

**ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
НАЦИОНАЛЬНЫЙ МЕДИЦИНСКИЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ЦЕНТР
«ЦЕНТРАЛЬНЫЙ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ
СТОМАТОЛОГИИ И ЧЕЛЮСТНО-ЛИЦЕВОЙ ХИРУРГИИ»
МИНИСТЕРСТВА ЗДРАВООХРАНЕНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**

На правах рукописи

Текучева Светлана Владимировна

**Комплексная диагностика и этапная реабилитация пациентов со
скелетными формами зубочелюстных аномалий**

3.1.7. Стоматология

Диссертация
на соискание ученой степени
доктора медицинских наук

Научный консультант:
заслуженный деятель науки РФ,
член-корреспондент РАН,
доктор медицинских наук, профессор
Лосев Фёдор Фёдорович

Москва – 2026

ОГЛАВЛЕНИЕ

| | |
|---|-----------|
| ВВЕДЕНИЕ..... | 5 |
| ГЛАВА 1. ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ. СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ ПРОБЛЕМЫ ДИАГНОСТИКИ И ЛЕЧЕНИЯ ПАЦИЕНТОВ СО СКЕЛЕТНЫМИ ФОРМАМИ ЗУБОЧЕЛЮСТНЫХ АНОМАЛИЙ..... | 16 |
| 1.1. Распространенность скелетных форм зубочелюстных аномалий и причины их формирования..... | 16 |
| 1.2. Методы обследования пациентов со скелетными формами зубочелюстных аномалий. Морфофункциональное состояние зубочелюстной системы у пациентов со скелетными формами зубочелюстных аномалий..... | 18 |
| 1.3. Принципы планирования и лечение пациентов со скелетными формами зубочелюстных аномалий. Этапы комплексной реабилитации. Цифровые технологии..... | 30 |
| 1.4. Состояние зубочелюстной системы после проведения комплексного ортодонт-хирургического лечения. Способы оценки качества лечения | 36 |
| ГЛАВА 2. МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ..... | 47 |
| 2.1. Общая характеристика пациентов и объем исследований..... | 47 |
| 2.2. Дизайн исследования и характеристика клинических групп..... | 48 |
| 2.3. Клиническое обследование..... | 52 |
| 2.4. Методы оценки параметров мягких тканей лица..... | 54 |
| 2.5. Антропометрия зубов, зубных рядов..... | 55 |
| 2.6. Лучевые методы исследования..... | 57 |
| 2.6.1. Конусно-лучевая компьютерная томография (КЛКТ) черепа.... | 57 |
| 2.6.2. Магнитно-резонансная томография ВНЧС..... | 63 |
| 2.7. Ультразвуковое исследование мышц челюстно-лицевой области.... | 64 |
| 2.8. Функциональные методы исследования..... | 67 |
| 2.8.1. Поверхностная электромиография жевательных мышц..... | 67 |
| 2.8.2. Метод компьютерного анализа состояния окклюзии..... | 70 |
| 2.8.3. Метод стабиллометрии..... | 71 |
| 2.8.4. Лазерная доплеровская флоуметрия (ЛДФ)..... | 72 |
| 2.9. Компьютерное моделирование комплексного ортодонт- хирургического лечения..... | 74 |
| 2.10. Методика комбинированного лечения пациентов со скелетными формами зубочелюстных аномалий..... | 76 |
| 2.11. Методика оценки результатов ортодонтической подготовки..... | 78 |

