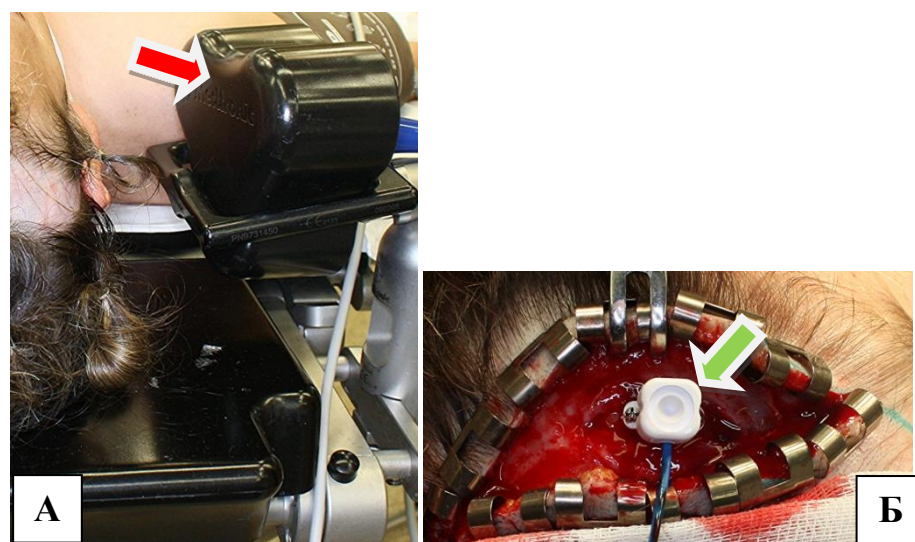


Рисунок 12. Интраоперационная фотография - А – установка электромагнитного излучателя в непосредственной близости к голове пациента (красная стрелка); Б – установка датчика на своде черепа (зеленая стрелка).

Для первичной регистрации пациента в системе навигационной станции и последующего осуществления передачи данных о положении остеотомированных фрагментов, взаимного соотношения различных мягкотканых и костных структур и реконструктивных имплантантов в режиме «реального времени» и совмещения этих данных с результатами предоперационного планирования используется инструмент – поинтер (Рис 13).



Рисунок 13. Интраоперационная фотография – поинтер навигационной станции указан стрелкой.

### 2.4.2 Оптическая навигационная система Brailab 18070 Kick.

В отличие от навигационной системы, использующей электромагнитный принцип регистрации пациента, оптическая система состоит из главного компьютерного модуля, монитора для визуализации данных и стойки с инфракрасными камерами (Рис.14).



Рисунок 14. Фотография интраоперационной навигационной станции Brailab 18070 Kick. Компьютерный блок (красная стрелка), монитор для визуализации виртуальной модели (зеленая стрелка), стойка с инфракрасными камерами (желтая стрелка).

Интраоперационная синхронизация положения головы пациента и виртуальной 3D-модели черепа, построенной по данным предоперационного МСКТ, происходит за счет считывания положения фотоотражающих элементов на регистрационной рамке, фиксированной на своде черепа, при помощи инфракрасных камер (Рис.15).

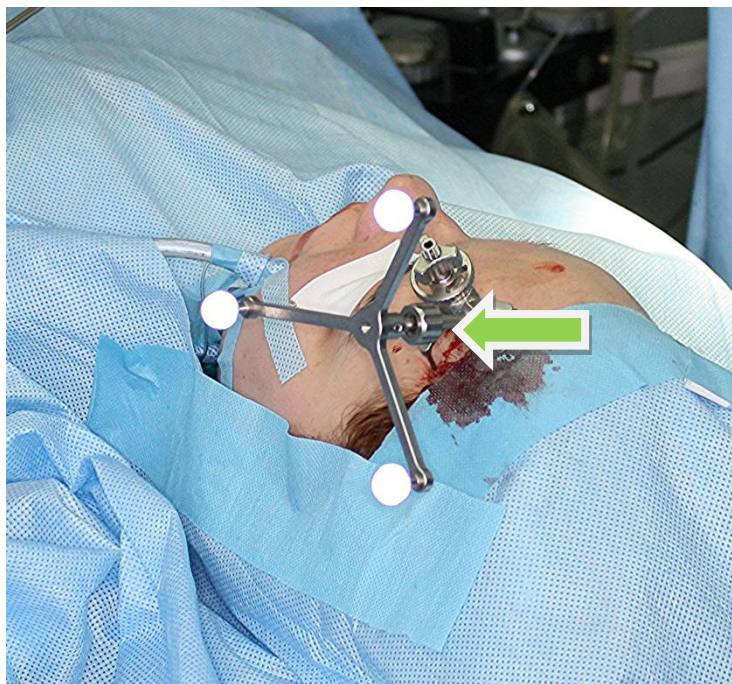


Рисунок 15. Интраоперационная фотография – установленная регистрационная рамка с фотоотражающими элементами указана стрелкой.

При использовании навигационной системы с оптическим типом регистрации нет необходимости располагать излучатель в непосредственной близости к операционному полю, однако требуется нахождение светоотражающих элементов в прямой видимости для объектива инфракрасной камеры. Зафиксированная регистрационная рамка после проведения процедуры регистрации не ограничивает подвижности головы пациента и не затрудняет хирургический доступ. С целью обеспечения интраоперационного контроля используется беспроводной поинтер с зафиксированными светоотражающими элементами (Рис.16).



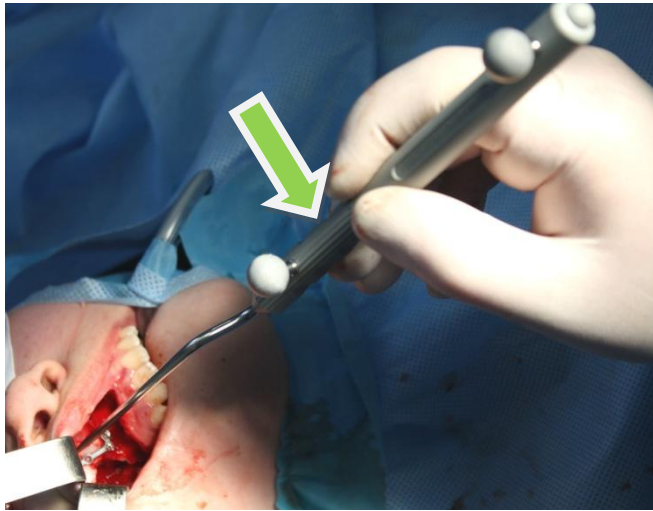


Рисунок 16. Интраоперационная фотография – поинтер навигационной станции указан стрелкой.

## 2.5 Статистический анализ данных

С целью статистической обработки и анализа полученных данных использовался персональный компьютер с операционной системой Windows 10 в программном обеспечении Microsoft Office Excel 2010 со стандартным набором функций.

## **ГЛАВА 3. РАЗРАБОТКА МЕТОДА ТРЕХМЕРНОГО ЦЕФАЛОМЕТРИЧЕСКОГО АНАЛИЗА И ЕГО ИСПОЛЬЗОВАНИЕ В ПЛАНИРОВАНИИ ОПЕРАТИВНЫХ ВМЕШАТЕЛЬСТВ**

### **3.1 Метод трехмерного цефалометрического анализа**

Планирование оперативного вмешательства посттравматических повреждений костей лицевого скелета является важной задачей, от которой зависит успех лечения. Это обусловлено сложным анатомо-топографическим строением черепа и несимметричностью правой и левой половин черепа и лица. Для планирования хирургического лечения и оценки его результатов применяли трёхмерный цефалометрический анализ на основе данных компьютерной томографии. Преимуществом данного подхода явилась возможность измерения как линейных проекционных расстояний между исследуемыми реперными точками, так и абсолютных расстояний между точками в пространстве.

Исследование проводили в программе 3DCef. Данное программное обеспечение позволяет создавать любые настраиваемые виды расчётов исходя из целей исследователя. Поэтому нами была разработана собственная методика оценки цефалометрических показателей при посттравматических дефектах и деформациях, применяемая до и после лечения.

При разработке методики цефалометрического анализа мы решали 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.17).

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

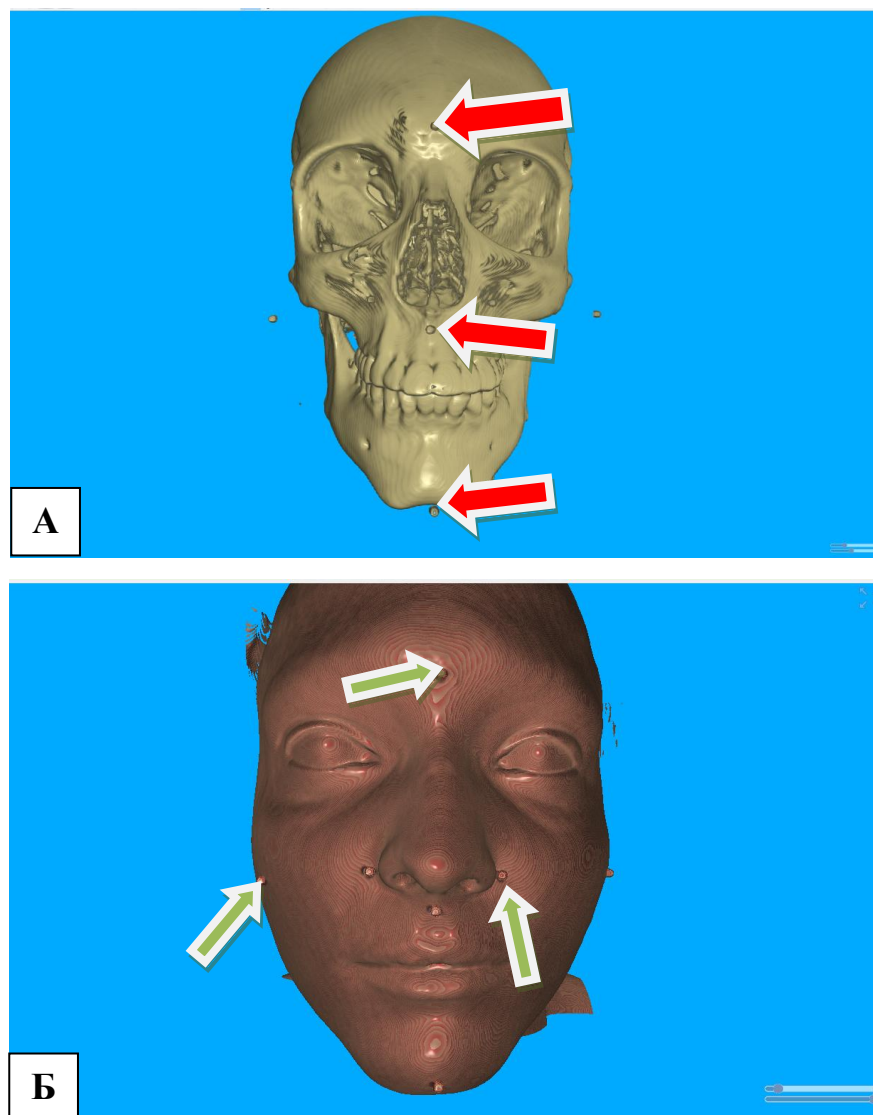


Рисунок 17. Интерфейс программы 3DCef. А – 3D-модель черепа с рентгеноконтрастными метками (указаны красными стрелками); Б – 3D-модель черепа с реконструкцией мягких тканей и рентгеноконтрастными метками (указаны зелеными стрелками).

Полученные данные подвергали статистической обработке. Всего по описанной методике были обработаны цефалометрические данные 15 человек. Результаты проводимого анализа представлены в таблице 5.

Таблица 5

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.
G1-sn	6,2-7,2	6,2-7,1	$0,11 \pm 0,03$
G1-me	10,8-11,4	10,9-11,4	$0,13 \pm 0,04$
sn-me	4,2-5,5	4,3-5,4	$0,13 \pm 0,02$
AlaR-AlaL	3,3-4,0	3,2-4,1	$0,12 \pm 0,05$
ZyR-ZyL	10,3-11,3	10,3-11,0	$0,15 \pm 0,06$
AlaR-me	5,9-6,6	6,0-6,5	$0,14 \pm 0,03$
AlaL-me	5,9-6,4	5,9-6,5	$0,13 \pm 0,03$
AlaR-G1	5,4-5,9	5,3-5,9	$0,13 \pm 0,02$
AlaL-G1	5,4-6,0	5,5-6,1	$0,12 \pm 0,03$

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 (рис. 18).

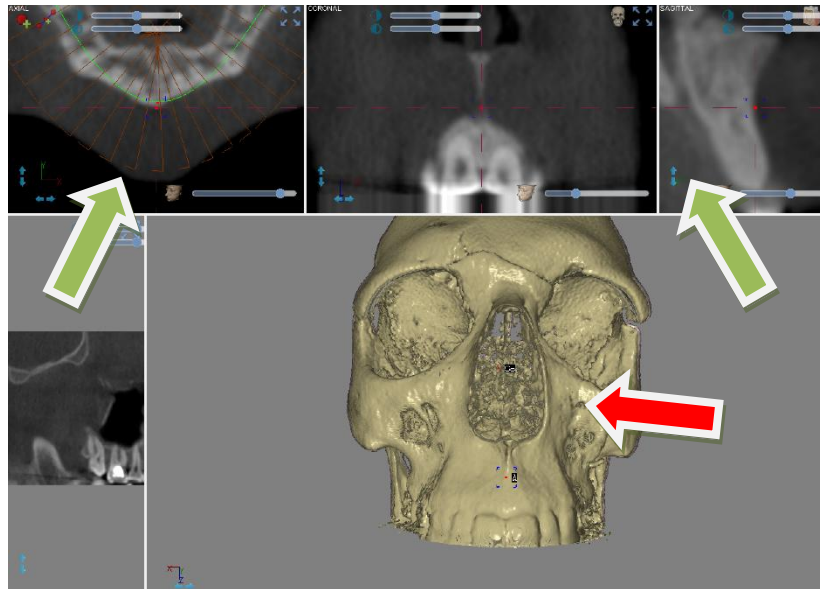


Рисунок 18. Интерфейс программы 3DCef. Виртуальная 3D-модель черепа (красная стрелка). Мультипланарные плоскостные реконструкции в различных плоскостях (зеленая стрелка).

Далее нами были определены референсные плоскости. Трёхмерные измерения должны быть строго «привязаны» к определённым плоскостям, которые в свою очередь должны быть чётко охарактеризованы, чтобы измерения у разных пациентов были сравнимы между собой.

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 повлияла 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 (рис. 19).

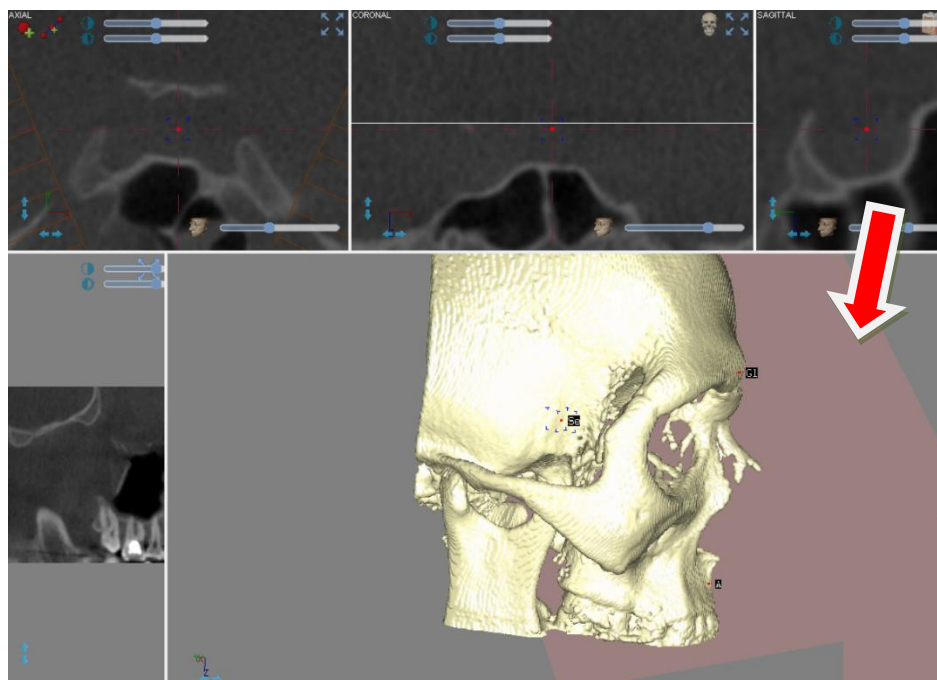


Рисунок 19. Интерфейс программы 3DCef. Срединная сагиттальная плоскость (красная стрелка).

Аналогичным образом через точку Na (или Gl) строились 2 дополнительные референсные плоскости: верхняя лицевая плоскость (ВЛП) – горизонтальная плоскость, перпендикулярная ССП, и передняя лицевая плоскость (ПЛП) – вертикальная плоскость, которая также перпендикулярна ССП. Таким образом, получалась система 3-х взаимно перпендикулярных плоскостей, которые в любом исследовании ориентировались одинаковым способом (рис. 20).

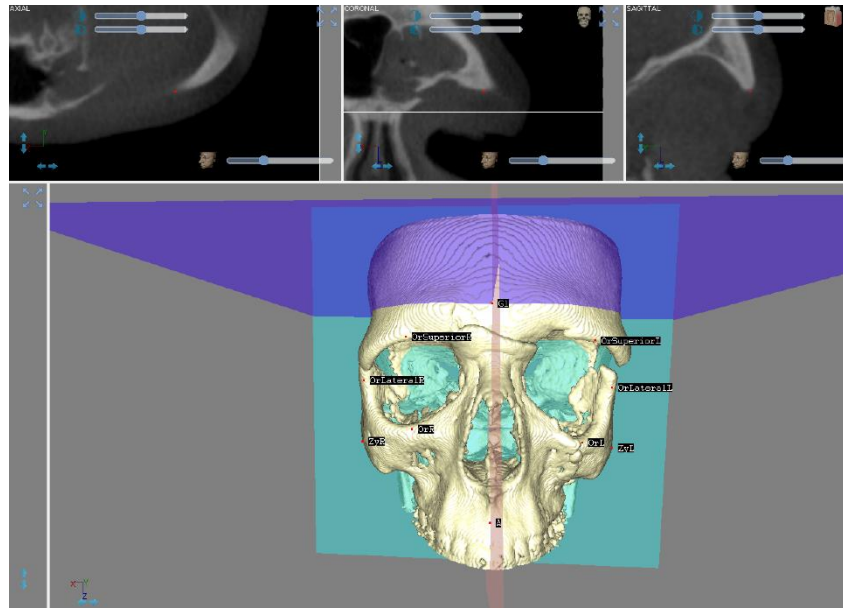


Рисунок 20. Интерфейс программы 3DCef. Позиционирование 3х взаимно перпендикулярных плоскостей.

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 3х плоскостях (рис. 21).