| | |
|---|------------|
| 2.12. Анкетирование врачей-ортодонтотв и врачей-челюстно-лицевых хирургов различных медицинских организаций..... | 81 |
| 2.13. Методы статистической обработки данных..... | 82 |
| ГЛАВА 3. РЕЗУЛЬТАТЫ КОМПЛЕКСНОЙ ОЦЕНКИ СОСТОЯНИЯ ЗУБОЧЕЛЮСТНОЙ СИСТЕМЫ ПАЦИЕНТОВ СО СКЕЛЕТНЫМИ ФОРМАМИ ДИСТАЛЬНОЙ И МЕЗИАЛЬНОЙ ОККЛЮЗИИ ДО ЛЕЧЕНИЯ..... | 86 |
| 3.1. Результаты клинического обследования пациента..... | 86 |
| 3.2. Результаты антропометрического изучения моделей челюстей пациентов со скелетной формой дистальной и мезиальной окклюзии | 94 |
| 3.3. Результаты рентгенологического исследования лицевого отдела черепа, ВНЧС пациентов со скелетными формами зубочелюстных аномалий..... | 96 |
| 3.3.1. Результаты цефалометрии..... | 96 |
| 3.3.2. Результаты оценки состояния ВНЧС | 105 |
| 3.3.3. Результаты МРТ-исследования височно-нижнечелюстных суставов у пациентов со скелетными формами зубочелюстных аномалий..... | 108 |
| 3.3.4. Результаты оценки состояния альвеолярной кости в области зубов верхней и нижней челюсти..... | 109 |
| 3.4. Результаты оценки микроциркуляции тканей пародонта с применением ЛДФ..... | 116 |
| 3.5. Результаты оценки БЭА жевательных и височных мышц у пациентов со скелетными формами зубочелюстных аномалий..... | 117 |
| 3.6. Результаты компьютеризированной оценки окклюзии с применением системы «Т-скан»..... | 135 |
| 3.7. Результаты стабилотрии..... | 137 |
| ГЛАВА 4. РАЗРАБОТКА И АПРОБАЦИЯ АВТОРСКОЙ ТЕХНОЛОГИИ ПЛАНИРОВАНИЯ КОМПЛЕКСНОГО ОРТОДОНТО-ХИРУРГИЧЕСКОГО ЛЕЧЕНИЯ..... | 141 |
| ГЛАВА 5. РЕЗУЛЬТАТЫ КОМПЛЕКСНОЙ ОЦЕНКИ СОСТОЯНИЯ ЗУБОЧЕЛЮСТНОЙ СИСТЕМЫ В ДИНАМИКЕ ОРТОДОНТИЧЕСКОГО ЛЕЧЕНИЯ ПАЦИЕНТОВ СО СКЕЛЕТНЫМИ ФОРМАМИ ЗУБОЧЕЛЮСТНЫХ АНОМАЛИЙ С ПРИМЕНЕНИЕМ АВТОРСКОЙ ТЕХНОЛОГИИ ЦИФРОВОГО ПЛАНИРОВАНИЯ..... | 164 |

| | |
|---|------------|
| 5.1. Результаты цефалометрии..... | 164 |
| 5.2. Результаты оценки состояния ВНЧС на КЛКТ..... | 164 |
| 5.3. Результаты оценки толщины альвеолярной кости челюстей..... | 166 |
| 5.4. Результаты оценки микроциркуляции тканей пародонта | 175 |
| 5.5. Результаты оценки биоэлектрической активности жевательных и височных мышц | 179 |
| 5.6. Результаты ультразвукового исследования (УЗИ) жевательных мышц | 186 |
| 5.7. Динамика показателей состояния окклюзии по данным Т-скан..... | 193 |
| 5.8. Результаты стабилόμεрии в динамике комплексного лечения..... | 199 |
| ГЛАВА 6. РЕЗУЛЬТАТЫ ОРТОДОНТИЧЕСКОЙ ПОДГОТОВКИ ПАЦИЕНТОВ СО СКЕЛЕТНЫМИ ФОРМАМИ ЗУБОЧЕЛЮСТНЫХ АНОМАЛИЙ К ОРТОГНАТИЧЕСКОЙ ОПЕРАЦИИ..... | 208 |
| ГЛАВА 7. ОЦЕНКА СОСТОЯНИЯ ЗУБОЧЕЛЮСТНОЙ СИСТЕМЫ У ПАЦИЕНТОВ СО СКЕЛЕТНЫМИ ФОРМАМИ ЗУБОЧЕЛЮСТНЫХ АНОМАЛИЙ, ПРОХОДИВШИХ ОРТОДОНТИЧЕСКУЮ ПОДГОТОВКУ С ПРИМЕНЕНИЕМ ТРАДИЦИОННЫХ МЕТОДОВ..... | 226 |
| 7.1. Оценка конструктивной окклюзии и цефалометрических параметров | 227 |
| 7.2. Оценка морфофункциональных показателей..... | 238 |
| ГЛАВА 8. РЕЗУЛЬТАТЫ АНКЕТИРОВАНИЯ ВРАЧЕЙ-ОРТОДОНТОВ И ВРАЧЕЙ-ЧЕЛЮСТНО-ЛИЦЕВЫХ ХИРУРГОВ РАЗЛИЧНЫХ МЕДИЦИНСКИХ ОРГАНИЗАЦИЙ | 251 |
| ГЛАВА 9. ОБСУЖДЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ СОБСТВЕННЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ И ЗАКЛЮЧЕНИЕ..... | 260 |
| ВЫВОДЫ..... | 276 |
| ПРАКТИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ..... | 278 |
| СПИСОК СОКРАЩЕНИЙ И УСЛОВНЫХ ОБОЗНАЧЕНИЙ..... | 280 |
| СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ..... | 281 |

ВВЕДЕНИЕ

Актуальность темы исследования

Скелетные формы зубочелюстных аномалий (СФЗЧА) представляют собой одну из наиболее сложных проблем современной стоматологии и челюстно-лицевой хирургии, что обусловлено их высокой распространенностью, выраженными морфофункциональными нарушениями и необходимостью комплексного междисциплинарного подхода к лечению [2, 4, 9, 15, 19, 22, 61, 68, 78, 113, 130, 131, 137, 146, 158, 170, 196, 205, 239, 244, 260, 283, 291, 323]. По данным литературы, частота скелетных форм аномалий окклюзии в популяции достигает 20-30%, при этом пациенты с дистальной и мезиальной окклюзией составляют основную группу, нуждающуюся в ортогнатическом хирургическом вмешательстве [11, 17, 20, 27, 37, 52, 56, 68, 71, 73, 86, 106, 133, 145, 150, 162, 172, 182, 194, 204, 218, 228, 240, 249, 273, 284].

Несмотря на значительные достижения в развитии методов диагностики и планирования, существующие подходы к лечению пациентов со СФЗЧА характеризуются рядом нерешенных проблем. Традиционные методы планирования, основанные преимущественно на двумерном цефалометрическом анализе, не позволяют в полной мере учесть индивидуальные анатомические особенности и биомеханику зубочелюстной системы (ЗЧС). Это приводит к значительной вариабельности результатов, увеличению сроков лечения и риску послеоперационных осложнений [70, 116, 117, 150, 163, 175, 197, 220].

Особую актуальность приобретает проблема объективной оценки функционального состояния ЗЧС на всех этапах лечения. Известно, что скелетные аномалии сопровождаются не только морфологическими, но и выраженными функциональными нарушениями: изменением биоэлектрической активности жевательных мышц, дисфункцией височно-нижнечелюстных суставов (ВНЧС), нарушениями окклюзионных взаимоотношений и постурального баланса [8, 11, 16, 18, 20, 27, 31, 37, 53, 60, 71, 72, 80, 98, 100, 108, 114, 138, 159, 171, 185, 196, 203, 219, 230, 240, 247]. Однако до настоящего

времени отсутствуют стандартизированные протоколы комплексной функциональной диагностики, интегрирующие данные электромиографии (ЭМГ), ультразвукового исследования (УЗИ) жевательных мышц, компьютерной и магнитно-резонансной томографии ВНЧС, компьютерного анализа окклюзии (Т-скан), стабилотрии и лазерной доплеровской флоуметрии (ЛДФ) тканей пародонта.

Критически важным является отсутствие единых количественных критериев оценки качества ортодонтической подготовки к ортогнатической операции. Существующие подходы носят преимущественно субъективный характер и не позволяют объективно определить момент готовности пациента к хирургическому этапу [33, 36, 38, 40, 51, 59, 61, 66, 77, 97, 101, 112, 147, 158, 169, 192, 201, 213, 239]. Недостаточно изученными остаются внутренние биомеханические и функциональные закономерности, определяющие эффективность цифрового планирования, а также механизмы адаптации и декомпенсации ЗЧС в процессе комплексного лечения.

Таким образом, актуальность настоящего исследования обусловлена необходимостью разработки и внедрения стандартизированного междисциплинарного цифрового протокола, интегрирующего современные методы морфофункциональной диагностики и 3D-планирования для повышения эффективности ортодонтно-хирургического лечения пациентов со скелетными формами зубочелюстных аномалий.

Степень разработанности темы исследования

В современной научной литературе представлены многочисленные исследования, посвященные отдельным аспектам диагностики и лечения пациентов со скелетными формами ЗЧА. Фундаментальные работы Proffit W.R., Epker B.N., Reyneke J.P. заложили основы понимания биомеханики ортогнатической хирургии и принципов ортодонтической декомпенсации. Исследования Ikeda K., Pullinger A.G. определили нормативные параметры положения головок нижней челюсти при различных типах окклюзии. Работы

отечественных и зарубежных авторов раскрыли роль функциональной диагностики в комплексной оценке состояния ЗЧС [12,13, 52, 71, 99, 104, 188, 192, 231, 250].

Развитие цифровых технологий в стоматологии нашло отражение в исследованиях, посвященных 3D-цефалометрии и виртуальному планированию ортогнатических операций [26, 30, 58, 70, 144, 168, 182, 260]. Работы de Waard (2022), Shakr S., Negm I., Saifeldin H. (2024) продемонстрировали возможности и ограничения цифрового планирования (сетапов) в ортодонтической практике.

Вместе с тем, анализ литературы свидетельствует о фрагментарности существующих исследований. Отсутствуют работы, интегрирующие комплексную морфофункциональную диагностику (ЭМГ, УЗИ, КЛКТ, МРТ, Т-скан, стабилметрия, ЛДФ) в единый протокол ведения пациентов со СФЗЧА. Не разработаны количественные критерии оценки качества ортодонтической подготовки на основе функциональных параметров. Недостаточно изучены закономерности адаптации и декомпенсации ЗЧС в динамике ортодонто-хирургического лечения. Отсутствуют стандартизированные протоколы цифрового планирования, учитывающие не только морфологические, но и функциональные особенности пациента.