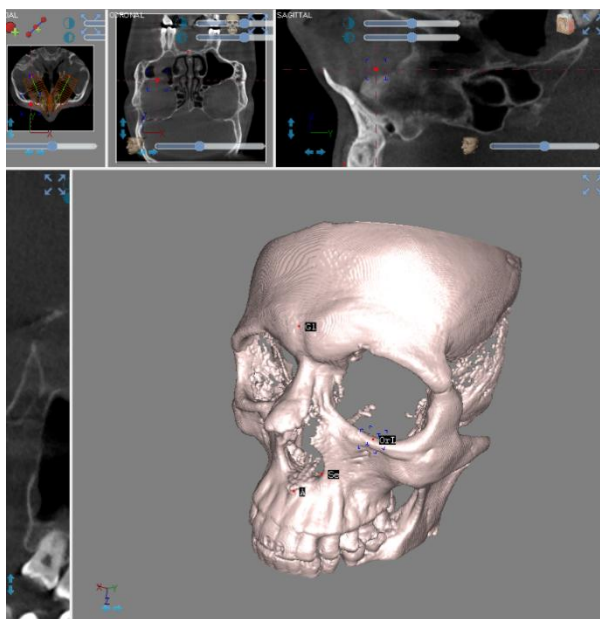
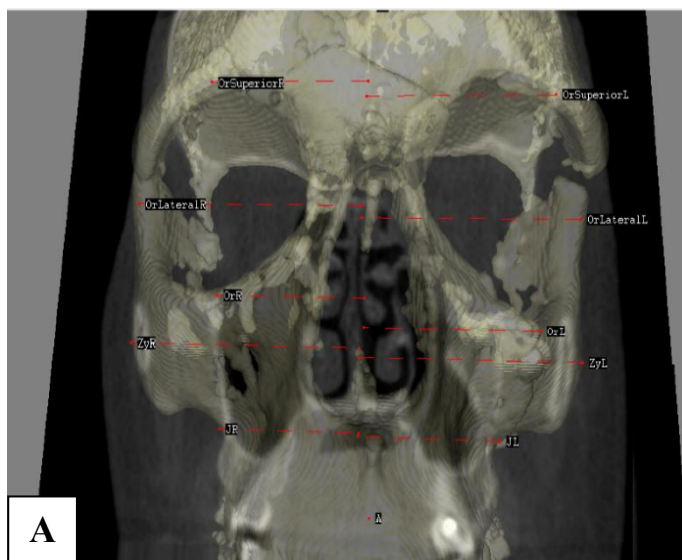


Рисунок 21. Интерфейс программы 3DCef. Позиционирование реперных точек.

После расстановки указанных точек программное обеспечение производило расчет высоты опущенного перпендикуляра от каждой цефалометрической точки до 3х плоскостей (рис. 22).



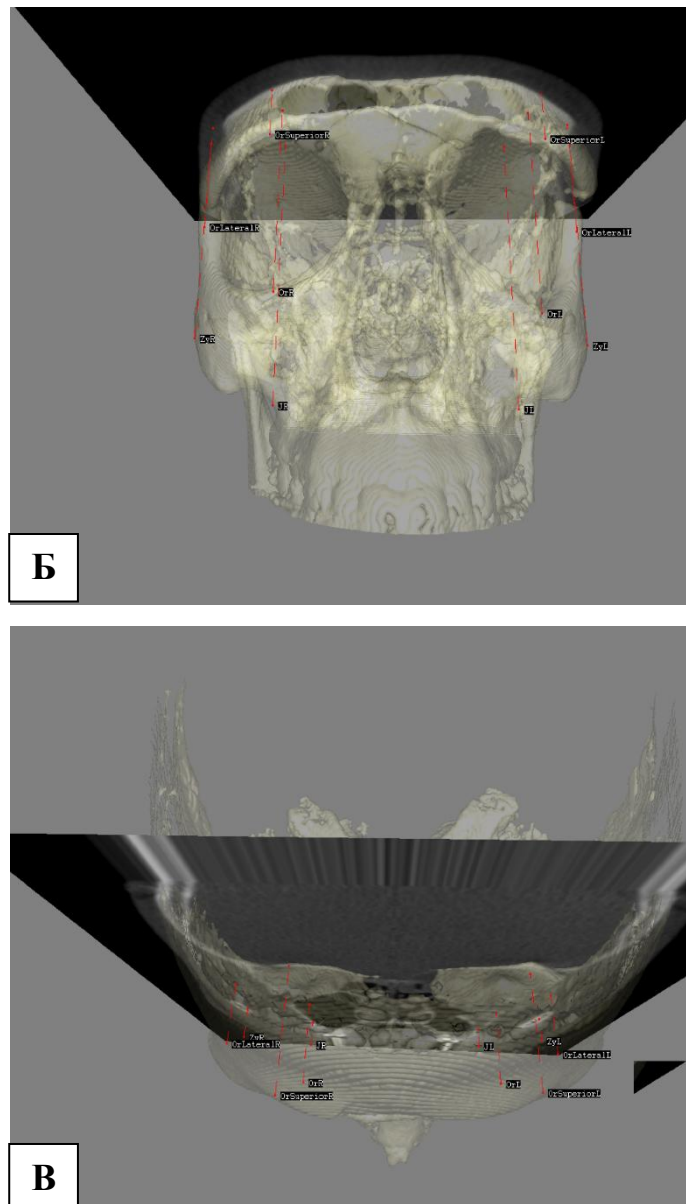


Рисунок 22. Интерфейс программы 3DCef

Расчет положения реперных точек относительно: А – ССП (срединной саггитальной плоскости); Б – ВЛП (верхней лицевой плоскости); В – ПЛП (передней лицевой плоскости).

Данные о расстоянии между цефалометрической точкой и плоскостью визуализируются в виде сводной таблицы соответственно правой и левой стороне черепа. Отображение результатов в такой форме значительно упрощает проведение дальнейшего анализа (рис. 23).

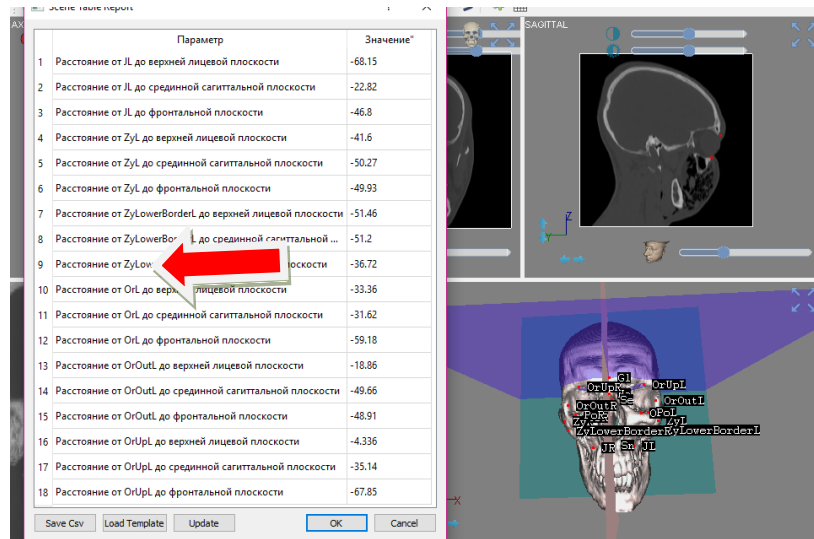


Рисунок 23. Интерфейс программы 3DCef. Таблица результатов измерений для левой стороны черепа (красная стрелка).

Цефалометрические параметры зависят от пола, возраста, расовой принадлежности, при этом не существует стандартизированных показателей объемного цефалометрического анализа. Кроме того, точность самих расчетов напрямую зависит от прецизионности установки тех или иных ЦТ врачом. Исходя из указанных ограничений, в нашей работе мы не ориентировались на конкретные значения измерений между ЦТ и референсными плоскостями, а сравнивали показатели правой и левой сторон. Для проверки точности и повторяемости самой методики расстановки ЦТ, были проведены одинаковые измерения разными врачами.

Для корреляции значений, нами был проведен анализ данных 40 компьютерных томограмм пациентов без каких-либо костных патологий различного возраста, половой и расовой принадлежности. Полученные значения отображены в таблице 6.

Минимальные, максимальные и средние линейные параметры положения цефалометрических точек у пациентов без дефектов и деформаций челюстно-лицевой области

Параметры измерения	Минимальные и максимальные значения, мм.	Средние значения, мм.
Расстояние от J до ВЛП	51,8-80,56	64,62±7,26
Расстояние от J до ССП	8,69-38,92	26,35±7,46
Расстояние от J до ПЛП	21,3-52,93	37,62±10,39
Расстояние от Zu до ВЛП	38,8-56,39	47,33±5,67
Расстояние от Zu до ССП	46,5-55,44	51,27±2,85
Расстояние от Zu до ПЛП	21,8-52,71	37,6±8,59
Расстояние от Or до ВЛП	29,4-51,52	39,14±5,44
Расстояние от Or до ССП	30,5-37,67	34,08±2,3
Расстояние от Or до ПЛП	12,8-61,95	36,2±17,42
Расстояние от OrLateralis до ВЛП	6,18-28,45	20,39±6,09
Расстояние от OrLateralis до ССП	46,1-53,67	49,79±2,38
Расстояние от OrLateralis до ПЛП	21-48,19	35,21±10,68
Расстояние от OrSuperior до ВЛП	1,17-13,03	6,82±3,14
Расстояние от OrSuperior до ССП	27,9-36,99	32,17±2,35
Расстояние от OrSuperior до ПЛП	7,72-67,22	36,87±25,01

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 мы получили усредненную разницу 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 7.

Усредненная разница расстояний цефалометрических точек до референсных плоскостей в норме

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

Таким образом, мы определили границы отклонений цефалометрических значений обусловленных асимметрией правой и левой сторон и точностью расстановки самих точек. Так как лицо человека и череп не являются абсолютно симметричными, то при планировании хирургического лечения и оценке его результатов важно учитывать влияние этого фактора.

Также мы выявили, что координаты точек с четкими пространственными характеристиками имели минимальные расхождения при измерениях различными операторами. К таким точкам относятся Orbitale, Orbitale Lateralis, Orbitale Superior. В среднем отклонения в координатах этих точек составили 0,9 мм. Напротив, координаты точек, которые располагаются на уплощенных поверхностях без резких углов или углублений, могут значительно отличаться при построении на разных компьютерных томограммах, и это зависит от точности позиционирования этих точек врачом. Например, отклонения в координатах точек Zygion составили 2.5-3.0 мм. Эти данные свидетельствуют о том, что для достоверного планирования и оценки результатов лечения требуется тщательное позиционирование реперных точек (рис. 24).

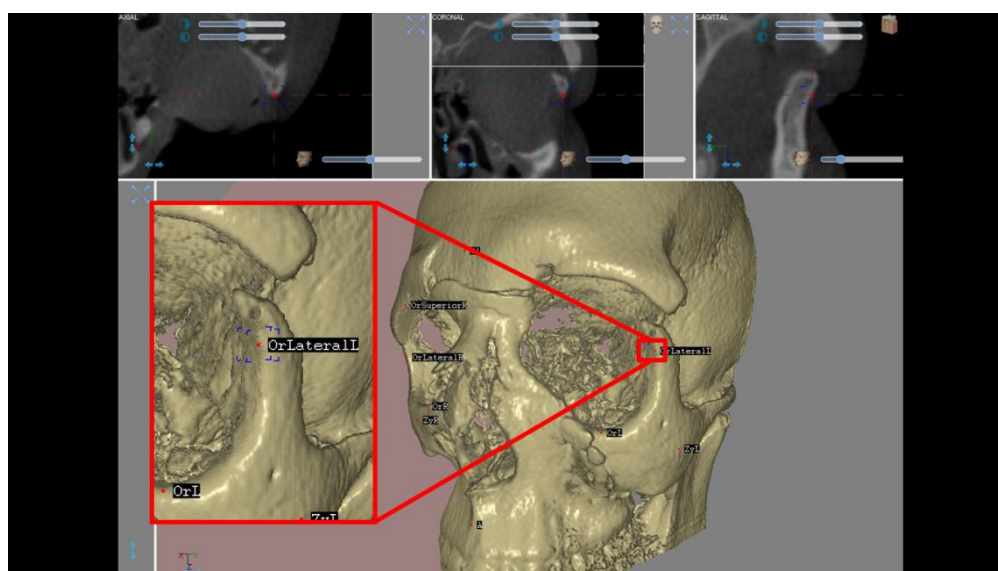


Рисунок 24. Интерфейс программы 3DCef. Позиционирование точки Orbitale Lateralis L с непосредственным контролем положения точки по плоскостным мультипланарным реконструкциям.

Полученные результаты с учетом допустимых погрешностей свидетельствуют о том, что в норме существует значительная асимметрия черепа, причем асимметрия наблюдается как относительно правой и левой стороны, так и относительно горизонтальной и фронтальной плоскостей с двух сторон соответственно. Отсюда можно сделать вывод, что стремление к восстановлению идеальной симметрии между правой и левой сторонами не должно являться основной целью реконструктивного вмешательства при устранении дефектов и деформаций костей лицевого скелета. Усредненные данные показывают, что разница линейных параметров положения цефалометрических точек у пациентов, не имеющих деформаций черепа, может достигать 3,5мм, что в свою очередь обусловлено исходным асимметричным строением костей лицевого скелета.

### **3.2 Разработка программного обеспечения для проведения 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. 25).

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.





Рисунок 25. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ

Таким образом, нами была разработана программа для ЭВМ - 3DCef, позволяющая на основании данных МСКТ строить трёхмерные модели лица и черепа, по ним проводить надёжные измерения выбранных линейных размеров. Были определены погрешности метода, связанные с неточностью самих измерений и естественной асимметрией головы, допустимые значения для каждого вида линейных параметров.

Разработанная программа и методика были впоследствии применены для виртуального планирования и оценки результатов проведенного хирургического лечения пациентов с приобретенными деформациями и дефектами лицевого скелета.

#### **ГЛАВА 4. ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ ХИРУРГИЧЕСКОГО ЛЕЧЕНИЯ ПРИОБРЕТЕННЫХ ДЕФЕКТОВ И ДЕФОРМАЦИЙ ЧЕЛЮСТНО-ЛИЦЕВОЙ ОБЛАСТИ С ПРИМЕНЕНИЕМ НАВИГАЦИОННЫХ СИСТЕМ И МЕТОДА ТРЕХМЕРНОГО ЦЕФАЛОМЕТРИЧЕСКОГО АНАЛИЗА**

В настоящем исследовании мы обосновали необходимость использования интраоперационных навигационных систем для повышения эффективности хирургического лечения пациентов с приобретенными дефектами и деформациями челюстно-лицевой области, с последующим созданием унифицированного алгоритма использования данных систем.

Был проведен анализ результатов хирургического лечения пациентов с различными приобретенными повреждениями челюстно-лицевой области при использовании различных навигационных систем, включающий в себя как стандартные клинико-рентгенологические методы обследования, так и специальные, разработанные программные методы контроля.

Исходя из локализации повреждений пациенты основной и контрольной групп были распределены соответственно классификации, включающей в себя деление челюстно-лицевой области на 3 зоны лица (верхнюю, среднюю и нижнюю). Так как, как было сказано выше, пациентов с деформациями нижней трети лица было недостаточно для достоверных статистических расчетов, данная категория пациентов была исключена из исследования.

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 электро-магнитный 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) (Таб. 8).

Таблица 8

Распределение пациентов основной и контрольной групп по полу.

Пол	Количество пациентов					
	Основная группа А подгруппа		Основная группа В подгруппа		Контрольная группа	
	Абс.	%	Абс.	%	Абс.	%
Мужской	19	76	13	61,9	14	82,4
Женский	6	24	8	38,1	3	17,6
Всего	25	100	21	100	17	100

По результатам анализа данных таблицы №9 можно сделать вывод, что 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.

Таблица 9

Распределение пациентов основной и контрольной групп по возрасту.

Возраст (лет)	Количество пациентов					
	Основная группа А подгруппа		Основная группа В подгруппа		Контрольная группа	
	Абс.	%	Абс.	%	Абс.	%
18-25	7	28	6	28,6	5	29,4
26-35	7	28	6	28,6	8	47,1
36-45	4	16	6	28,6	3	17,6
46-55	5	20	2	9,5	1	5,9
56-65	2	8	1	4,7	0	0
Всего	25	100	21	100	17	100

Распределение пациентов в зависимости от этиологии получения приобретенных дефектов и деформаций челюстно-лицевой области представлены в таблице №10.

Таблица 10

Распределение пациентов основной и контрольной групп исследования по этиологии дефектов и деформаций.

Этиология	Количество пациентов					
	Основная группа А подгруппа		Основная группа В подгруппа		Контрольная группа	
	Абс.	%	Абс.	%	Абс.	%
ДТП	13	52	11	52,4	8	47
Бытовой конфликт	5	20	4	19,1	4	23,5
Производственная травма	3	12	2	9,5	2	11,8
Спортивная травма	2	8	2	9,5	2	11,8
Ятрогенная травма	2	8	2	9,5	1	5,9
Всего	25	100	21	100	17	100

Следуя данным, приведенным в таблице №10, можно сделать вывод, что возникновение приобретенных дефектов и деформаций наиболее часто связано с дорожно-транспортными происшествиями (47%-52,4%), что не противоречит различным литературным данным.

В таблице 11 представлены средние сроки обращения пациентов за медицинской помощью после получения травмы.

Распределение пациентов основной и контрольной групп по срокам с момента получения травмы до момента проведения оперативного лечения.

Срок от получения травмы до проведенного хирургического лечения	Количество пациентов					
	Основная группа А подгруппа		Основная группа В подгруппа		Контрольная группа	
	Абс.	%	Абс.	%	Абс.	%
1-3 месяца	3	12	2	9,5	2	11,8
3-6 месяцев	4	16	5	23,8	2	11,8
6-12 месяцев	11	44	8	38,1	9	52,9
Более 12 месяцев	7	28	6	28,6	4	23,5
<b>Всего</b>	<b>25</b>	<b>100</b>	<b>21</b>	<b>100</b>	<b>17</b>	<b>100</b>

На основании данных таблицы 11 видно, что 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.

Сообразно классификации локализации и характера дефектов и деформаций челюстно-лицевой области пациенты были разделены следующим образом (Таб. 12).

Распределение пациентов основной и контрольной групп по локализации и характеру деформаций и дефектов.

Нозология	Количество пациентов					
	Основная группа А подгруппа		Основная группа В подгруппа		Контрольная группа	
	Абс.	%	Абс.	%	Абс.	%
Изолированные дефекты и деформации передней стенки лобной пазухи.	7	28	4	19	4	23,5
Дефекты и деформации передней стенки лобной пазухи с вовлечением верхнеглазничного края орбиты.	2	8	1	4,8	2	11,8
Дефекты и деформации назо-орбито-этмоидального комплекса. (I, II, III тип)	7	28	6	28,6	5	29,4
Дефекты и деформации скуло-орбитального комплекса (I, II, III, IV тип).	9	36	10	47,6	6	35,3
Всего	25	100	21	100	17	100

Учитывая результаты, приведенные в таблице 12, можно сделать вывод, что статистически значимых различий по локализации и характеру травмы в основных и контрольной группах нет.

Соответственно стороне повреждения пациенты в основных и контрольной группах распределены схожим образом, это представлено в таблице 13.

Распределение пациентов основной и контрольной групп по стороне поражения.

Нозология	Количество пациентов					
	Основная группа А подгруппа		Основная группа В подгруппа		Контрольная группа	
	Абс.	%	Абс.	%	Абс.	%
Правосторонние повреждения	9	36	10	47,6	5	29,5
Левосторонние повреждения	11	44	10	47,6	8	47
Двухсторонние повреждения	5	20	1	4,8	4	23,5
Всего	25	100	21	100	17	100

Односторонние повреждения челюстно-лицевой области преобладают по частоте встречаемости над двухсторонними, однако достоверной статистически значимой разницы между право- и левосторонними повреждениями на основании анализа результатов, представленных в таблице 13 выявлено не было.

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, а сроки реабилитации представлены в таблице 14.

Распределение пациентов основной и контрольной групп по срокам их реабилитации.

Сроки полной реабилитации	Количество пациентов					
	Основная группа А подгруппа		Основная группа В подгруппа		Контрольная группа	
	Абс.	%	Абс.	%	Абс.	%
1 месяц	3	12	3	14,3	2	11,8
3 месяца	9	36	8	38,1	4	23,5
6 месяцев	9	36	7	33,3	6	35,3
12 месяцев	4	16	3	14,3	5	29,4
Всего	25	100	21	100	17	100

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, описанная в Главе №3. В ходе данного исследования нами были определены минимальные и максимальные значения линейных параметров положения цефалометрических точек на до- и послеоперационном периоде на стороне повреждения, а так же данные значения для «неповрежденной стороны» (в случае одностороннего повреждения), и средние значения указанных параметров с учетом среднего отклонения.

В таблице 15 представлены указанные выше данные для основной группы А подгруппы.

Максимальные, минимальные и средние значения линейных параметров на до- и послеоперационном периоде у пациентов основной группы А подгруппы.

Линейные параметры	«Неповрежденная сторона»		«Поврежденная сторона»		«Поврежденная сторона после лечения»	
	Минимальные и максимальные значения, в мм.	Средние значения, в мм.	Минимальные и максимальные значения, в мм.	Средние значения, в мм.	Минимальные и максимальные значения, в мм.	Средние значения, в мм.
J - ВЛП	58,2-72,17	65,4±5,69	59,2-80,56	67,42±7,5	57,7-72,59	66,22±5,78
J - ССП	22,7-33,12	27,08±4,91	19,2-37,65	26,57±6,87	22,3-32,9	27,91±4,5
J - ПЛП	4,87-20,04	13,42±5,99	8,54-26,43	17,83±6,76	5,14-22,72	14,13±7,12
Zy - ВЛП	47,2-59,12	54,99±4,8	42,1-55,72	49,93±5,63	47,5-60,08	53,88±4,97
Zy - ССП	50,7-55,23	52,58±1,74	45,7-55,35	50,29±4,1	49,7-56,21	51,75±2,01
Zy - ПЛП	17,7-35,09	22,99±4,92	16,7-29,95	22,26±4,65	17,1-36,09	23,31±3,07
Or - ВЛП	31,8-51,23	42,1±7,68	32,5-51,52	43,32±7,78	32,1-51,01	42,47±6,1
Or - ССП	31-36,4	32,93±2,25	27,9-36,96	33,78±3,4	29,8-38,98	32,53±2,38
Or - ПЛП	6,25-38,92	19,96±8,62	6,88-21,894	16,11±4,92	6,88-38,24	18,87±8,1
OrL - ВЛП	15,8-32,62	23,94±5,57	14,2-31,89	24,39±6,48	13,7-33,06	23,43±5,02
OrL - ССП	46,7-54,6	49,28±3,1	40,9-52,04	47,06±3,79	45-50,54	48,28±2,38
OrL - ПЛП	16,2-41,18	25,35±8,49	15,71-38,02	27,66±8,3	16,1-42,73	24,82±9,19
OrS - ВЛП	4,54-20,34	16,24±4,55	5,54-18,67	9,78±4,98	5,12-19,32	15,47±3,86
OrS - ССП	27,4-35,09	30,74±3,08	26,3-36,99	29,9±4,32	28,1-33,43	30,06±2,34
OrS- ПЛП	5,68-29,85	17,79±9,94	8,84-31,89	20,19±10,1	4,25-29,08	16,82±8,39

Аналогичным образом проводился расчет линейных параметров пациентам основной группы В подгруппы и контрольной группы (Таблица 16 и 17).

Максимальные, минимальные и средние значения линейных параметров на до- и послеоперационном периоде у пациентов основной группы В подгруппы.

Линейные параметры	«Неповрежденная сторона»		«Поврежденная сторона»		«Поврежденная сторона после лечения»	
	Минимальные и максимальные значения, мм.	Средние значения, мм.	Минимальные и максимальные значения, мм.	Средние значения, мм.	Минимальные и максимальные значения, мм.	Средние значения, мм.
J - ВЛП	58,4-72,09	63,41±5,03	59,9-79,43	66,92±7,59	57,9-71,89	63,82±4,68
J - ССП	22,9-32,12	27,12±3,56	20,2-35,22	25,34±5,97	23,13-31,96	26,98±4,38
J - ПЛП	6,17-19,03	14,67±5,2	6,22-20,03	18,72±7,32	5,29-21,42	15,24±4,84
Zy - ВЛП	47,8-58,56	52,86±4,56	44,3-56,49	49,69±5,92	47,5-59,08	52,19±4,11
Zy - ССП	50,4-55,19	52,98±1,71	47,13-54,85	50,13±3,88	50,8-56,23	52,22±2,13
Zy - ПЛП	18,9-36	27,33±5,35	16,8-33,95	21,55±4,33	18,67-35,89	26,91±4,07
Or - ВЛП	31,6-50,21	40,55±6,37	33,11-52,16	43,04±6,32	31,03-50,993	40,02±4,92
Or - ССП	30-37,2	33,42±2,29	28,2-36,15	31,68±3,2	29,91-38,33	32,63±3,01
Or - ПЛП	8,46-36,09	19,56±7,53	6,13-22,13	17,09±5,71	7,94-35,79	18,84±6,51
OrL - ВЛП	16,4-30,41	22,76±4,89	14,27-32,42	24,75±5,24	16,77-31,11	23,43±4,92
OrL - ССП	47,2-53,82	50,14±3,45	43,21-51,04	47,39±4,14	46,81-52,58	49,04±2,74
OrL - ПЛП	18,04-39,83	26,54±7,15	16,31-37,04	24,86±6,13	17,43-41,23	25,78±6,79
OrS - ВЛП	6,16-19,93	14,56±4,46	5,12-17,47	10,21±4,59	6,69-20,43	15,13±3,42
OrS - ССП	28,14-34,08	30,88±3,12	25,3-36,84	28,19±4,11	27,92-33,43	31,14±2,44
OrS- ПЛП	6,186-27,16	18,24±8,37	9,72-31,25	21,22±9,31	5,32-27,23	17,74±8,39

Максимальные, минимальные и средние значения линейных параметров на до- и послеоперационном периоде у пациентов контрольной группы.

Линейные параметры	«Неповрежденная сторона»		«Поврежденная сторона»		«Поврежденная сторона после лечения»	
	Минимальные и максимальные значения, мм.	Средние значения, мм.	Минимальные и максимальные значения, мм.	Средние значения, мм.	Минимальные и максимальные значения, мм.	Средние значения, мм.
J - ВЛП	57,34-71,59	62,71±4,72	59,4-76,24	65,23±6,29	58,94-73,01	64,31±5,78
J - ССП	23,14-33,51	26,42±3,48	21,52-31,18	22,52±4,29	22,9-31,04	24,26±4,04
J - ПЛП	6,49-18,44	13,82±5,03	7,02-19,58	16,93±6,43	6,84-20,77	15,73±5,02
Zy - ВЛП	47,33-57,42	51,92±5,02	45,13-58,33	48,62±6,01	46,25-59,03	53,03±5,14
Zy - ССП	49,44-56,1	53,04±2,21	46,77-53,14	49,88±2,97	47,32-54,73	51,76±3,03
Zy - ПЛП	20,04-35,42	25,14±6,04	17,31-32,75	22,74±4,24	18,14-33,15	24,64±3,77
Or - ВЛП	32,46-49,63	41,75±5,38	34,01-52,42	44,17±6,28	32,02-51,77	42,51±4,83
Or - ССП	29,94-36,92	33,7±2,09	27,72-35,05	31,004±3,1	28,53-36,02	31,72±3,44
Or - ПЛП	9,61-32,01	18,19±4,73	8,81-28,22	16,99±5,71	8,83-30,88	17,34±5,9
OrL - ВЛП	17,04-29,11	21,86±4,13	15,77-33,02	25,03±4,74	16,32-30,91	23,62±4,81
OrL - ССП	48,03-52,12	49,84±3,09	43,95-50,74	46,99±4,11	45,23-52,91	47,23±2,89
OrL - ПЛП	17,74-36,22	26,33±6,75	15,93-35,74	23,96±5,77	16,8-38,63	24,66±5,19
OrS - ВЛП	7,76-18,61	15,27±2,99	6,332-17,88	11,81±5,11	6,91-19,83	13,74±4,11
OrS - ССП	27,74-33,64	31,05±3,09	26,1-37,044	27,22±3,71	26,53-34,83	28,09±3,72
OrS- ПЛП	8,21-26,26	17,54±6,27	9,34-29,35	20,52±8,38	10,02-27,14	18,44±7,79

Стоит отметить, что при проведении цефалометрического анализа после оперативного вмешательства фиксирующие металлоконструкции нередко находились в месте установки цефалометрических точек, в частности при позиционировании точек Or и OrL. С целью увеличения точности расчетов цефалометрические точки необходимо позиционировать на серии плоскостных мультипланарных срезов под реконструктивной пластиной непосредственно на кости. Учитывая то, что толщина пластины, в зависимости от производителя,

может колебаться от 0,6 до 1,2 мм расположение цефалометрической точки непосредственно на поверхности реконструктивной пластины в режиме трехмерной реконструкции может значительно исказить полученные данные.

На основании полученных данных для основной группы А и В подгрупп, а так же контрольной группы было проведено вычисление средней разницы линейных параметров положения цефалометрических точек относительно  $Z_x$  плоскостей на до- и послеоперационном этапе для правой и левой стороны соответственно по указанной выше формуле (Таблица 18 и 19).

Таблица 18

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

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

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.	
<b>J - ВЛП</b>	0,91±0,58	0,83±0,52	1,96±0,38
<b>J - ССП</b>	1,21±0,55	1,15±0,63	2,15±1,13
<b>J - ПЛП</b>	1,03±0,72	0,97±0,77	1,427±0,86
<b>Zy - ВЛП</b>	1,62±0,66	1,41±0,53	2,62±0,69
<b>Zy - ССП</b>	1,78±1,23	1,59±1,07	2,17±1,25
<b>Zy - ПЛП</b>	2,47±0,81	1,93±0,821	3,37±0,83
<b>Or - ВЛП</b>	1,01±0,37	1,02±0,39	1,26±0,26
<b>Or - ССП</b>	1,44±0,69	1,24±0,71	1,58±0,62
<b>Or - ПЛП</b>	1,07±0,68	0,89±0,72	1,44±0,83
<b>OrL - ВЛП</b>	0,89±0,54	0,85±0,58	0,94±0,78
<b>OrL - ССП</b>	1,69±0,51	1,62±0,37	2,83±0,926
<b>OrL - ПЛП</b>	1,27±0,28	1,31±0,33	1,81±0,72
<b>OrS - ВЛП</b>	1,09±0,63	1,002±0,55	1,59±0,56
<b>OrS - ССП</b>	1,59±0,579	1,338±0,4	1,74±0,66
<b>OrS- ПЛП</b>	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  $Z_u$  относительно ПЛП в подгруппе А он составил - 3,28 мм, в подгруппе В – 2,751 мм, а в контрольной группе – 4,2 мм.

В качестве демонстрации возможностей и методики использования интраоперационных навигационных систем при устранении дефектов и деформаций челюстно-лицевой области приводим следующие клинические примеры.

**Клинический пример лечения пациента с использованием навигационной системы с электро-магнитным типом регистрации.**

Пациентка Б. 37 лет поступила в отделение челюстно-лицевой хирургии ОАО РЖД ЦКБ№2 им. Н.А.Семашко в плановом порядке с диагнозом – посттравматическая деформация носо-лобно-орбитального комплекса, деформация правой орбиты.

Жалобы при поступлении: «двоение» в глазах, затруднение движения правого глазного яблока, нарушение тактильной чувствительность в правой подглазничной и частично в лобной области справа, эстетический недостаток.

Анамнестические данные: 8 месяцев назад в результате дорожно-транспортного происшествия получила тупую травму правой половины лица, была доставлена бригадой скорой неотложной помощи в дежурный стационар, где были оказаны все необходимые экстренные лечебно-диагностические манипуляции. От оперативного реконструктивного лечения перелома правого носо-лобно-орбитального комплекса с использованием титановых металлоконструкций на момент госпитализации пациентка воздержалась. С течением времени пациентка стала отмечать наличие и усугубление вышеуказанных жалоб, в связи с чем обратилась за лечением в отделение челюстно-лицевой хирургии и ОАО РЖД ЦКБ№2 им. Н.А.Семашко.

Местный статус при поступлении: конфигурация лица изменена за счет уплощения и сглаженности верхнеглазничного края справа. Кожные покровы в данной области в цвете не изменены, в складку собираются свободно, пальпация данной области безболезненна, однако отмечается нарушение тактильной чувствительности в правой подглазничной и лобной областях по сравнению с противоположной стороной. Определяется симптом ступеньки при пальпации верхне- и нижнеглазничного края. Визуально при взгляде пациента строго перед собой или при взгляде вверх определяется смещение правого глазного яблока кверху и кзади. Так же при движении глазного яблока определяется ограничение подвижности в сторону медиального угла глаза и в сторону верхнеглазничного



края. Со стороны полости рта: слизистая оболочка без признаков воспаления, умеренно увлажнена, бледно-розового цвета. Дефектов и деформаций со стороны полости рта в области скулоальвеолярного гребня пальпаторно не определяется (Рис. 26).



Рисунок 26. Фотография пациентки Б. до оперативного вмешательства: А – Фотография фас; Б – Фотография в носоподбородочной проекции; В – Линии, проведенные через смотрящий строго перед собой зрачок, показывают поднятие правого глазного яблока на 2мм; Г – Линии показывают степень экзофтальма правого глазного яблока.

По результатам мультиспиральной компьютерной томографии костей лицевого черепа определяется: консолидированный перелом нижней стенки глазницы с пролобированием костного фрагмента в полость верхнечелюстной пазухи на 3,2 мм, костная деформация в виде вдавленного смещения фрагмента верхнеглазничного края на 5,0 мм в заднее-медиальном направлении, консолидированный перелом медиальной стенки правой глазницы со смещением костных фрагментов на 2,0мм и интерпозицией жировой парабульбарной клетчатки (Рис. 27).

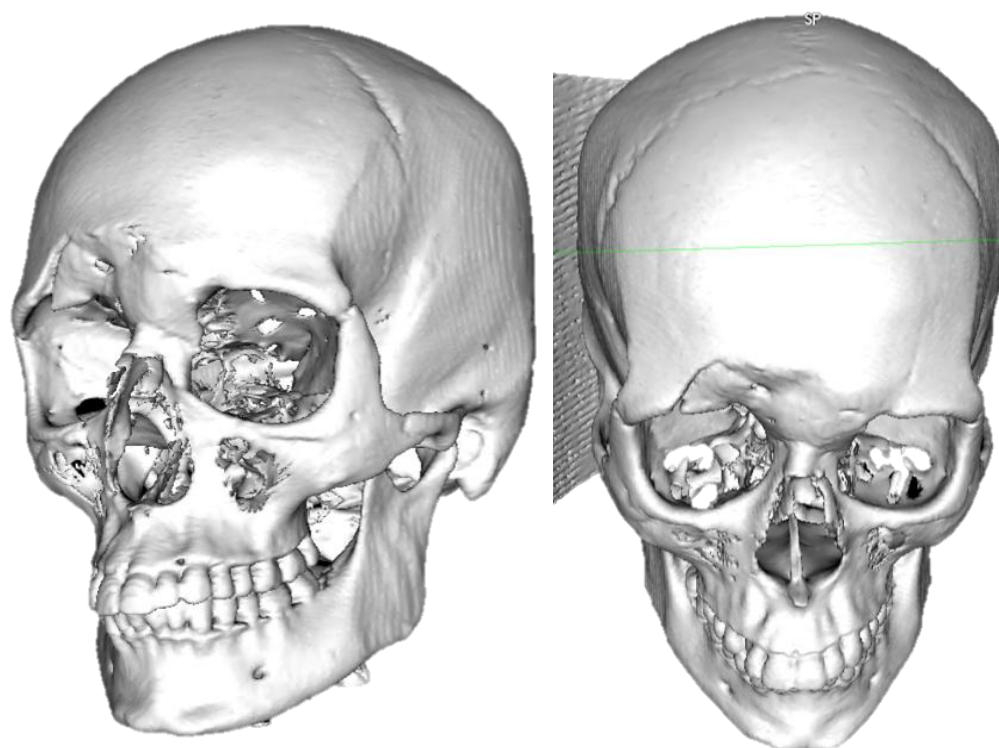


Рисунок 27. Данные мультиспиральной компьютерной томографии пациентки, выполненной на предоперационном этапе – 3D-реконструкция.

По данным МСКТ в предоперационном периоде с помощью разработанной программы 3DCef проводился трехмерный цефалометрический анализ с целью определения пространственных характеристик цефалометрических точек и дальнейшего послеоперационного контроля результатов проведенного реконструктивного лечения (Рис 28).

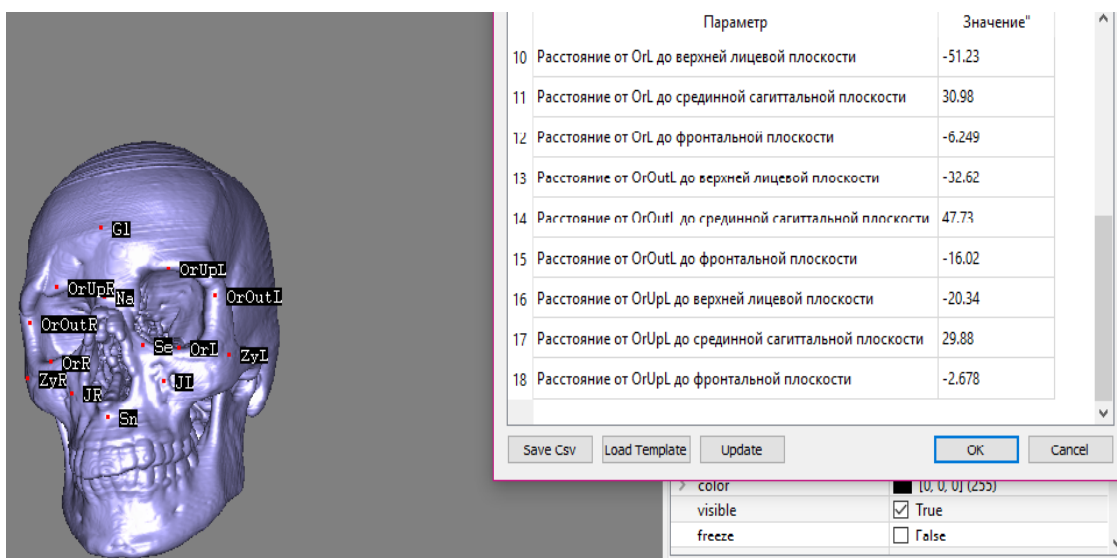


Рисунок 28. Интерфейс программы 3DCef. Проведение трехмерного цефалометрического анализа.

Данные, полученные в результате цефалометрического анализа на предоперационном этапе представлены в таблице 20.

Таблица 20

Данные цефалометрического анализа пациентки до оперативного вмешательства (красным цветом выделены показатели разницы линейных параметров, которые превышают 3,5 мм).

Параметры измерения (Расстояние).	Значения правой стороны («Поврежденная сторона»), мм.	Значения левой стороны («Неповрежденная сторона»), мм.	Разница линейных параметров между правой и левой стороной, мм.
J - ВЛП	63,84	63,58	0,26
J - ССП	23,24	23,21	0,03
J - ПЛП	9,06	4,87	4,19
Zy - ВЛП	55,72	56,12	0,40
Zy - ССП	49,76	51,52	1,76
Zy - ПЛП	16,71	17,67	0,96
Or - ВЛП	50,22	51,23	1,01
Or - ССП	32,17	30,98	1,19
Or - ПЛП	6,88	6,25	0,63
OrLateralis - ВЛП	31,89	32,62	0,73
OrLateralis - ССП	46,19	47,73	1,54
OrLateralis - ПЛП	16,11	16,02	0,09
OrSuperior - ВЛП	18,67	20,34	1,67
OrSuperior - ССП	26,32	29,88	3,56
OrSuperior - ПЛП	10,04	2,68	7,36

После проведения трехмерного цефалометрического анализа и определения линейных параметров перемещения костных фрагментов, данные МСКТ загружаются в рабочую станцию интраоперационной навигационной системы Medtronic Stealth Station S7 с электро-магнитным типом регистрации. Предоперационное планирование включало в себя виртуальное построение плоскости реконструкции нижней, медиальной и верхней стенок правой орбиты на серии мультипланарных реконструкций, ориентируясь на неповрежденную орбиту и данные полученные в результате виртуальной цефалометрии (Рис 29).