Цель исследования

Повышение эффективности ортодонто-хирургического лечения пациентов со скелетными формами зубочелюстных аномалий на основе применения технологии цифрового 3D-планирования и комплексного этапного мониторинга морфофункционального состояния зубочелюстной системы.

Задачи исследования

1. Изучить морфофункциональное состояние зубочелюстной системы у пациентов со скелетными формами дистальной и мезиальной окклюзии по данным ЭМГ, УЗИ жевательных мышц, КЛКТ ВНЧС, Т-скан, стабилметрии, лазерной доплеровской флоуметрии (ЛДФ) тканей пародонта.

2. Разработать технологию цифрового 3D-планирования ортодонтического этапа подготовки к ортогнатическим операциям, включающую создание целевого виртуального плана и количественных протоколов перемещения зубов для различных клинических ситуаций.

3. Оценить динамику функциональных показателей жевательных мышц, ВНЧС, состояния окклюзионно-постурального статуса микроциркуляции тканей пародонта, на этапах комплексного ортодонто-хирургического лечения и выявить критические этапы ортодонтической декомпенсации.

4. Оценить точность реализации цифрового ортодонтического плана и идентифицировать зоны наивысшего риска при различных типах окклюзии.

5. Провести сравнительный анализ клинико-функциональной эффективности разработанного протокола подготовки пациентов к проведению ортодонто-хирургического лечения и традиционных методов лечения

6. Разработать практические рекомендации по применению комплексной морфофункциональной диагностики и методики цифрового планирования ортодонтического этапа комплексного лечения.

7. Изучить особенности организации и существующие подходы к диагностике, планированию и лечению пациентов со скелетными формами зубочелюстных аномалий в различных медицинских организациях на основе анкетирования врачей-ортодонтов и врачей-челюстно-лицевых хирургов.

Научная новизна исследования

Впервые на основе комплексного мультимодального исследования (ЭМГ, УЗИ, Т-скан, КЛКТ) проведена дифференцированная оценка морфофункционального состояния жевательных мышц, окклюзии и элементов ВНЧС у пациентов с дистальной и мезиальной скелетными формами окклюзии, что позволило выявить и описать специфические паттерны для каждого типа аномалии.

Впервые установлены закономерности адаптации и декомпенсации зубочелюстной системы в ходе ортодонтно-хирургического лечения. Доказано, что применение технологии цифрового 3D-планирования достоверно снижает степень функциональной декомпенсации жевательных мышц и ВНЧС на ортодонтическом этапе по сравнению с традиционными методами.

Впервые разработан и клинически апробирован междисциплинарный цифровой протокол лечения пациентов со СФЗЧА, интегрирующий этапы комплексной диагностики, прогностического 3D-планирования целевой окклюзии и объективного контроля качества ортодонтической подготовки (патент на изобретение «Способ планирования комплексного ортодонтно-хирургического лечения» (патент РФ № 2855915 С1).

Впервые по данным многофакторного математического анализа доказано наличие тесных корреляционных связей между параметрами окклюзионного контакта (Т-скан), симметрией биоэлектрической активности жевательных мышц (ЭМГ), уровнем микроциркуляции в пародонте (ЛДФ) и стабильностью постурального баланса (стабилометрия). Установленная взаимозависимость обосновывает концепцию единства окклюзионно-нейромышечно-постуральной системы и необходимость её интегральной оценки.

Впервые на основании выявленных закономерностей разработан и предложен для интегральный диагностический индекс, позволяющий количественно оценить степень системной дезадаптации и спрогнозировать функциональную устойчивость результатов лечения у пациентов со СФЗЧА.

Теоретическая и практическая значимость работы

Результаты работы углубляют понимание механизмов компенсации, адаптации и декомпенсации зубочелюстной системы при скелетных формах зубочелюстных аномалий. Выявленные закономерности морфофункциональных изменений в динамике ортодонтно-хирургического лечения расширяют современные представления о биомеханике жевательного аппарата и его взаимосвязи с постуральной системой. Доказанная концепция единства

окклюзионно-нейромышечно-постуральной системы создает теоретическую основу для разработки новых методов диагностики и лечения, ориентированных на восстановление не только морфологической, но и функциональной гармонии.

Разработанный метод цифрового планирования, количественные критерии оценки качества подготовки и практические рекомендации внедрены в клиническую практику отделов и отделений ФГБУ «НМИЦ «ЦНИИСиЧЛХ» Минздрава России, а также используются в образовательном процессе кафедры стоматологии Института стоматологии ФГАОУ ВО «Российский университет медицины» Минздрава России. Полученные результаты могут служить основой для создания стандартов оказания помощи данной категории пациентов, обеспечивая повышение эффективности и снижение рисков осложнений при комплексном лечении.

Разработанный протокол позволяет:

- объективизировать процесс диагностики и планирования лечения;
- стандартизировать критерии оценки качества ортодонтической подготовки;
- прогнозировать функциональную устойчивость результатов лечения;
- минимизировать риски ятрогенных осложнений (фенестраций, рецессий, резорбции корней);
- сократить сроки лечения за счет повышения его предсказуемости.

Методология и методы исследования

Методология исследования основана на принципах доказательной медицины и системного анализа. Используются клинические, антропометрические, лучевые, функциональные методы диагностики, методика цифрового 3D-планирования, статистические методы обработки полученных результатов. Работа выполнена в дизайне проспективного когортного исследования с ретроспективным контролем. Объектом исследования явились 145 пациентов в возрасте от 18 до 42 лет со скелетными формами зубочелюстных аномалий (дистальной и мезиальной окклюзией), находившихся

на лечении в отделе госпитальной ортодонтии и детской стоматологии ФГБУ НМИЦ «ЦНИИСиЧЛХ» Минздрава России.

Научные положения, выносимые на защиту:

1. Для объективной дифференциальной диагностики и определения степени системной дезадаптации пациентов со скелетными формами зубочелюстных аномалий до лечения необходима комплексная оценка состояния зубочелюстной системы, включающая анализ окклюзии, нейромышечного статуса, состояния ВНЧС, микроциркуляции тканей пародонта и постурального баланса.
2. При ортодонтической подготовке пациентов со скелетной формой дистальной и мезиальной окклюзии к ортогнатической операции установлено наличие этапа острой декомпенсации, характеризующегося комплексными функциональными нарушениями: снижением индекса симметрии жевательных мышц, падением амплитуды максимального волевого смыкания, увеличением времени достижения максимального межбугоркового контакта, ростом асимметрии окклюзионного баланса, ухудшением постуральной устойчивости.
3. Ортодонтическая подготовка к ортогнатической операции характеризуется трёхфазной динамикой: фаза острой декомпенсации (3–6 месяцев) с пиком функциональных нарушений (снижением индексов симметрии жевательных мышц, снижением амплитуды максимального волевого смыкания, увеличением времени достижения максимального межбугоркового контакта, ростом асимметрии окклюзионного баланс, нарушением микроциркуляции тканей пародонта, ухудшением постурального баланса), фаза стабилизации (12–18 месяцев) с нормализацией показателей и фаза послеоперационной реабилитации. Наличие фазы острой декомпенсации является противопоказанием к проведению хирургического вмешательства.
4. По данным цифрового планирования ортодонтно-хирургического лечения с разработкой плана предоперационного ортодонтического лечения установлено достижение оптимальных окклюзионных взаимоотношений, повышена точность подготовки к ортогнатической операции, что приводит к нормализации

биоэлектрической активности жевательных мышц, улучшению состояния микроциркуляции опорных тканей пародонта, стабилизации постурального баланса, снижает степень функциональной дезадаптации на ортодонтическом этапе и позволяет прогнозировать клинико-функциональную эффективность результата.

Степень достоверности и апробация полученных результатов

Степень достоверности определяется достаточным количеством пациентов группы исследования (145 человек), адекватными и современными методами исследования (клинические – 145 иссл., лабораторные – 403 иссл., функциональные (электромиография – 403 иссл., стабилметрия – 403 иссл., Т-скан – 403 иссл., ЛДФ тканей пародонта – 403 иссл.), лучевые (КЛКТ черепа – 231 иссл., УЗИ жевательных мышц – 403 иссл.), цифровое 3D-модерирование – 86 иссл. и статистической обработкой данных с корреляционным и многофакторным анализами. Добровольное участие пациентов в исследовании подтверждалось их письменным согласием.

Основные положения и результаты диссертации доложены на 37-53-й Всероссийских научно-практических конференциях с международным участием «Актуальные проблемы стоматологии» СТАР (2017-2025 гг., Москва); II Съезде ортодонтос московской области (2017г., Москва); Международных научно-практических конференциях в Сколтех «Индустриальный день Сколтеха. Погружение в индустрию» (2021г., 2022 г. Москва); XII Всероссийской научно-практической конференции с международным участием «Здоровье человека в XXI веке. Качество жизни» (2021, Татарстан. г. Казань); XXI, XXII Съезде Ортодонтос России с международным участием (2021г., 2022г. Санкт-Петербург); 2-й международная научно-практическая конференция междисциплинарного формата «Актуальные вопросы пародонтологии и реконструктивной хирургии тканей: проблемы, достижения, инновации» (2021г., г. Краснодар); 17-м и 18-м международном междисциплинарном конгрессе по аллергологии и иммунологии (РААКИ) (2021г., 2022 г. Москва);