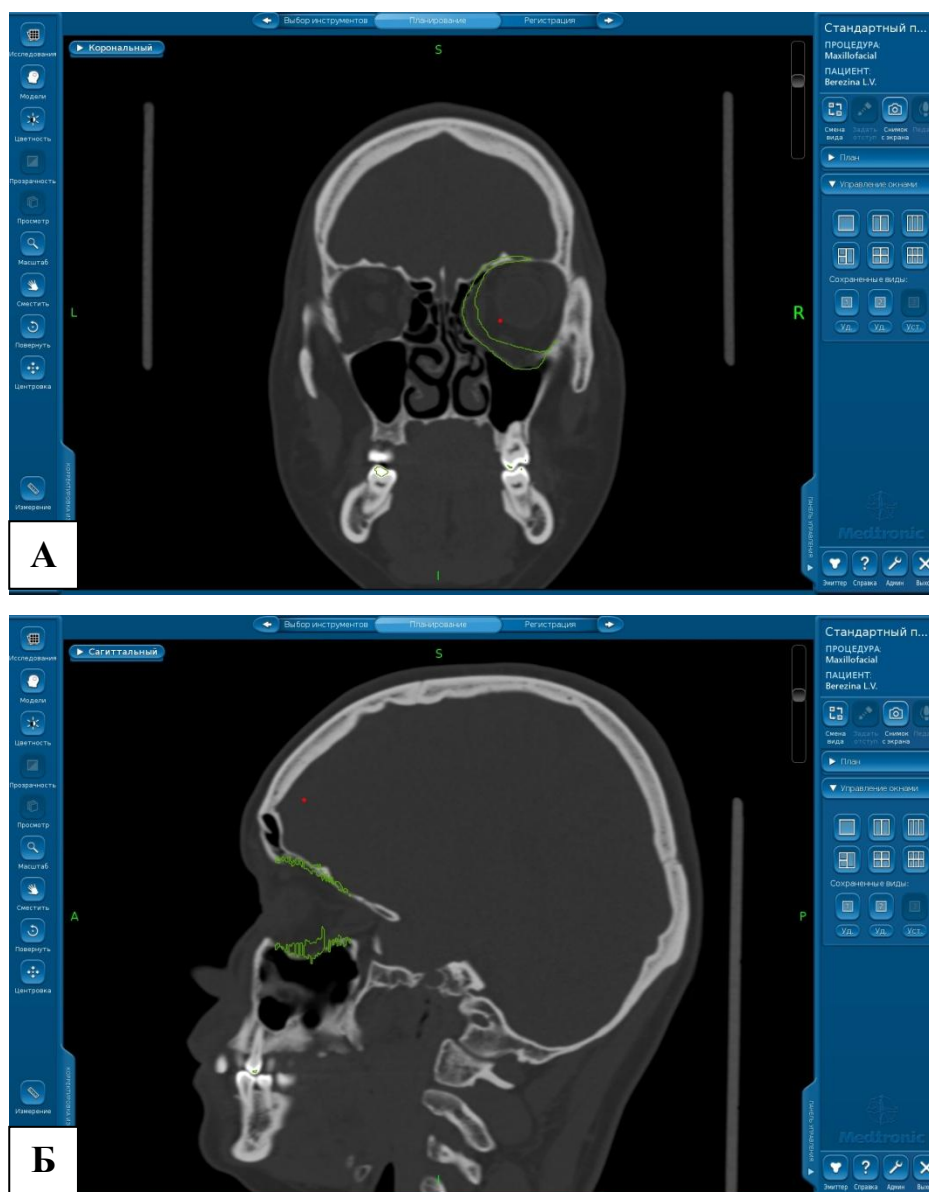


Рисунок 29. Фотография интерфейса интраоперационной навигационной системы Medtronic Stealth Station S7 в режиме виртуального планирования на мультипланарных реконструкциях: А – Срезы в коронарной плоскости; Б – Срезы в саггитальной плоскости.

Пациентке была выполнена реконструктивная операция в объеме: остеотомии правого носо-лобно-орбитального комплекса с реконструкцией дна и медиальной стенки орбиты титановыми реконструктивными имплантатами Syntes.

Первым этапом операции после проведения эндо-трахеального наркоза была регистрация пациента в базе навигационной системы. Как отмечалось выше, регистрация пациента при использовании навигационной станции

Medtronic Stealth Station S7 проводится контактным методом, путем установки поинтера на определенные точки на лице пациента и определение положения данных точек электромагнитным излучателем. (Рис 30).



Рисунок 30. Интраоперационная фотография – регистрация пациента в интраоперационной навигационной станции Medtronic Stealth Station S7.

Проведен бикоронарный разрез, кожно-апоневротический лоскут смещен кпереди, проведено рассечение и сепарация надкостницы, скелетирован верхнеглазничный край и лобная кость. Визуализирована зона деформации в виде неправильно консолидированного перелома верхнеглазничного края (рис 31).

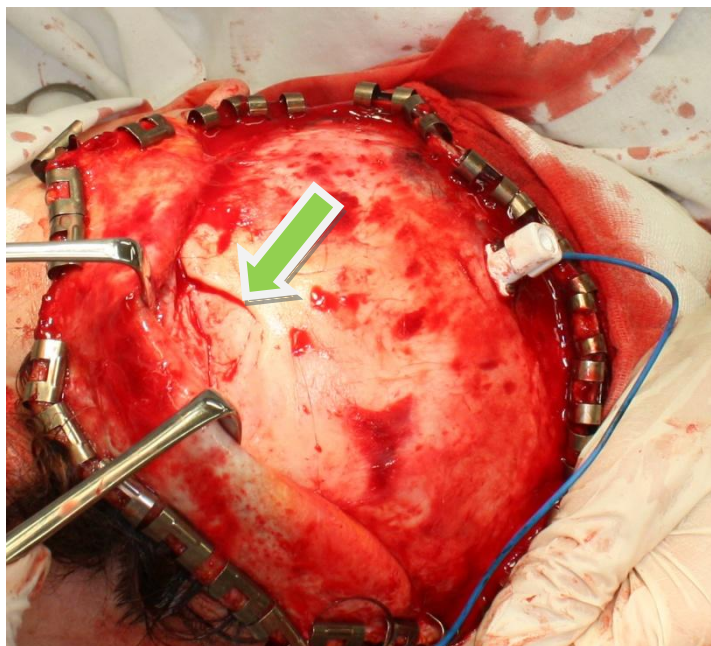


Рисунок 31. Интраоперационная фотография – зона деформации указана стрелкой.

Произведена остеотомия и мобилизация смещенного в передне-заднем направлении костного фрагмента с приданием ему правильного положения. При помощи поинтера интраоперационной навигационной станции проводился контроль положения остеотомированного фрагмента, путем установки поинтера на границу линии остеотомии. После того, как положение остеотомированного костного фрагмента полностью соответствовало виртуальной зоне реконструкции проведена фиксация костного фрагмента титановыми мини-пластинами при помощи мини-винтов (рис. 32).

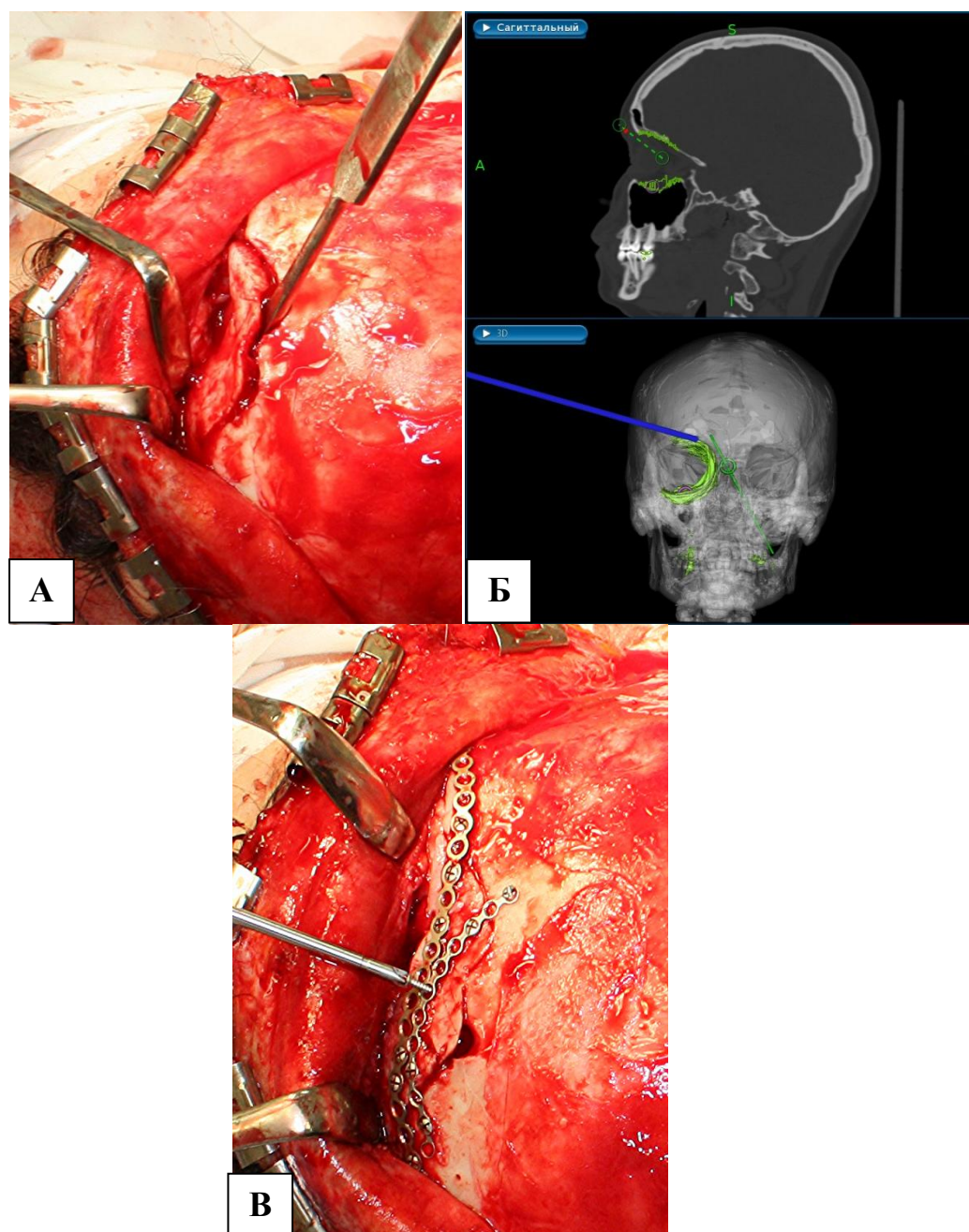


Рисунок 32. Интраоперационная фотография и фотография интерфейса интраоперационной навигационной системы Medtronic Stealth Station S7 - А – Репонирование костного фрагмента; Б – Контроль положения остеотомированного фрагмента при помощи навигационной станции; В – Фиксация костного фрагмента титановыми мини-пластинами.

Выполнен субциллиарный разрез, скелетирован нижний и медиальный край правой глазницы. Глазное яблоко при помощи распатора отведено кверху, с целью увеличения зоны визуализации. Обнаружены консолидированные костные фрагменты, окруженные рубцово-измененной тканью, и



дислоцированные в полость верхнечелюстной пазухи и полость носа. Произведено удаление мелких свободнолежащих костных фрагментов и остеотомия консолидированных фрагментов по линиям перелома. Костные фрагменты дна глазницы смещены кверху с восстановлением анатомического положения, однако сохранялся костный дефект размером до 2,5мм. Аналогичным образом репонированы фрагменты медиальной стенки глазницы. Контроль положения обеспечивался путем установки рабочей части поинтера на зону реконструкции. Удовлетворительный результат достигался тогда, когда все точки спланированной ранее виртуальной зоны реконструкции соответствовали своим реальным аналогам в операционной ране (Рис. 33).

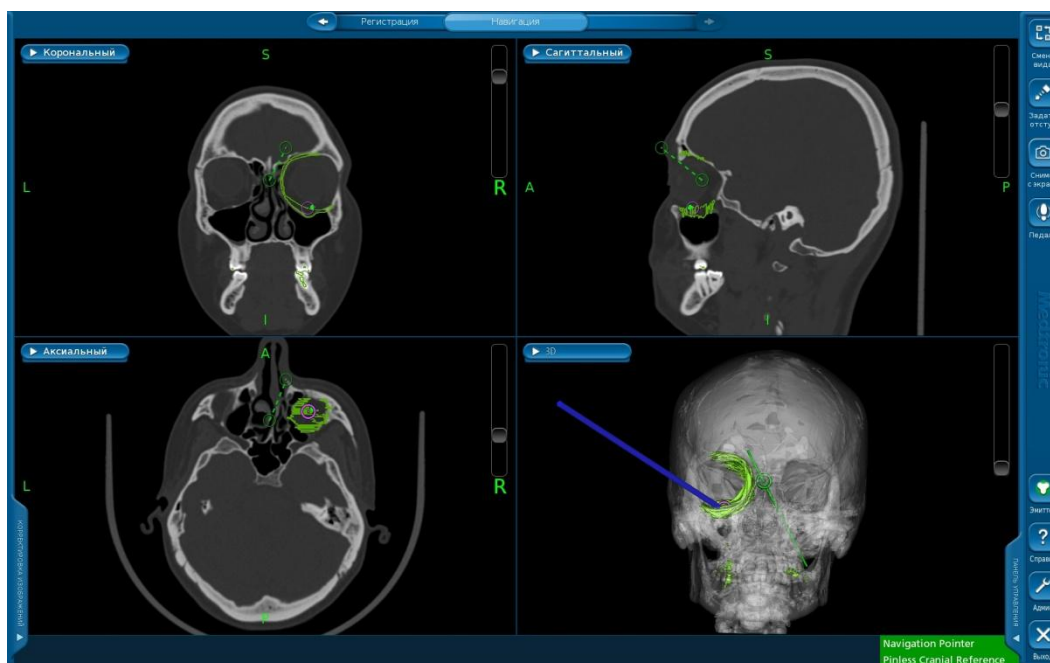


Рисунок 33. Фотография интерфейса интраоперационной навигационной системы Medtronic Stealth Station S7 – поинтер указывает на полное соответствие зоны планируемой реконструкции положению костных фрагментов.

После полного репонирования и контроля положения костных фрагментов при помощи интраоперационной навигационной станции и визуального осмотра проводилась их фиксация титановым реконструктивным имплантантом. Титановыми мини-винтами произведена жесткая фиксация реконструктивного имплантата к нижнеглазничному краю с окончательной оценкой его расположения поинтером навигационной станции (Рис.34).



Рисунок 34. Интраоперационная фотография – позиционирование реконструктивного имплантата для нижней и медиальной стенок глазницы. Стрелкой указан титановый реконструктивный имплантат.

После фиксации реконструктивного имплантата обязательным условием являлось выполнение тракционного теста, включающего в себя оценку подвижности глазного яблока и отсутствие ущемления глазных мышц. Данный тест выполняется путем фиксации конъюнктивы глазного яблока между браншами пинцета и его перемещения в разные стороны, в свою очередь, если движение плавное и без ограничения, то фиксацию реконструктивного имплантата принято считать удовлетворительной (Рис.35).



Рисунок 35. Интраоперационная фотография – проведение тракционного теста.

Послеоперационная рана послойно ушивалась Vicril 4-0 и Resopren 5-0.

Назначалась комплексная антибактериальная, противовоспалительная и противоотечная терапия.

В раннем послеоперационном периоде пациентке выполнена МСКТ, на которой визуализируется состояние после остеосинтеза правого носо-лобно-орбитального комплекса (восстановлена анатомическая форма правой глазницы и лобной кости) (Рис.36).

Результаты мультиспиральной компьютерной томографии обрабатывались в программе 3DCef по разработанной нами методике с целью определения изменения линейных параметров реконструированной области.

Данные, полученные в результате цефалометрического анализа на раннем постоперационном этапе представлены в таблице 21.



Рисунок 36. Данные мультиспиральной компьютерной томографии пациентки, выполненной на постоперационном этапе - 3D-реконструкция.

Таблица 21

Данные цефалометрического анализа пациентки после оперативного вмешательства (**желтым цветом** выделены показатели разницы линейных параметров, которые изменились в ходе оперативного вмешательства).

Параметры измерения (Расстояние).	Значения правой стороны («Поврежденная сторона»), мм.	Значения левой стороны («Неповрежденная сторона»), мм.	Разница линейных параметров между правой и левой стороной, мм.
J - ВЛП	63,84	63,58	0,26
J - ССП	23,24	23,21	0,03
J - ПЛП	5,14	4,87	<b>0,27</b>
Zy - ВЛП	55,72	56,12	0,40
Zy - ССП	49,76	51,52	1,76
Zy - ПЛП	16,71	17,67	0,96
Or - ВЛП	50,22	51,23	1,01
Or - ССП	32,17	30,98	1,19
Or - ПЛП	6,88	6,25	0,63
OrLateralis - ВЛП	31,89	32,62	0,73
OrLateralis - ССП	46,19	47,73	1,54
OrLateralis - ПЛП	16,11	16,02	0,09
OrSuperior - ВЛП	19,32	20,34	<b>1,02</b>
OrSuperior - ССП	28,93	29,88	<b>0,95</b>
OrSuperior - ПЛП	4,324	2,68	<b>1,64</b>

Изменение разницы линейных параметров между «поврежденной» и «неповрежденной» сторонами свидетельствует о восстановлении анатомической формы и устранении деформации, а сохранение разницы линейных параметров в пределах 3,5 см обусловлено наличием естественной асимметричности строения черепа.

На момент осмотра пациентки через 12 месяцев после оперативного вмешательства, пациентка не предъявляет жалоб со стороны органов зрения,

полностью восстановлено движение глазного яблока, пациентка отмечает хороший эстетический результат и восстановление тактильной чувствительности в правой подглазничной области и области лба. При объективном обследовании: визуально деформации правой половины лица не определяется, отмечается незначительный экзофтальм при осмотре в носоподбородочной проекции, при пальпации «костные ступеньки» в области нижнего и медиального краев правой глазницы отсутствуют. (Рис 37).



Рисунок 37. Фотография пациентки Б. через 12 месяцев после оперативного вмешательства: А – Фотография фас; Б – Фотография в носоподбородочной проекции.

Данный клинический пример демонстрирует высокую эффективность использования интраоперационной навигационной системы с электромагнитным типом регистрации пациента при устранении приобретенных деформаций средней и верхней третей лица, что доказывается результатом клинических

наблюдений, рентгенологическим анализом и показателями трехмерного цефалометрического анализа.

**Клинический пример лечения пациента с использованием навигационной системы, основанной на оптическом типе регистрации.**

Пациентка М. 18 лет поступила в ОАО РЖД ЦКБ№2 им. Н.А.Семашко в экстренном порядке с диагнозом – посттравматическая деформация скуло-орбитального комплекса, дефект нижней стенки правой орбиты, сотрясение головного мозга, закрытый перелом правой и левой нижних конечностей со смещением костных фрагментов, множественные ссадины и ушибы лица, верхних и нижних конечностей.

Жалобы при поступлении: «двоение» в глазах, затруднение движения правого глазного яблока, отек правой половины лица, эстетический недостаток.

Анамнестические данные: 1,5 месяца назад в результате дорожно-транспортного происшествия получила множественную, сочетанную травму правой половины лица, была доставлена бригадой скорой неотложной помощи в дежурный стационар, где были оказаны все необходимые экстренные лечебно-диагностические манипуляции. Находилась на лечении в отделении интенсивной терапии и в отделении нейрохирургии, затем была переведена в отделение травматологии и ортопедии в связи с наличием переломов нижних конечностей, после чего была переведена в отделение челюстно-лицевой хирургии.

Местный статус при поступлении: конфигурация лица изменена за счет посттравматического отека правой подглазничной, скуловой и щечной областей, отека верхнего и нижнего век справа. Кожные покровы в данных областях в складку собираются, пальпация данных областей умеренно безболезненна, однако отмечается нарушение тактильной чувствительности в правой подглазничной области по сравнению с противоположной стороной. Определяется симптом «костной ступеньки» при пальпации правого

нижнеглазничного края и в области скуло-лобного шва. Визуально при взгляде пациента строго перед собой или при взгляде вверх определяется смещение правого глазного яблока книзу и кзади. Так же при движении глазного яблока определяется ограничение подвижности в сторону медиального угла глаза. Со стороны полости рта: слизистая оболочка без признаков воспаления, умеренно увлажнена, бледно-розового цвета. При пальпации определяется симптом «ступеньки» в области скуло-альвеолярного гребня (Рис. 38).

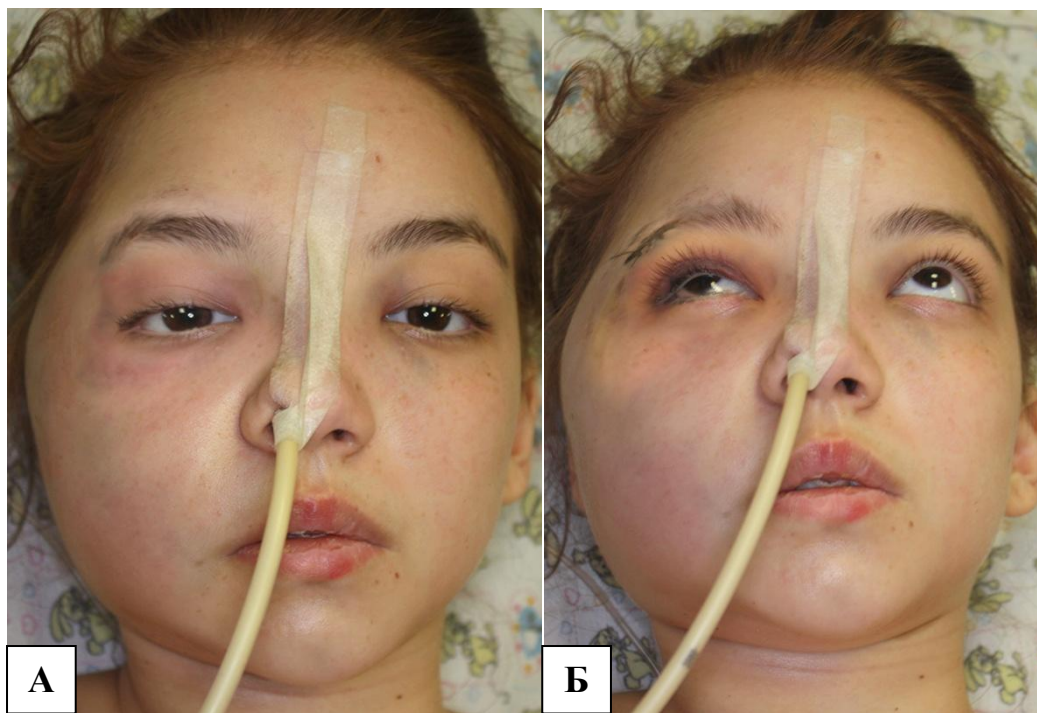


Рисунок 38. Фотография пациентки М. до оперативного вмешательства: А – Фотография фас; Б – Фотография фас со взглядом кверху.

По результатам мультиспиральной компьютерной томографии костей лицевого черепа определяется: неправильно консолидированный перелом скуловой кости в области скуло-лобного отростка, мелкооскольчатый перелом нижней стенки правой глазницы с образованием дефекта нижней стенки и пролобированием костных фрагментов в полость верхнечелюстной пазухи на 1,5-2,0 мм, костный дефект в виде вдавленного смещения фрагментов передней стенки правого верхнечелюстного синуса на 2,0 мм кзади, частично-консолидированный перелом нижнего края правой орбиты, смещение скуло-орбитального комплекса на 2,0 мм книзу и кнутри (Рис. 39).

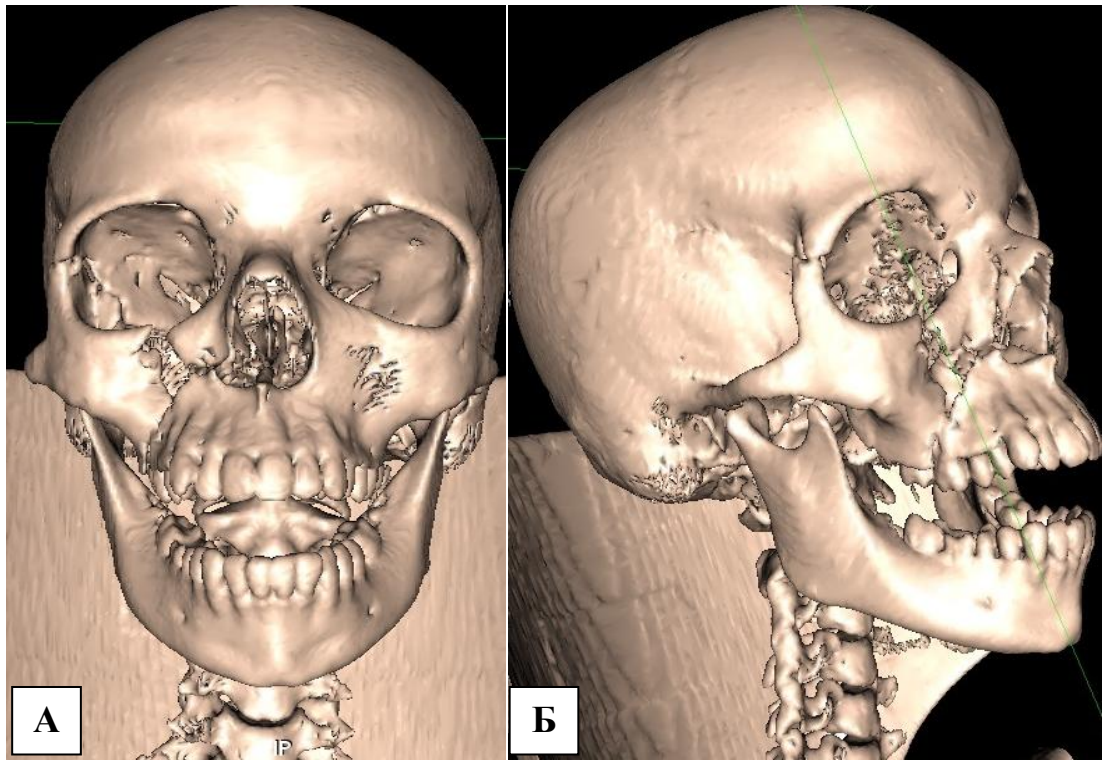


Рисунок 39. Данные мультиспиральной компьютерной томографии пациентки, выполненной на предоперационном этапе:  
А – 3D-реконструкция; Б – Мультипланарные плоскостные срезы.

По данным МСКТ, выполненной в предоперационном периоде с помощью разработанной программы 3DCef по описанной выше методике проводился трехмерный цефалометрический анализ с целью планирования реконструктивного вмешательства и контроля результатов лечения (Рис 40).

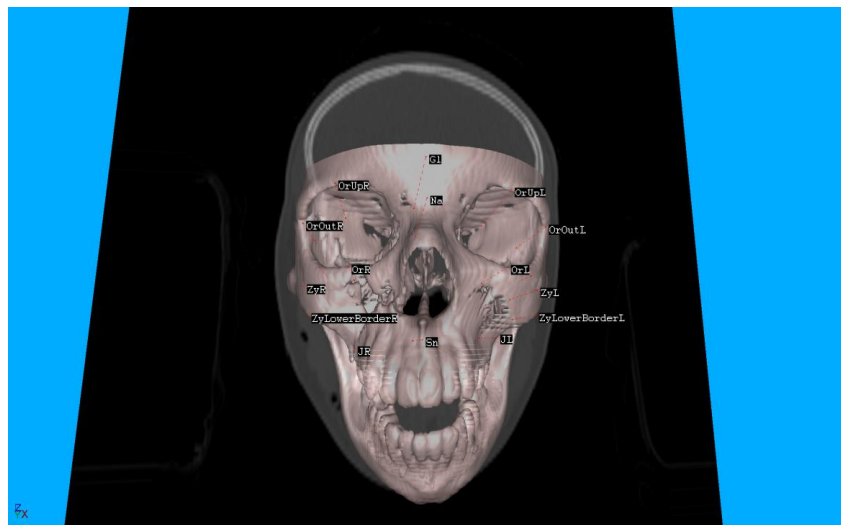


Рисунок 40. Интерфейс программы 3DCef. Проведение трехмерного цефалометрического анализа.



Результаты цефалометрического анализа, проведенного на предоперационном этапе представлены в таблице 22.

Таблица 22

Данные цефалометрического анализа пациентки М. до оперативного вмешательства (**красным цветом** выделены показатели разницы линейных параметров, которые превышают 3,5 мм).

Параметры измерения (Расстояние).	Значения правой стороны («Поврежденная сторона»), мм.	Значения левой стороны («Неповрежденная сторона»), мм..	Разница линейных параметров между правой и левой стороной, мм.
J - ВЛП	57,24	58,99	1,75
J - ССП	29,83	31,08	1,25
J - ПЛП	16,30	14,78	1,52
Zy - ВЛП	47,59	49,45	1,86
Zy - ССП	48,36	50,40	2,04
Zy - ПЛП	24,48	25,90	1,42
Or - ВЛП	35,41	31,84	<b>3,57</b>
Or – ССП	30,69	33,24	2,55
Or - ПЛП	30,84	33,45	2,61
OrLateralis - ВЛП	15,09	18,75	<b>3,66</b>
OrLateralis - ССП	46,72	51,00	<b>4,28</b>
OrLateralis - ПЛП	29,82	25,86	<b>3,96</b>
OrSuperior - ВЛП	17,97	18,85	0,88
OrSuperior - ССП	31,88	31,32	0,56
OrSuperior - ПЛП	18,27	17,19	1,08

Данные МСКТ, выполненной на предоперационном этапе загружаются в рабочую станцию навигационной системы Brilab 18070 Kick с оптическим типом регистрации пациента. Планирование зоны реконструкции правого нососкуло-орбитального комплекса проводилось путем «зеркального» отображения «неповрежденной» стороны на «поврежденную». В ходе которого «зеркальное» отображение виртуально восполняло зону дефекта. С целью увеличения

прецизионности построения виртуальной зоны реконструкции использовалась разница положения цефалометрических точек между правой и левой сторонами, полученная в ходе цефалометрического анализа, и данные усредненного анатомического атласа, входящего в программное обеспечение навигационной станции (Рис. 41).

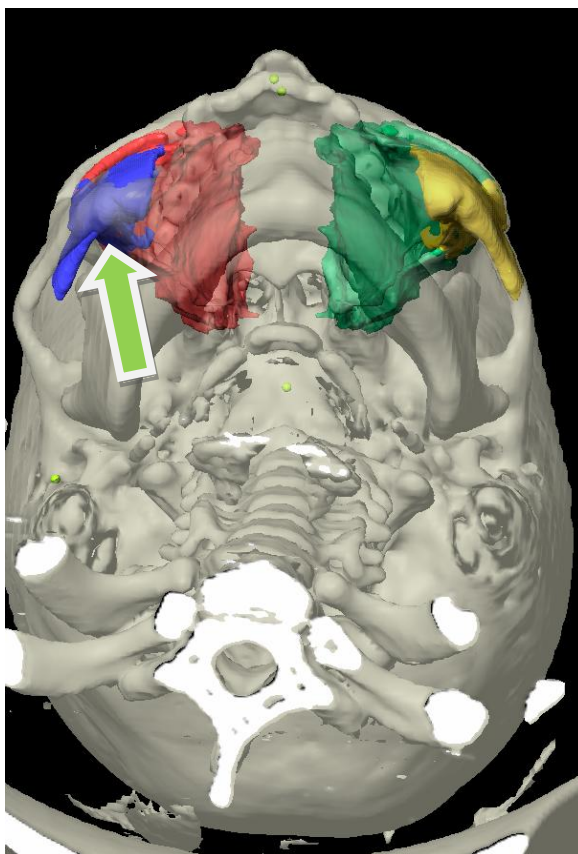


Рисунок 41. Фотография интерфейса интраоперационной навигационной системы Brilab 18070 Kick в режиме виртуального планирования оперативного вмешательства (зеленой стрелкой указана разница в положении скуловой кости, после проведения «зеркального» отображения левой стороны на правую).

Пациентке была выполнена реконструктивная операция в объеме: остеотомии правого носо-лобно-орбитального комплекса с реконструкцией дна и медиальной стенки орбиты титановыми реконструктивными имплантатами Syntes.

Оперативное вмешательство проводилось под эндо-трахеальным наркозом. На своде черепа фиксировалась регистрационная фотоотражающая рамка. Как отмечалось выше, регистрация пациента в навигационной станции

Brailab 18070 Kick несколько отличается от таковой, при использовании навигационных станций с электро-магнитным типом регистрации и заключается в наведении лазерного указателя на определенные точки на коже пациента с последующим определением положения «точки» лазера инфракрасной камерой (Рис 42).

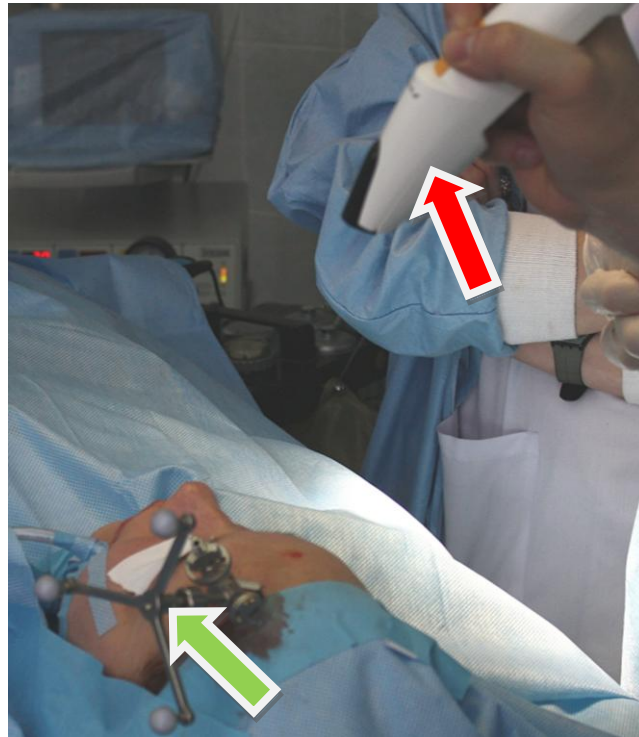


Рисунок 42. Интраоперационная фотография – регистрация пациента в интраоперационной навигационной станции Brailab 18070 Kick (зеленой стрелкой указана регистрационная рамка, красной стрелкой – лазерный указатель).

Хирургический доступ осуществлялся вне- и внутриротовым методами. Внеротовые доступы, используемые в данной операции - надбровный и субциллиарный, позволяли обеспечить достаточную визуализацию зоны скуло-лобного шва, нижнего края и дна орбиты. Внутриротовой доступ обеспечивал визуализацию передней стенки верхнечелюстной пазухи и область скуло-альвеолярного гребня соответственно. После осуществления данных хирургических доступов был визуализирован многооскольчатый перелом передней стенки правого верхнечелюстного синуса и дна правой глазницы с наличием свободнолежащих костных фрагментов, частично-консолидированный

перелом нижнего края глазницы и неправильно-консолидированный перелом скуло-лобного отростка (рис 43).

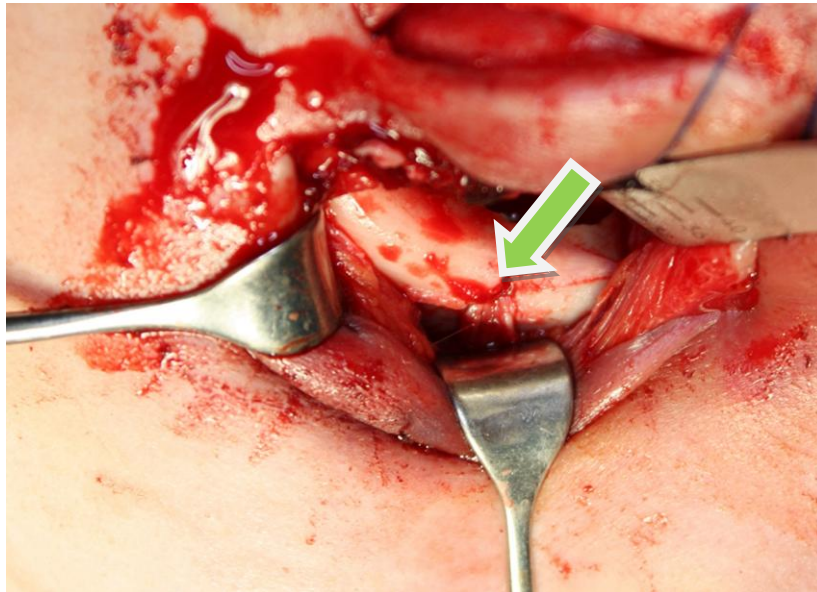


Рисунок 43. Интраоперационная фотография – зона частично-консолидированного перелома указана стрелкой.

Выполнено удаление свободнолежащих костных фрагментов, рубцово-измененных тканей. Произведена остеотомия в области консолидации перелома скуло-лобного отростка таким образом, что был удален костный фрагмент размером до 2,0мм. Это позволило мобилизовать скуло-орбитальный комплекс и репонировать его на 2,0 мм кверху и кнаружи. Путем установки поинтера навигационной станции проводился контроль положения остеотомированного фрагмента и сравнение его с зоной виртуальной реконструкции. После того, как положение комплекса совпадало с компьютерным планированием и визуально находилось в правильном анатомическом положении была проведена фиксация титановыми мини-пластинами и мини-винтами в области скуло-альвеолярного гребня и скуло-лобного шва. Из субциллиарного разреза была выполнена репозиция и фиксация костных фрагментов в области перелома нижнего края орбиты. После ретракции глазного яблока кверху и визуализации области дна орбиты, аналогичным образом проводилась реконструкция дна глазница при помощи титанового

имплантата Syntes, только в данном случае поинтером определялось положение непосредственно самого имплантата относительно построенной виртуальной плоскости «дна орбиты», после полного их совмещения проведена фиксация имплантата титановыми мини-винтами (рис. 44).