12-м международном конгрессе общества лингвальных ортодонтотв (12th ESLO Congress) (2021. Греция, г. Афины); 9-м Международном ортодонтическом конгрессе (The 9th International Orthodontic Congress) (2021г. Япония, г. Йокогама); International Conference on Bioinformatics and Biomedicine (BIBM) (2022г. США); LXXXIII научно-практической конференции с международным участием, посвященной 125-летнему юбилею ПСПбГМУ им. акад. И.П. Павлова (2022. г., г. Санкт-Петербург); V международной научно-практической конференции «Современная стоматология и ортодонтия» (2022г. г. Санкт-Петербург); Международном конгрессе «Osteopathy Open 2024». 9.06.2024г. г. Санкт-Петербург; Международной научно-практической конференция, посвященной памяти доктора медицинских наук Лурье Т.М. и профессора Алимского А.В. «Проблемы организации и оказания стоматологической помощи населению в современных условиях». 23.09.2025г. г. Москва; Конгрессе с международным участием «Медицина здоровья: симбиоз традиций и инноваций в образовании, науке и практике». 11.06.2025г. г. Самара; Научно-практической конференции с международным участием «Современные методы диагностики и лечения в детской стоматологии, ортодонтии и других направлениях амбулаторной стоматологической практики» в рамках XIII Международной научно-практической конференции «Стоматология Северной столицы». 9.04.2025г. г. Санкт-Петербург. XIX Всероссийском национальном конгрессе лучевых диагностов и терапевтов «Радиология-2025» (Москва); XVII Всероссийском научно-образовательном форуме с международным участием «Медицинская диагностика». 27-29.05.2025г. г. Москва; XXVII научно-практической конференции «Комплексная ортодонтто-хирургическая реабилитация пациентов со скелетными формами зубочелюстных аномалий», посвященная памяти д.м.н. Лурье Т.М., в рамках Международного научно-практического форума «Российская неделя здравоохранения-2025» (2025г., Москва).

Апробация диссертации проведена на совместном заседании сотрудников отделений челюстно-лицевой хирургии, челюстно-лицевой хирургии (детское),

хирургического лечения аномалий черепно-челюстно-лицевой области, функциональной диагностики, отдела госпитальной ортодонтии и детской стоматологии, отдела ортодонтии, отдела ортопедической стоматологии и гнатологии, центра лучевой диагностики ФГБУ «ЦНИИС и ЧЛХ» Минздрава России 05 марта 2026 года.

Внедрение результатов исследования

Результаты проведенного исследования внедрены в лечебную и педагогическую практику отдела госпитальной ортодонтии и детской стоматологии, отделения челюстно-лицевой хирургии ФГБУ «ЦНИИС и ЧЛХ» Минздрава России, используются в учебной работе для обучения студентов, клинических ординаторов, аспирантов и врачей на кафедрах ортодонтии и челюстно-лицевой и пластической хирургии ФГБОУ ВО «Российский университет медицины» Минздрава России, ФГАОУ ВО Первый МГМУ им. И. М. Сеченова Минздрава России (Сеченовский Университет), при проведении циклов повышения квалификации врачей-ортодонтотв и врачей-челюстно-лицевых хирургов, телемедицинских консультаций и вебинаров с медицинскими организациями из различных регионов РФ.

Личный вклад автора

Личный вклад автора в разработке идеи, планировании работы, непосредственном участии на всех этапах выполнения диссертационной работы: анализ современной отечественной и зарубежной научной литературы по проблеме диагностики и лечения пациентов со скелетными формами зубочелюстных аномалий. Автором самостоятельно разработан дизайн исследования, определены критерии включения и исключения, сформированы клинические группы. Разработана методология комплексного обследования пациентов, включающая клинические, антропометрические, лучевые и функциональные методы диагностики. Автором выполнено моделирование ортодонтического этапа комплексного лечения 86 пациентов, контроль на всех

этапах ортодонтно-хирургического лечения, статистический анализ и интерпретация результатов исследования.

Публикации

По теме диссертации опубликованы 38 научных работ, из них 3 в международной печати, 10 в *Scopus*, *Web of Science*, 36 в рецензируемых изданиях, рекомендованных ВАК. Издано 3 учебника, 1 Национальное руководство по ортодонтии, 3 практических руководства, 4 учебных пособия. Получено 8 патентов Российской Федерации, 4 свидетельства о регистрации программы для ЭВМ.