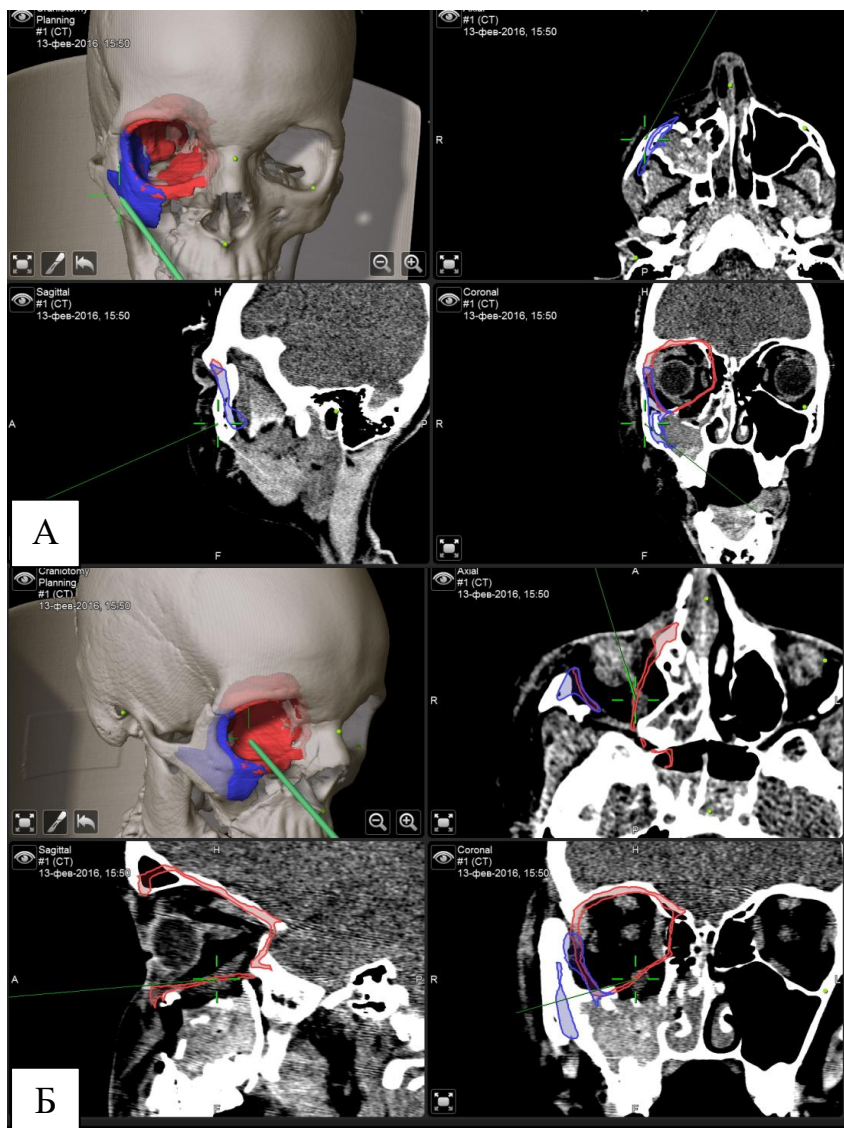


Рисунок 44. Фотография интерфейса интраоперационной навигационной системы Brailab 18070 Kick - А – Контроль положения скуло-орбитального комплекса; Б – Контроль положения реконструктивного имплантата дна глазницы.

Послеоперационная рана послойно ушивалась Vicril 4-0 и Prolene 5-0.

Назначалась комплексная антибактериальная, противовоспалительная и противоотечная терапия.

На 3 сутки после оперативного вмешательства пациентке была выполнена контрольная мультиспиральная компьютерная томография с целью оценки проведения оперативного вмешательства и определения положения металлоконструкций (Рис.45).

По полученным данным компьютерной томографии был выполнен цефалометрический анализ в программе 3DCef с целью выявления разницы в положении костных фрагментов в зоне реконструкции, результаты которого представлены в таблице 23.

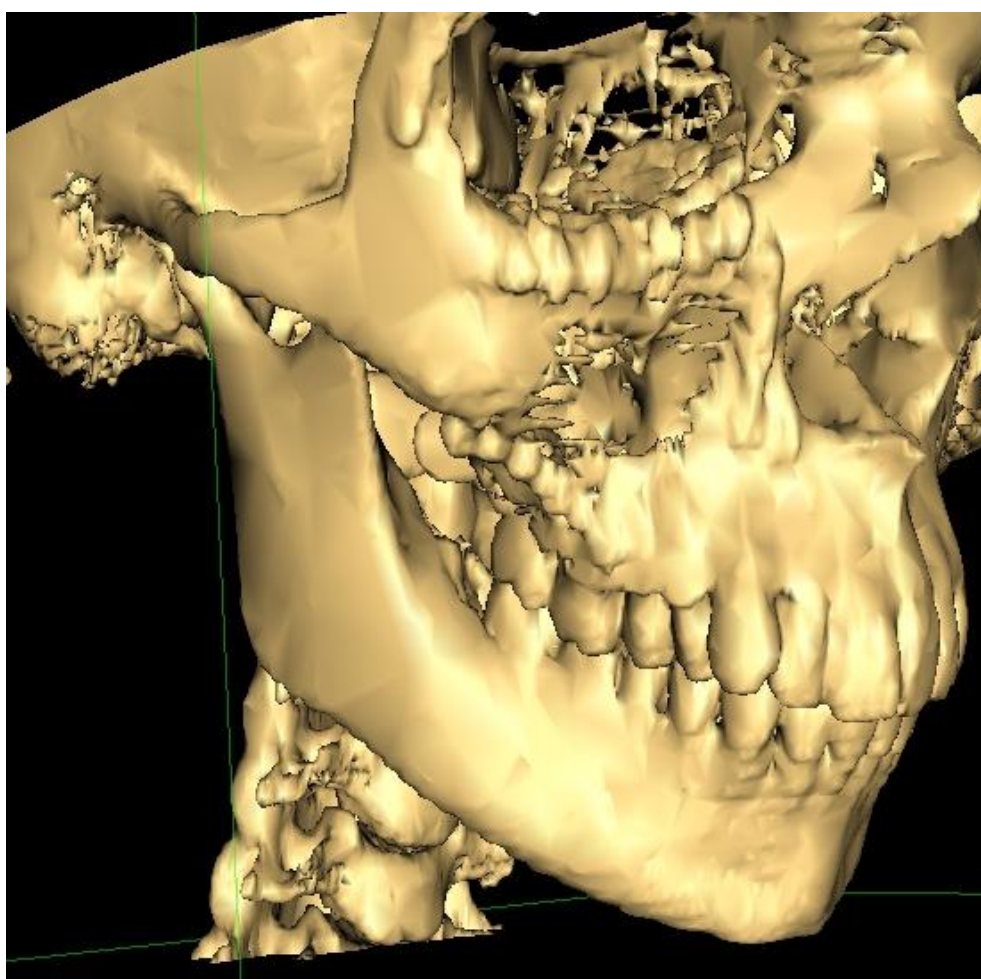


Рисунок 45. Данные мультиспиральной компьютерной томографии пациентки, выполненной на постоперационном этапе - 3D-реконструкция.

Данные цефалометрического анализа пациентки после оперативного вмешательства (желтым цветом выделены показатели разницы линейных параметров, которые изменились в ходе оперативного вмешательства).

Параметры измерения (Расстояние).	Значения правой стороны («Поврежденная сторона»), мм.	Значения левой стороны («Неповрежденная сторона»), мм.	Разница линейных параметров между правой и левой стороной, мм.
J - ВЛП	58,14	58,99	0,85
J - ССП	30,39	31,08	0,69
J - ПЛП	15,31	14,78	0,53
Zy - ВЛП	48,44	49,45	1,01
Zy - ССП	50,81	50,40	0,41
Zy - ПЛП	24,87	25,90	1,03
Or - ВЛП	31,24	31,84	0,60
Or - ССП	32,95	33,24	0,29
Or - ПЛП	32,79	33,45	0,66
OrLateralis - ВЛП	18,24	18,75	0,52
OrLateralis - ССП	50,47	51,00	0,53
OrLateralis - ПЛП	26,72	25,86	0,86
OrSuperior - ВЛП	17,97	18,85	0,88
OrSuperior - ССП	31,88	31,32	0,56
OrSuperior - ПЛП	18,27	17,19	1,08

На основании данных таблицы 22 можно сделать вывод, что приближение показателей разницы линейных параметров цефалометрических точек между «поврежденной» и «неповрежденной» сторонами к 1,0 мм может свидетельствовать о воссоздании анатомического расположения костных структур лицевого скелета, что в свою очередь обуславливает восстановление функциональности. В свою очередь стремление показателя разницы к нулю обусловлено в первую очередь «зеркальным» отображением «неповрежденной стороны» на этапе планирования хирургического вмешательства при помощи навигационной станции.

Осмотр пациентки через 6 месяцев после оперативного вмешательства выявил полное отсутствие диплопии у пациентки, восстановление движения правого глазного яблока и удовлетворенность эстетическим результатом операции. При объективном обследовании: визуально отсутствуют признаки костных дефектов и деформации лица, отсутствуют явления эн- и гипеофтальма, движения глазных яблок симметричны, свободны, явлений анестезии в подглазничной области нет, при пальпации «костные ступеньки» в области нижнего края правой глазницы, скуло-лобного отростка и скуло-альвеолярного гребня отсутствуют (Рис 46).



Рисунок 46. Фотография пациентки Б. через 6 месяцев после оперативного вмешательства: А – Фотография фас; Б – Фотография в носоподбородочной проекции.

На основании данных клинических примеров можно сделать вывод, что применение интраоперационных навигационных систем, вне зависимости от принципа их работы значительно улучшает качество выполнения оперативного



вмешательства, облегчает правильное позиционирование костных фрагментов, уменьшая тем самым время операции, что в свою очередь положительно сказывается на периоде реабилитации пациентов.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Рост травматизма в настоящее время оказывает большое влияние на челюстно-лицевую реконструктивную хирургию. Так увеличение количества дорожно-транспортных происшествий, бытовых и локальных конфликтов, что подтверждается различными авторами, приводит к росту количества пациентов с различными приобретенными дефектами и деформациями челюстно-лицевой области, что обусловлено поздними сроками обращения пациентов за специализированной помощью, недостатками ранней диагностики и отсутствием своевременного хирургического лечения.

Эти факторы обуславливают необходимость решения вопросов, связанных с проведением качественного планирования и прецизионного выполнения реконструктивного хирургического вмешательства. Основной сложностью в ходе проведения оперативного вмешательства является невозможность в полном объеме и реальном времени визуализировать зону дефекта или деформации, а так же определить ее взаимоотношение с реконструктивными имплантатами, остеотомированными фрагментами и важными анатомическими образованиями. Использование различных методик стереолитографического прототипирования и интраоперационных компьютерных томографов не лишено недостатков, и не всегда может в полной мере обеспечить необходимый уровень визуализации области интереса.

Интраоперационные навигационные системы лишены недостатков интраоперационных компьютерных томографов, так как не используют в принципе своей работы лучевую нагрузку и позволяют, в отличие от стереолитографического метода, проводить контроль положения необходимых структур в режиме реального времени и не дают искажения размеров костных структур черепа, с которыми можно столкнуться при нарушении методики изготовления стереолитографической модели.

С целью обоснования эффективности использования интраоперационных навигационных систем нами был проведен комплексный анализ результатов

лечения 46 пациентов с применением вышеуказанных систем и 17 пациентов контрольной группы, лечение которых проводилось по стандартной методике без применения навигационных систем. На данный момент существует несколько типов интраоперационных навигационных систем, использующих различные принципы работы. В рамках нашего исследования мы использовали 2 типа интраоперационных навигационных систем, которые, в свою очередь, использовали электро-магнитный и оптический типы регистрации, таким образом группа исследования была разделена на 2 подгруппы: А – 25 пациентов (электро-магнитный тип) и В – 21 пациент (оптический тип) (Рис 47).

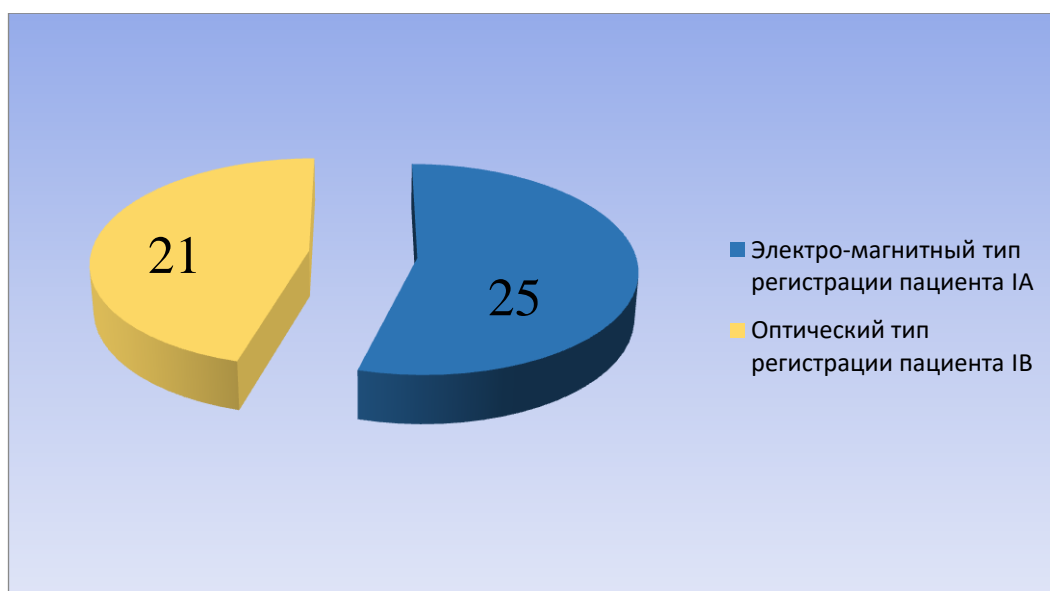


Рисунок 47. Распределение пациентов I группы по подгруппам в зависимости от типа регистрации навигационной системы.

Во всех группах сохранялась тенденция к превалированию пациентов мужского пола над женским, в частности в основной группе А – 76% мужчин, в основной группе В – 61,9%, в контрольной группе – 82,4%. (Рис 48).



Рисунок 48. Распределение пациентов основной и контрольной групп исследования по полу.

Приобретенные дефекты и деформации челюстно-лицевой области преимущественно представлены у пациентов в возрасте 18-35 лет, причем схожие показатели присутствуют во всех группах: основная группа А – 56%, основная группа В – 57,2%, контрольная группа – 76,5%. Эти данные свидетельствуют о важном социальном аспекте данной нозологии, так как большинство пациентов относится к категории наиболее работоспособного населения.

В качестве этиологических факторов получения тех или иных повреждений челюстно-лицевой области чаще всего выступают дорожно-транспортные происшествия в 52% (основная А подгруппа), 52,4% (основная В подгруппа) и 47% случаев соответственно (контрольная группа), затем по частоте встречаемости следуют бытовые конфликты, они являются причиной возникновения дефектов и деформаций в 20% (основная А подгруппа), 19,1% (основная В подгруппа) и 23,5% случаев (контрольная группа).

Наиболее часто пациенты обращаются в лечебные учреждения через 6-12 и более месяцев после получения травмы либо первично, либо после ранее проведенного хирургического лечения, иными словами на момент обращения

пациенты имеют как клинические, так и рентгенологические признаки приобретенных дефектов и деформаций. В рамках нашего исследования в период от 6 и более 12 месяцев после получения травмы обратилось за помощью 72% пациентов из основной группы А подгруппы, 66,7% пациентов из основной группы В подгруппы и 52,9% пациентов из контрольной группы.

Соответственно стороне повреждения существенных различий в частоте повреждений правой и левой стороны не отмечалось. Так в основной группе А подгруппе правосторонние повреждения встречались в 36%, левосторонние - в 44%, а двухсторонние – в 20% случаев. В основной группе В подгруппе право- и левосторонние повреждения встречались в 47,6% случаев, а двухсторонние в 4,8% случаев. В контрольной группе показатели схожи с показателями основной группы А подгруппы: правосторонние повреждения – 29,5%, левосторонние – 47%, двухсторонние – 23,5% (Рис 49).

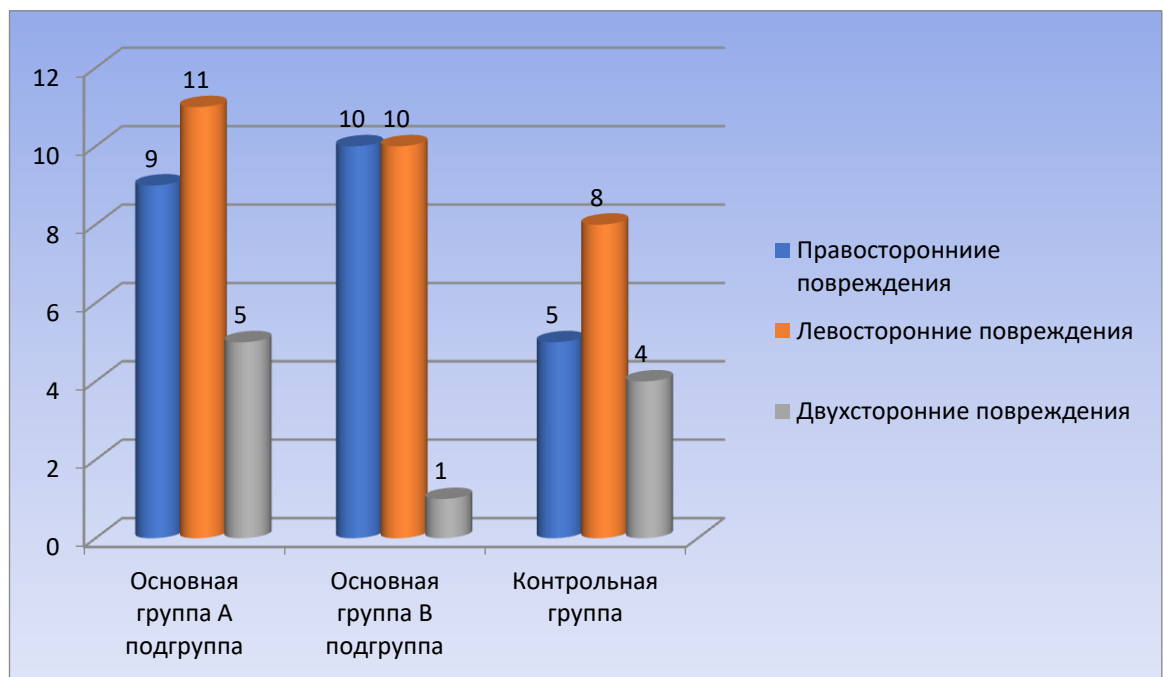


Рисунок 49. Распределение пациентов основной и контрольной групп исследования в зависимости от стороны повреждения.

В зависимости от локализации и характера повреждений, наиболее частая нозология – дефекты и деформации скулоорбитального комплекса, пациенты с данным диагнозом в основной группе А подгруппе представлены 36%, в

основной группе В подгруппе – 47,6%, а в контрольной группе – 35,3%. Пациенты с дефектами и деформациями назо-орбито-этмоидального комплекса распределены соответственно группам следующим образом – 28%, 28,6% и 29,4%, а на долю дефектов и деформаций передней стенки лобной пазухи приходится 28% в подгруппе А, 19% в подгруппе В и 23,5% в контрольной группе.

Средняя продолжительность оперативного вмешательства, рассчитанная по данным записей операционных журналов, в контрольной группе составила 244 минуты, что на 39 минут больше чем в подгруппе А и на 48 минут больше, чем в подгруппе В (Рис 50).