ГЛАВА 1. ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ. СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ ПРОБЛЕМЫ ДИАГНОСТИКИ И ЛЕЧЕНИЯ ПАЦИЕНТОВ СО СКЕЛЕТНЫМИ ФОРМАМИ ЗУБОЧЕЛЮСТНЫХ АНОМАЛИЙ

1.1. Распространенность скелетных форм зубочелюстных аномалий и причины их формирования

В структуре стоматологических заболеваний зубочелюстные аномалии занимают третье место, уступая кариесу и заболеванием пародонта. Скелетные формы зубочелюстных аномалий имеют высокую распространенность среди населения [2, 4, 17, 73, 92]. По разным регионам Российской Федерации распространенность их варьируется от 34,9% до 76,5% [29, 61, 62, 79, 101, 122]. По мнению ряда авторов, основная часть зубочелюстных аномалий – это результат сложной и плохо изученной комбинации генетических, внутриутробных, родовых и постнатальных факторов [125, 129, 191]. Распространенность аномалий окклюзии, обусловленных нарушением развития челюстей, составляет 24,5–37,3 % [21, 27, 28, 30, 32, 59, 60, 63, 101]. Данные аномалии сопровождаются изменением формы и размеров челюстей, а также нарушением их положения, что негативно сказывается на внешнем виде и психоэмоциональном состоянии пациентов [49, 83, 84]. Многие авторы полагают, что прогнатия передается по аутосомно-доминантному и мультифакторному типу наследования [1]. В работах отечественных и зарубежных исследователей установлено, что число зубочелюстных деформаций колеблется от 33,1% до 95,3% от количества обследованных [22, 45, 69, 202]. Клинические исследования последних лет свидетельствуют о том, что значительно возросла частота нарушений окклюзии скелетного характера. До 60% от числа обследованных ортодонтических больных нуждаются в сочетании хирургического и ортодонтического лечения [10, 45, 54, 61, 78]. В.М. Безруков, изучая деформации верхней челюсти, установил, что сочетанные деформации челюстей (верхняя микро-ретрогнатия - нижняя прогнатия, макрогнатия)

составили 42% от обследованных больных с челюстно-лицевыми деформациями [10]. В своих исследованиях В.П. Болонкин отмечает, что количество больных с верхней микро-, ретрогнатией, нижней прогнатией составляет до 91,1 % от общего количества пациентов с деформациями челюстно-лицевой области.

В структуре аномалий и деформаций развития челюстей дистальная окклюзия занимает первое место и составляет от 35 до 70% среди европейского населения. По данным различных авторов, мезиальная окклюзия зубных рядов встречается у около 26% населения и во многом зависит от этнической принадлежности [17, 20, 51, 52, 129, 164, 267]. Дистальная окклюзия встречается у 12,4–65% обследованных пациентов [2, 24, 36, 62]. Распространенность дистальной окклюзии, обусловленной только положением зубов, составляет не более 10 % от общего количества пациентов [92]. Дистальная окклюзия является самой распространенной среди аномалий зубочелюстной системы и сопровождается функциональными нарушениями у 63–89% обследованных пациентов [48, 69]. Дистальная окклюзия может быть следствием как верхней макрогнатии/ прогнатии, так и нижней микрогнатии/ретрогнатии [83, 84]. Развитие ортодонтических методов лечения и их активное и успешное использование у пациентов детского возраста позволяет корректировать некоторые аномалии и деформации развития челюстей на раннем этапе. Данный факт оказывает влияние на статистику распространенности указанной патологии у пациентов взрослого возраста.

Мезиальная окклюзия является одной из самых сложных аномалий, частота встречаемости которой варьирует от 1 до 10 % и зависит от принадлежности индивидуума к различным этническим группам, от половой принадлежности, возраста исследуемых и, что особенно важно, от диагностических критериев и использования различной терминологии [17, 19, 20, 50, 51, 52, 57, 74, 76, 87, 129, 156, 186, 207]. Так, в европейской популяции мезиальная окклюзия встречается у 1–4 % представителей [148, 160, 200, 211, 239, 254]. Определенное количество исследований подтверждают наследственную природу роста и размера нижней челюсти [245, 249].

Полиморфизм миозина, рецептора гормона роста (GrowthhomonereceptorGHR) и фактора роста фибробластов 10 (Fibroblast Growth Factor, FGF 10) ассоциированы с горизонтальным и вертикальным несоответствием челюстей. Указанные полиморфизмы могут быть использованы как генетические маркеры скелетной формы мезиальной окклюзии и с высокой долей вероятности вскоре будут повсеместно применяться в каждодневной практике. Клинические аспекты мезиальной окклюзии начинают проявляться еще в детстве и прогрессивно становятся более очевидными по мере роста индивидуума, негативно влияя как на эстетику, так и на функцию [192, 195, 262]. Вопрос об этиологии мезиальной окклюзии широко обсуждается в научных кругах на протяжении многих лет [17, 20, 83, 84, 124]. Некоторые исследователи предполагают возможное влияние внешних факторов (например, вредные привычки и ротовое дыхание) на формирование мезиальной окклюзии [17, 20, 63, 72, 85, 105, 113, 130, 277].

Большинство ЗЧА имеет сочетанный характер, следовательно, и подход к диагностике и лечению такой категории пациентов должен быть комплексным [10, 51, 71, 249, 284].