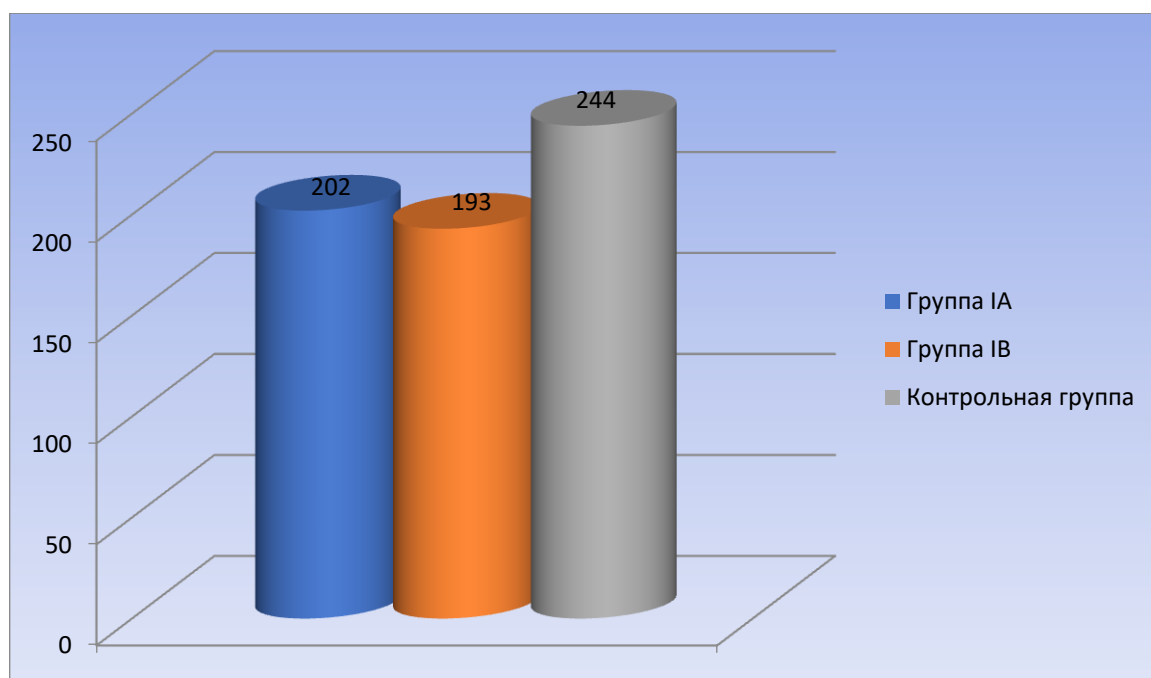


Рисунок 50. Средняя продолжительность оперативного вмешательства в основной и контрольной группах.

Во всех группах клинические и рентгенологические проявления приобретенных дефектов и деформаций, а так же субъективные жалобы пациентов были устранены в полном объеме, причем пациенты, которым для полной реабилитации потребовалось от 6 до 12 месяцев распределились соответственно группам следующим образом: основная группа А подгруппа –

52%, основная группа В подгруппа – 47,6%, контрольная группа – 64,7% (Рис 51).

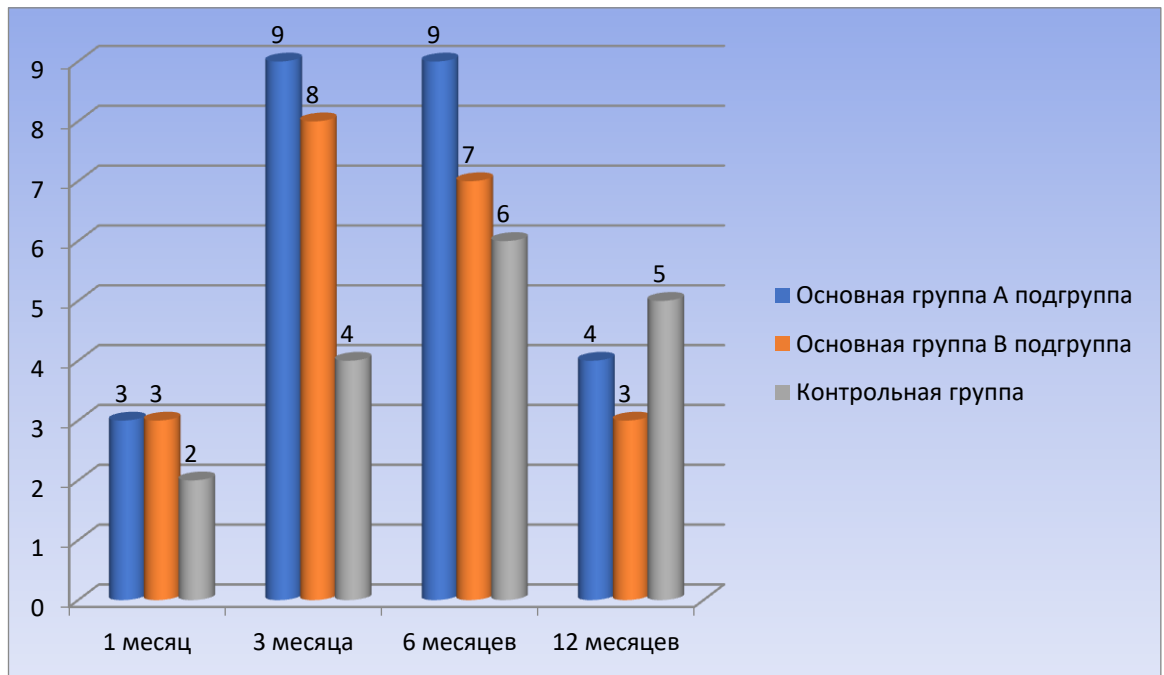


Рисунок 51. Распределение пациентов основной и контрольной групп исследования в зависимости от сроков реабилитации.

Соответственно, на основании сравнительного анализа пациентов из всех групп можно сделать вывод, что группы исследования были однородны и результаты, полученные в ходе проведения исследования, являются достоверными.

С целью планирования и проведения контроля выполнения хирургических вмешательств нами был разработан метод трехмерного цефалометрического анализа и компьютерное программное обеспечение, функционал которой позволял выполнять линейные измерения положения цефалометрических точек на 3D- модели.

Для выявления точности нашей методики проводилось сравнение линейных параметров между рентгеноконтрастными метками, закрепленными на коже исследуемых и линейных параметров между этими же точками, но проведенными в программе 3DCef. Всего по данной схеме были обработаны цефалометрические данные 15 человек. Сходимость данных компьютерных и

реальных измерений составила  $0,15 \pm 0,06$  мм, что свидетельствует о высокой точности метода.

С целью выявления пороговых значений линейных параметров и стандартизации измерений нами был проведен анализ 40 компьютерных томограмм пациентов без наличия каких-либо костных нарушений. Было выявлено, что исходная асимметрия между правой и левой стороной присутствует у всех обследуемых и максимальные значения разницы положения цефалометрических точек правой и левой стороны доходят до 3,5мм, что можно трактовать как норму.

Для проведения предоперационного планирования и хирургического лечения пациентов, включенных в рамки данного исследования был разработан алгоритм, который включал в себя несколько этапов:

1) Загрузка данных компьютерной томографии пациента в программу «3DCef»;

2) Построение трехмерной виртуальной модели черепа пациента. Построение трех взаимоперпендикулярных плоскостей. Установка на поверхности модели цефалометрических точек, пространственные характеристики которых рассчитывались относительно ортогональных плоскостей. Расчет разницы пространственных характеристик правой стороны относительно левой для каждой пары точек и относительно каждой плоскости. Сохранение полученных данных в виде таблиц для каждого пациента;

3) Загрузка данных компьютерной томографии пациента в рабочую станцию интраоперационной навигационной системы;

4) Построение плоскости реконструкции зоны дефекта или деформации, учитывая разницу пространственных характеристик цефалометрических точек. В зависимости от навигационной системы построение плоскости реконструкции проводится либо аппаратным методом, путем «зеркального отображения» «неповрежденной» стороны на «поврежденную» (в случае одностороннего дефекта) или в ручном режиме, путем установки ориентировочных точек на каждой серии срезов компьютерной



томографии (в случае двухстороннего повреждения). Сохранение проекта виртуального оперативного вмешательства;

5) Интраоперационная синхронизация головы пациента с проектом виртуальной реконструкции на рабочей станции навигационной системы. Проведение операции, ориентируясь на предварительно построенную плоскость реконструкции;

6) Проведение контрольной компьютерной томографии в послеоперационном периоде;

7) Загрузка данных компьютерной томографии пациента, выполненной после операции, в программу «3DCef»;

8) Проведение трехмерного цефалометрического анализа. Сравнение пространственных характеристик одноименных цефалометрических точек на пред- и послеоперационном этапе с целью контроля выполненного реконструктивного вмешательства.

Опираясь на представленный алгоритм нами был проведен статистический анализ цефалометрических данных пациентов, выполненный на до- и послеоперационном периоде.

Анализируя полученные данные с учетом стандартных отклонений, можно сделать вывод, что показатели средних значений разницы пространственных характеристик цефалометрических точек между правой и левой сторонами на дооперационном этапе во всех группах пациентов превышали 3,5 мм. Минимальный показатель среднего значения разницы, превышающий нормативные показатели, отмечен для точки OrLateralis относительно ССП, он составил 3,55 мм, а максимальный для точки Zu относительно ССП – 7,44 мм. Это свидетельствует о наличии значительных дефектов и деформаций костей черепа и подразумевает необходимость реконструктивного лечения.

Аналогичным образом статистической обработке были подвергнуты результаты цефалометрического анализа пациентов, выполненного в послеоперационном периоде. С учетом стандартных отклонений, максимальные показатели средних значений разницы пространственных характеристик всех

цефалометрических точек между двумя сторонами в постоперационном периоде были представлены в контрольной группе. Так же стоит отметить, что в контрольной группе по ряду параметров средние значения разницы превышали 3,5 мм, к примеру, максимальное значение в размере 4,2 мм было выявлено у точки Zu относительно ПЛП, а у точки OrLateralis относительно ССП – 3,76 мм. В свою очередь минимальные показатели разницы представлены в основной группе, при чем в подгруппе В, где использовалась навигационная система с оптическим типом регистрации минимальные значения разницы представлены по 11 показателям из 15. Это, по нашему мнению, обусловлено тем, что в программном обеспечении данной навигационной системы присутствует возможность отображения одной стороны на другую относительно срединной плоскости симметрии, что приводит к приведению пространственных характеристик цефалометрических точек правой и левой сторон практически к равнозначным значениям. В свою очередь максимальный показатель значения разницы в основной группе представлен 3,28 мм (точка Zu относительно ПЛП) в подгруппе А. Данный показатель не превышает нормативные значения, выявленные при оценке черепов без приобретенных повреждений, что свидетельствует о высокой точности виртуального планирования и выполнения оперативного вмешательства.

Таким образом на основании трехмерного цефалометрического анализа, результатов клинического и рентгенологического обследования в рамках данного исследования было доказано преимущество использования интраоперационных навигационных систем, позволяющих проводить высокоточное виртуальное планирование оперативного вмешательства с учетом антропометрических данных пациента и непосредственный контроль выполнения запланированного объема операции в реальном времени, над классической методикой реконструктивных вмешательств, в которых большую роль играет субъективное восприятие оперирующего хирурга. При чем существенных, статистически значимых различий в результативности при использовании навигационных систем, использующих различные типы

регистрации, выявлено не было. Однако, стоит отметить тот факт, что система, использующая оптический тип работы обладает более удобным для оператора набором функций, что расширяет возможности предоперационного планирования и проведения высокоточных хирургических вмешательств.

## 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 нами 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 0,5 мм.

## 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 сагиттальной, 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 ИСПОЛЬЗУЕМЫХ СОКРАЩЕНИЙ**

ВЛП – верхняя лицевая плоскость

ДТП – дорожно-транспортное происшествие

КЛКТ – конусно-лучевая компьютерная томография

ЛПУ – лечебно-профилактическое учреждение

МРА – магнитно-резонансная ангиография

МРТ – магнитно-резонансная томография

МСКТ – мультиспиральная компьютерная томография

НОЭК – назо-орбито-этмоидальный комплекс

ПЛП – передняя лицевая плоскость

РКТ – рентгеновская компьютерная томография

СОК – скуло-орбитальный комплекс

ССП – срединная саггитальная плоскость

ФМРТ – функциональная магнитно-резонансная томография

ЦА – цефалометрический анализ

ЦТ – цефалометрические точки

ЧЛО – челюстно-лицевая область

ЧЛХ – челюстно-лицевая хирургия

ЭВМ – электронно-вычислительная машина

ЭМ-поле – электро-магнитное поле

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Абакаров, СИ. Показания к применению резекционных съемных пневматических протезов верхней челюсти / СИ. Абакаров, Л.М. Забалуева // Пути совершенствования последиplomного образования специалистов стоматологического профиля. Актуальные проблемы ортопедической стоматологии и ортодонтии,- М., 2002.-С. 92-93.
2. Агапов, В. С., Дробышев А.Ю. Опыт применения имплантатов из титана у больных с дефектами челюстно-лицевой области после травм и онкологических операций // I Всеросс. конгресс «Дентальная имплантация», Все-росс. конф. «Сверхэластичные сплавы с памятью формы в стоматологии». — М., 2001. — С.9-11.
3. Анджелова, Д.В. Компьютерная обработка В-эхо сканограмм глазного яблока при гемофтальме / Д.В. Анджелова, Г.С. Полуниин, Ю.К. Ширшиков // - Вестник офтальмологии, - 1998. - № 5. - С. 44-45.
4. Аржанцев, А.П. Рентгенодиагностика травм челюстно-лицевой области//Russian Electronic Journal of Radiology. 2014. Т.14. №2. –С. 15-26
5. Арутюнов, С.Д., Лебедеико И.Ю. Анализ распределения нагрузок и вероятности необратимых изменений в костных тканях челюсти при ортопедическом лечении с использованием дентальных внутрикостных имплантатов. Институт стоматологии. 2002
6. Афанасьев, В. В. Травматология челюстно-лицевой области / В. В. Афанасьев. - М., 2010. - С. 256
7. Бабкина, Т.М., Демидова Е.А. Современные подходы к диагностике травм челюстно-лицевой области//Мир медицины и биологии. 2013. № 4.
8. Баулин, И.М. Экспериментально-клиническое обоснование применение коллагеновой матрицы для увеличения объема десны: дисс. на соиск. канд. медицинских наук – М.: 2015 – С. 136



9. Безруков, В.М. Руководство по хирургической стоматологии и челюстно-лицевой хирургии / В.М. Безруков, Т.Г. Робустова // М. : Медицина, – 2000. - Т. 2. – 487 с.
10. Бернадский, Ю.И. Травматология и восстановительная хирургия черепно-челюстно-лицевой области / Ю.И. Бернадский.- 3-е изд., перераб. и доп.- М.: Медицинская литература, 2006,- 456 с.
11. Болотов, С.А., Алексейченко А.А. Бесплатформенная инерциальная навигационная система на лазерных гироскопах// Вестник Московского государственного технического университета им. Н.Э. Баумана. Серия «Приборостроение». 2007. № 11
12. Бухер, М.М., Сакович В.П., Цех Д.В. Современные подходы к хирургическому лечению краниофациальной травмы//Гений ортопедии. 2011
13. Буцан, С.Б., Хохлачев С.Б., Йигиталиев Ш.Н., Заякин Я.А. Возможности 3d-моделирования в реконструктивной хирургии глазницы // Вестник офтальмологии. - 2012. - Т. 128. - № 2. - С. 20-26
14. Васильев А.Ю., Воробьев Ю.И., Трутень В.П. Лучевая диагностика в стоматологии – М.: 2011.
15. Вербо, Е. В., Буцан С. Б., Орджоникидзе М. З. Реконструкция челюстно-лицевой области - прошлое и настоящее // Паллиативная медицина и реабилитация. - 2015. - № 1. - С. 8-11.
16. Воробьев, Ю.И. Панорамная томография в стоматологической практике: Обзор / Ю.И. Воробьев, А.Г. Надточий // Стоматология. - 1984. - № 5. - С. 72-75.
17. Воробьев, Ю.И. Рентгенография зубов и челюстей / Ю.И. Воробьев // - М.: Медицина, - 1989.- 176 с.
18. Ворожцов, И.Н., Грачев Н.С., Наседкин А.Н. Эндоскопическая хирургия новообразований околоносовых пазух и основания черепа с использованием компьютер-ассистированной навигационной системы (КАНС) в детской практике// Альманах клинической медицины. 2016 Октябрь; 44 (7): 809–813

19. Гоголева, А.В., Кочетова М.С. Обоснование выбора метода анализа телерентгенограмм при лечении различных вариантов сагиттальных аномалий окклюзии // Саратовский научно-медицинский журнал. 2014. № 7
20. Давыдов, Д.В., Левченко О.В., Дробышев А.Ю., Михайлюков В.М. Безрамная навигация в хирургическом лечении посттравматических деформаций и дефектов глазницы // Практическая медицина. 2012
21. Давыдов, Д.В. Реконструктивная хирургия посттравматических дефектов и деформаций глазницы с использованием интраоперационной безрамной навигации / Д.В. Давыдов, О.В. Левченко, В.М. Михайлюков // Вестник офтальмологии. – 2014. Т.130, №2.- С. 19-25.
22. Джамбаева, Н.И., Бояхчан А.С., Долгова И.Н., Карпов С.М., Баландина А.В. Современный взгляд на проблему челюстно-лицевой травмы// Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. – 2016. – № 5 (часть 5) – С. 742-745
23. Дробышев, А.Ю. Повышение эффективности реабилитации больных с дефектами верхней и нижней челюсти после онкологических операций / А.Ю. Дробышев, И.В. Решетов, А.И. Трофимов и др. // IV всерос. научно-практ. конф. «Образование, наука и практика в стоматологии» по объединенной тематике «Онкология в стоматологии»: сб. тр. — М., 2007;
24. Еолчян, С.А. Краниофациальная травма / С.А. Еолчян, А.А. Потапов, Ф.А. Ван Дам [и др.] // Клиническое руководство по черепно-мозговой травме. - М., 2002. - С. 313-364.
25. Елифанов, С.А., Балин В.А., Германович В.В. Применение интраоперационной навигации в реконструктивной хирургии средней зоны лица//Вестник Национального медико-хирургическом центре им. Н. И. Пирогова. 2010. № 4
26. Зайцева, Е.Л., Токмакова А.Ю. Роль фактора роста и цикотинов в репаративных процессах в мягких тканях у больных сахарным диабетом//Сахарный диабет. 2014. № 1. - С. 57-62

27. Иващенко, А.В., Байриков А.И., Монаков Д.В., Монаков В.А. Экспериментальное обоснование использования навигационной системы в дентальной имплантологии//Российский стоматологический журнал. 2014. № 6. – С. 12-15

28. Ипполитов, В.П. Анализ результатов лечения больных с посттравматическими деформациями краниофациальной области за 20 лет / В.П. Ипполитов, М.В. Папин // Стоматология на пороге третьего тысячелетия : сб. тезисов. - М., 2001. - С. 360-361.

29. Кабаков, Б.Д, Малышев В.А. Переломы челюстей. — М.: Медицина, 1981. — 176 с.

30. Калиновский, Д.К., Матрос-Таранец И.Н., Алексеев С.Б. и др. Совершенствование оказания медицинской помощи на этапах лечения и реабилитации пострадавших с травмами челюстно-лицевой области // Травма.- 2006.-Т.7, №3.-С.383-389.

31. Караян, А.С., Кудинова Е.С., Ляшев И.Н., Назарян Д.Н. Применение расщепленных нижнечелюстных аутотрансплантатов для реконструкции стенок глазницы. // Стоматология. 2010. № 3. С. 37–40.

32. Караян, А.С. Одномоментное устранение посттравматических дефектов и деформаций скулоносоглазничного комплекса : автореф. дис. ... д-ра мед. наук / А.С. Караян. – М. : ЦНИИС, 2008.- С. 43.

33. Кобзеева, И.В., Доробышев А.Ю., Давыдов Д.В., Дубина Л.Х. Применение системы резорбируемых пластин и пинов при лечении больных с челюстно-лицевой травмой//Тихоокеанский медицинский журнал. 2013. №1.- С. 67-69

34. Костур Б.К. Челюстно-лицевое протезирование / Б.К. Костур, В.А. Миняева. -Л.: Медицина, 1985. - 164с.

35. Крылов, В.В., Буров С.А., Дашьян В.Г., Шаклунов А.А. Использование безрамной нейронавигации в неотложной нейрохирургии // Вопросы нейрохирургии. - 2008. - № 3. - С. 9-13.

36. Куницкий, В.С., Семенов С.А., Куликов А.В. Лечение переломов костей носа// Вестник Витебского государственного медицинского университета. 2010. № 5.

37. Кулаков, А.А., Матякин Е.Г., Федотов Н.Н. и др. Методика протезирования онкологических больных с дефектами верхней челюсти / //Стоматология.- 2009.- №2.- С.40-43.

38. Курусь, А.А. Выбор метода лучевой диагностики на разных этапах лечения переломов средней зоны лица, сопровождающихся повреждением стенок верхнечелюстной пазухи / А.А. Курусь // Российская оториноларингология. -2014. -№ 1. - С. 128-132.

39. Лапшин, Р.А. Интероперационная навигация в хирургическом лечении опухолей головного мозга: дисс. на соиск. канд.мед. наук. –СПб,: 2006.

40. Левченко, О.В., Шалумов А.З., Крылов В.В. Использование безрамной навигации для пластического устранения костных дефектов лобно-глазничной локализации / Анналы пластической, реконструктивной и эстетической хирургии.- 2011. - №3.- С. 30-36.

41. Лежнев Д.А. Лучевая диагностика травматических повреждений челюстно-лицевой области : автореф. ... д-ра мед.наук / Д.А. Лежнев. - Москва, 2008.- 39-43 с.

42. Лежнев, Д. А., Давыдов Д. В., Костенко Д. И. МСКТ-визуализация имплантатов и трансплантатов при пластике дефектов и деформаций стенок орбиты // Биотехносфера. - 2014. - № 4 (34). - С. 9-12.

43. Лучевая диагностика в стоматологии: национальное руководство / Гл. ред. тома Васильев А.Ю. – М.: ГЭОТАР - Медиа, 2010. – 288 с.

44. Медведев, В.А. Ринопластика при посттравматической комбинированной деформации носа в виде риносколиоза, лордоза и кифоза// Российский медико-биологический вестник имени академика И.П. Павлова. 2013. № 8

45. Митрошенков, П.Н. Реконструктивная хирургия тотальных и субтотальных дефектов верхней, средней и нижней зон лицевого скелета / П.Н. Митрошенков. – СПб. : Синтез Бук, 2010. – 416 с.

46. Михайлюков, В.М., Давыдов Д.В., Левченко О.В. Посттравматические дефекты и деформации глазницы. Особенности диагностики и принципы лечения (обзор литературы) // Голова и шея. - 2013. - № 2. - С. 40-48.

47. Михайлюков, В.М. Безрамная навигация в хирургическом лечении посттравматических дефектов и деформаций глазницы: дисс. на соиск. уч. степени канд. мед. наук. – М.: 2014

48. Овчинников, А.Ю., Щербаков А.Ю. Новые технологии в хирургическом лечении пациентов с ХСГО: навигационная поддержка // Международный научно-исследовательский журнал. 2017. № 5.

49. Олесова, В.Н., Перевезенцев А.П., Долидзе Т.Т. Биомеханическое обоснование несъемного протезирования с опорой на внутрикостные имплантаты при полном отсутствии зубов на нижней челюсти. Институт стоматологии. 1999

50. Онопа, Е.Н. Реабилитация больных с синдромом дисфункции височно-нижнечелюстного сустава: автореф. дис. ... д-ра мед. наук / Е.Н. Онопа.- Омск, 2009.- 46с.

51. Рабухина, Н.А., Аржанцев А.П. Рентгенодиагностика в стоматологии. – М.: ООО “Медицинское информационное агентство”, 2003. – 452 с.

52. Рабухина, Н.А., Голубева Г.И., Перфильев С.А., Караян А.С. Общие принципы рентгенологического исследования при дефектах и деформациях лицевого скелета // Медицинский алфавит. Стоматология. – 2010. – № 2. – С. 7 - 9.

53. Решетов, И.В., Сергеева Н.С., Баринов С.М., Свиридова И.К., Кирсанова В.А., Комлев В.С., Филюшин М.М. Реконструкция костных дефектов

челюстно-лицевой зоны биокерамическими материалами у онкологических больных // Онкология. Журнал им. П.А. Герцена. 2013;2(6): 22-26

54. Робустова, Т.Г., Афанасьев В.В., Базилян Э.А. и др. Хирургическая стоматология; под ред. Т.Г. Робустовой. - 3-е изд., перераб. и доп. - М.: Медицина, 2003.- 502-505 с.

55. Ружило-Калиновка, И., Ружило Т.К. Трехмерная томография в стоматологической практике. Перевод с польск. – Львов: ГалДент, 2012. – 584 с.

56. Серова, Н.С. Лучевая диагностика сочетанных повреждений костей лицевого черепа и структур орбиты: дисс. .канд. мед. наук / Серова Наталья Сергеевна. М., 2006.

57. Скикевич, В.Г., Волошина Л.И. Особенности лечения сочетанной травмы средней зоны лица и деформаций // Мир медицины и биологии. 2013

58. Смирнов, А.Г. Компьютерное моделирование в стоматологии. Институт стоматологии. 2006

59. Смирнова, И.В. Ортопедическая реабилитация больных после костнопластических операций на нижней челюсти: дис. ... канд. мед. наук / И.В. Смирнова. - Новосибирск, 1991. - 204с.

60. Сысолятин П. Г. Роль лучевых методов исследования в диагностике и лечении челюстно-лицевых повреждений / [П.Г. Сысолятин, А.П. Дергилев, С.П. Сысолятин, и др.] // Сибирский Медицинский Журнал.-Томск.- 2010.- №3. - С. 11-14.

61. Тимофеев А.А. Руководство по ЧЛХ и Хирургической Стоматологии – Киев. 2004 - С.127

62. Трунин, Д.А. Оптимизация лечения больных с острой травмой средней зоны лица и профилактика посттравматических деформаций / ЦНИИ стоматологии.: Автореф. дис. ... д-ра мед.наук.- Москва, 1998.- 42 с.

63. Тымкович, М.Ю., Аврунин О.Г., Бых А.И. Проблемы оптической регистрации положения маркеров в хирургической навигационной системе. Автореферат на соиск. ученой степени кандидата технических наук: Харьков. 2016

64. Фредерико, Э.Х. Костная пластика в стоматологической имплантологии. Описание методик и их клиническое применение – М.: Медицина. 2006 – 227 с.
65. Чудаков, О.П., Людчик Т.Б., Маргунская В.А., Моисейчик Л.Е., Мулик С.П. Травматические повреждения мягких тканей челюстно-лицевой области: клиника, диагностика, лечение – Мн: Беларусь. 2002
66. Шайхалиев, А.И., Платнова В.В., Аразашвили В.Д., Беляева А.М., Алексеева С.Р., Смирнов А.В., Стецкий Г.М. Метод интраоперационного нейромониторинга при проведении оперативных вмешательств при удалении доброкачественных новообразований в челюстно-лицевой области // Российский стоматологический журнал. 2013. № 5.
67. Шендеров, А.Ю. Ортопедическое лечение больных с дефектами верхней челюсти: дис. ... канд. мед. наук / А.Ю. Шендеров. — Л., 1990.
68. Alexander, E. Optimizing brain tumor resection. Midfield interventional MR imaging / E. Alexander III // Neuroimaging Clin. N. Am. - 2001. - Vol. 11 ,N. 4.- P. 659 - 672.
69. Alvi, A., Doherty T., Lewen G. Facial Fractures and Concomitant Injuries in Trauma Patients. Laryngoscope 2003 113;102-106.
70. Arnold, F., West D.C. Angiogenesis in wound healing. Pharmacology & Therapeutics. 1991;52(3):407–422.
71. Bale, R. J., Laimer I., Martin A. et al., “Frameless stereotactic cannulation of the foramen ovale for ablative treatment of trigeminal neuralgia,” Operative Neurosurgery, vol. 59, Supplement 2, no. 4, pp. ONS–394-ONS-402, 2006.
72. Bell, R.B. Computer Planning and Intraoperative Navigation in Cranio-maxillofacial Surgery / R.B. Bell // Oral Maxillofacial Surgery Clinics of North America. – 2010. - №22. – P. 135-156.
73. Bell, W. H. Modern practice in orthognathic and reconstructive surgery / W. H. Bell. – Philadelphia : W.B. Saunders company, 1992. – Vol. 2. – p. 1769.
74. Bianchi, A., Badiali G., Lancellotti L., Marchetti C. Simulation Guided Navigation in Cranio-Maxillo-Facial Surgery // Proceeding XXI Congress of the

European Association for Cranio-Maxillo-Facial Surg., 11-15 sept. 2012, Dubrovnik, Croatia. - 2012. - P. 8.

75. Bobek, S.L. Applications of Navigation for Orthognathic Surgery / S.L. Bobek // Oral Maxillofacial Surgery Clinics of North America. – 2014. - №26. – P. 587-598.

76. Chandra, T.S., Sholapurkar A., Josef R. M. et al. Simple Magnetically Connected Hollow Obturator: A Case Report // The Journal of Contemporary Dental Practice.- 2008.- Vol. 9.- № 1.- P. 1-9.

77. Chang, H.-W. Intraoperative navigation for single-splint two-jaw orthognathic surgery: From model to actual surgery / H.-W. Chang et al. // Journal of Cranio-Maxillo-Facial Surgery. - 2015. - №43. – P. 1119-1126.

78. Chrisitan, M. Wegner, Daniel B. Karron “Surgical navigation system and method using audio feedback”// US Patent 6,083,163, Jul 4 2000.

79. Ellis, E. Orbital Trauma. Oral and Maxillofacial Surgery Clinics of North America. 2012;24 (4):629-648.

80. Farronato, G., Garagiola U., Dominici A., et al. “Ten-point” 3D cephalometric analysis using low-dosage cone beam computed tomography. Prog Orthod. 2010;11:2–12.

81. Goh, S.H. Radiologic screening for midfacial fractures: a single 30-degree occipitontental view is enough / S.H. Goh, B.Y. Low // Journal of Trauma. — 2002. - № 4. - P. 688-692.

82. Golfinos J.G., Fitzpatrick B.C., Smith L.R., Spetzler R.F. Clinical use of a frameless stereotactic arm: results of 325 cases / J.G. Goalfinos // Neurosurgery. – 1995. – Vol. 83. – P.197-295.

83. Guy, W.M. Contemporary management of traumatic fractures of the frontal sinus / W.M. Guy, A.E. Brissett // Otolaryngologic Clinics of North America. - 2013. -№5.-P. 733-748.

84. Hammer, B. Orbital Fractures: diagnosis, operative treatment, secondary corrections / B. Hammer. – Bern : Hogrefe & Huber Publishers, 1995. - 100 p.



85. He, Y., Zhang Y., An J.G. et al. Zygomatic surface marker-assisted surgical navigation: a new computer-assisted navigation method for accurate treatment of delayed zygomatic fractures // *J. Oral. Maxillofac. Surg.* - 2013. -Vol. 71, N12.-P. 2101-2114.
86. Hejazi, N. Frameless image-guided neuronavigation in orbital surgery: practical applications / N. Hejazi // *Neurosurg. Rev.* - 2006. -Vol. 29, N 2. -P.1 18-122
87. Horch, H.H. *Mund-Kiefer-Gesichtschirurgie* / HH. Horch. – Munich. : «Urban & Schwarzenberg», 1997. – Vol. 1. – p. 436.
88. Hongbo, Y. The indication and application of computer-assisted navigation in oral and maxillofacial surgery - Shanghai's experience based on 104 cases // *Journal of Cranio-Maxilla-Facial Surgery.* – 2013. №41. – pp. 770–774.
89. Hopper, R.A., Salemy S., Sze R.W. Diagnosis of midface fractures with CT what the surgeon needs to know // *Radiographics*, 2006 - №26 (3) - p.783-793
90. Irving, R.M., Proops D.W. The future of otology / R.M. Irving // *Laryngology and Otology.* – 2000. – Vol.114. – P. 3-5.
91. Kavanagh, K. T., “Applications of image-directed robotics in otolaryngologic surgery,” *Laryngoscope*, vol. 104, no. 3, pp. 283–293, 1994.
92. Kong, X. Z., Duan X. G., Wang Y. G., “An integrated system for planning, navigation and robotic assistance for mandible reconstruction surgery,” *Intelligent Service Robotics*, vol. 9, no. 2, pp. 113–121, 2016.
93. Kyu-Jin, C., Yong-Ha K, Tae-Gon K. [et al.] Treatment of complex facial fractures: Clinical experience of different timing and order // *J. Craniofac. Surg.* - 2013. - Vol. 24, N 1. - P. 216-220.
94. Liedke, G.S., Delamare E.L., Vizzotto M.B., et al. Comparative study between conventional and cone beam CT-synthesized half and total skull cephalograms. *Dentomaxillofac. Radiol.* 2012;41:136– 142.
95. Lin, H.H., Chuang Y.F., Weng J.L., et al. Comparative validity and reproducibility study of various landmark-oriented reference planes in 3-dimensional computed tomographic analysis for patients receiving orthognathic surgery. *PLoS One.* 2015;10:e0117604.

96. Lueth, T. C., Hein A., Albrecht J. et al., "A surgical robot system for maxillofacial surgery," in IECON '98. Proceedings of the 24th Annual Conference of the IEEE Industrial Electronics Society (Cat. No.98CH36200), pp. 2470–2475.
97. Maciunas, R.J. Overview of Interactive Image-Guided Neurosurgery: Principles, Applications, and New Techniques // Alexander III E., Maciunas R.J. (Eds). Advanced neurosurgical Navigation. - New York - Stuttgart: Theme, 1999. -P. 15-32.
98. Manson, P.N. Toward CT-based facial fracture treatment / P.N. Manson, B. Markowitz, S. Mirvis // Plastic and Reconstructive Surgery. - 1990. - № 2. - P. 202-212.
99. Marinov, M. Interactive image-guided cranial neurosurgery using the SurgiScope / M. Marinov, D. Roberts // Bulg. Neurosurgery. - 1996. -Vol.4.-P.9-18.
100. Markiewicz, M.R., Dierks, E.J., Bell R.B. Does intraoperative navigation restore orbital dimensions in traumatic and post-ablative defects? / J. Craniomaxillofac. Surg. - 2012. - Vol. 40, N2. - P. 142-148.
101. Maturo, S. Zygomatico-orbito-maxillary complex fractures / Maturo S., Lopez M. // Operative Technics in Otolaryngology - Head and Neck Surgery - 2008. - № 2. -P. 86-89.
102. Nahum, A.M. The biomechanics of maxillofacial trauma / A.M. Nahum // Clinics in Plastic Surgery. - 1975. - № 1. - P. 59.64.
103. Nevins, M., Nevins M.L., Camelo M., Camelo J.M., Schupbach P., Kim D.M. The clinical efficacy of dynamatrix extracellular membrane in augmenting keratinized tissue // Int. J. Periodontics. Restorative. Dent. — 2010. — Vol. 30. — P. 151–161.
104. Novelli, G. Virtual surgery simulation in orbital wall reconstruction of surgical navigation and stereolithographic models / G. Novelli et al. // Journal of Cranio-Maxilla-Facial Surgery. – 2014. -№42. – p. 2025-2034.
105. Novelli, G., Tonellini G., Mazzoleni F. et al. Surgical navigation recording systems in orbitozygomatic traumatology // J. Craniofac. Surg. -2012. - Vol. 23, N3. - P. 890-892.

106. Oz, U., Orhan K., Abe N. Comparison of linear and angular measurements using two-dimensional conventional methods and three-dimensional cone beam CT images reconstructed from a volumetric rendering program in vivo. *Dentomaxillofac. Radiol.* 2011;40:492–500.

107. Ozkaya, O. A retrospective study of the epidemiology and treatment of maxillofacial fractures / O. Ozkaya, G. Turgut, M.U. Kayali, K. Ugurlu // *Turkish Journal of Trauma and Emergency Surgery.* - 2009. - №3 - P. 262-266.

108. Reinhardt, H.F. A computer-assisted device for the intraoperative CT-correlated localization of brain tumors [Text] / H.F. Reinhardt, H. Meyer, E.A. Amrein // *Eur. Surg. Res.* - 1998.-Vol.20, N1. - P. 51-58.

109. Roberts, D.W. A frameless stereotaxic integration of computerized tomographic imaging and the operating microscope / D.W. Roberts, J.W. Strohbehn, J.F. Hatch, W. Murray, H. Kettenberger // *J. Neurosurgery.* - 1986. - Vol. 65. - P. 545 - 549.

110. Salvinelli, F., De la Cruz A. Otoneurosurgery and lateral skull base surgery / F. Salvinelli. – Philadelphia: WB Saunders Co, 1996. – 500p

111. Sargent, E.W., Bucholz R.D. Middle cranial fossa surgery with image-guided instrumentation / E.W. Sargent // *Otolaryngology – Head and Neck Surgery.* – 1997. – Vol. 117. – P. 131-134.

112. Schmelreisen, R., Schliephake. Interdisciplinary microvascular reconstruction of maxillary, midfacial and skull base defects // *Journal of Cranio-Maxillofacial Surgery.* - 1998. -Vol. 26 - p.1-10.

113. Sohns, J.M., Staab W., Sohns C., Schwarz A., Streit U., Hosseini A.S., et al. Current perspective of multidetector computed tomography (MDCT) in patients after midface and craniofacial trauma *Clin Imaging*, 37 (2013), pp. 728-733

114. Stuck, B.A., Hülse R., Barth T.J. Intraoperative cone beam computed tomography in the management of facial fractures. *Int J Oral Maxillofac Surg.* 2012; 41 (10): 1171-5.

115. Sun, Y. The Accuracy of Image-Guided Navigation for Maxillary Positioning in Bimaxillary Surgery / Y. Sun et al. // *The Journal of Craniofacial Surgery*. – 2014. - №3. - P. 1095-1099.
116. Sung, E.K., Nadgir R.N., Sakai O. Computed tomographic imaging in head and neck trauma: what the radiologist needs to know *Semin Roentgenol*, 47 (2012), pp. 320-329
117. Terpolilli, NA, Rachinger W, Kunz M, Thon N, Flatz WH, et al. (2016) Orbit-associated tumors navigation and control of resection using intraoperative computed tomography. *J Neurosurg* 124: 1319-1327.
118. Thomas, S. Kühnel, Torsten E. Reichert. Trauma of the midface. *Head and Neck Surgery* 2015, Vol. 14. 45 p.
119. Tsao, K. The use of cone beam computed tomography in the postoperative assessment of orbital wall fracture reconstruction/ K. Tsao, A. Cheng, A. Goss et al. // *J. Craniofac. Surg.* - 2014. - Vol. 25, № 4. - P. 1150-4.
120. van Vlijmen, O.J., Maal T., Berge S.J., et al. A comparison between 2D and 3D cephalometry on CBCT scans of human skulls. *Int. J. Oral. Maxillofac. Surg.* 2010;39:156–160.
121. Van den Bergh, B. Postoperative radiographs after maxillofacial trauma: sense or nonsense? / B. van den Bergh, Y. Goey, T. Forouzanfar // *International Journal of Oral and Maxillofacial Surgery*.-2011.-№ 12.-P. 1373-1376.
122. Watanabe, E. Three-dimensional digitizer (neuronavigator): New equipment for CT-guided stereotaxic surgery / E. Watanabe, T. Watanabe, S. Manaka, Y. Mayanagi, K. Takakura // *Surg. Neurology*. - 1987.-Vol. 27.-P. 543-550.
123. Werner, S., Grose R. Regulation of Wound Healing by Growth Factors and Cytokines. *Physiological Reviews*. 2003; 83(3):835–870.
124. Westendorff, C., Gülicher D., Dammann F., Reinert S., Hoffmann J., “Computer-assisted surgical treatment of orbitozygomatic fractures,” *Journal of Craniofacial Surgery*, vol. 17, no. 5, pp. 837–842
125. Yu, H., Shen S.G., Wang X. et al. The indication and application of computer-assisted navigation in oral and maxillofacial surgery—Shanghai's

experience based on 104 cases // J. Craniomaxillofac. Surg. - 2013. - Vol. 41. N 8. -P. 770-774.