1.2. Методы обследования пациентов со скелетными формами зубочелюстных аномалий. Морфофункциональное состояние ЗЧС у пациентов со скелетными формами зубочелюстных аномалий

Лечение пациентов со скелетными формами зубочелюстных аномалий является актуальной проблемой современной медицины. В первую очередь это связано с требованиями, предъявляемыми к внешнему виду человека в социальной среде. Наличие зубочелюстных аномалий может оказывать негативное влияние на психологическое состояние пациента, вызывать проблемы функционального характера: затрудненное пережевывание пищи, нарушение речи и дыхания, нарушение функции височно-нижнечелюстного

сустава, могут быть причиной проблем с пародонтом, головной боли, бруксизма [12, 29, 31, 32, 67, 191].

Для выбора эффективного метода лечения пациентов с аномалиями окклюзии, обусловленными нарушением развития челюстей, необходимо выявить причины патологии и степень ее выраженности, а также провести комплексную диагностику. При планировании лечения пациентов со скелетными формами зубочелюстных аномалий (СФЗЧА) необходимо комплексное обследование, включающее основные и дополнительные методы [47, 96, 163, 180, 277]. Эффективность комплексного лечения пациентов с зубочелюстными аномалиями во многом зависит от качественной диагностики, планирования и выбора тактики лечения [28, 30]. Очень важное значение при планировании и лечении пациентов имеет знание анатомических особенностей лицевого черепа, что напрямую влияет на процесс планирования и на результаты лечения [27, 33, 64, 113, 251]. Объем комплексной диагностики включает выполнение клинического обследования, изучение пропорций лица [22, 23, 47, 69, 96], клиническое фотографирование [22, 23, 69], рентгенологическое исследование [22, 96], изучение диагностических моделей челюстей, функции мышц челюстно-лицевого комплекса, состояние мягких тканей, височно-нижнечелюстных суставов, окклюзии зубных рядов [22, 23, 71, 83, 85, 86, 103, 115, 126, 243].

В ортодонтии клиническое обследование играет ведущую роль в постановке диагноза [83, 84]. Клинические методы обследования подразделяют на объективные и субъективные. К объективным относят осмотр, пальпацию, проведение функциональных проб, к субъективным – опрос, включающий в себя сбор анамнеза и выяснение жалоб пациента [1]. При проведении опроса врачу необходимо принять во внимание все жалобы пациента и ожидаемые результаты [83, 84, 225]. В ходе сбора анамнеза врачу-ортодонту необходимо не только выяснить цель, которой хочет достичь пациент в ходе лечения, но и оценить психологическую готовность пациента к ортодонтическому или ортодонт-хирургическому лечению [1, 95, 105]. При клиническом осмотре

пациенту проводят осмотр полости рта и лица, оценивая симметрию, пропорциональность, смещение подбородка, положение губ, также отмечают пропорциональность и симметричность всего тела, положение плечевого пояса, совпадение срединной линии лица и тела [83, 84]. При клиническом обследовании оценивают характер смыкания зубных рядов в трех взаимно перпендикулярных плоскостях (сагиттальная, вертикальная, трансверсальная), определяют степень выраженности имеющихся отклонений и характеризуют тип смыкания [129]. Важной частью клинического обследования является проведение функциональных проб, позволяющих оценить положение нижней челюсти в статическом и динамическом состоянии [83, 84]. Для клинической диагностики дистальной окклюзии используют пробу Эшлера-Биттнера, позволяющую оценить изменение профиля лица при выдвижении нижней челюсти до конструктивного прикуса. В случае улучшения эстетических параметров лица при выдвижении нижней челюсти можно говорить о дистальном положении нижней челюсти как о главной причине дистальной окклюзии. Однако это субъективный критерий, который может повлечь ошибку в выборе тактики лечения пациента. При клиническом обследовании также проводится оценка состояния височно-нижнечелюстного сустава (ВНЧС). Часто у пациентов с аномалиями окклюзии зубных рядов, обусловленными нарушением развития челюстей, диагностируют дисфункцию височно-нижнечелюстного сустава [31, 32]. При постановке диагноза и планировании ортодонтического лечения необходимо учитывать состояние ВНЧС и жевательных мышц, и при необходимости проводить соответствующие терапевтические манипуляции с целью достижения стабильного результата лечения [29, 31, 32].

Важнейшим компонентом комплексной диагностики является оценка функционального состояния зубочелюстной системы. Электромиография (ЭМГ) жевательных и височных мышц является «золотым стандартом» для объективной оценки их биоэлектрической активности в покое и при функции, позволяя выявлять мышечный дисбаланс и гипертонус, ассоциированный с

окклюзионными нарушениями. Метод электромиографии дает возможность правильно спланировать лечение, контролировать его результаты на разных этапах реабилитации пациентов [89, 90, 91]. Электромиография позволяет объективно анализировать функциональное состояние челюстно-лицевого аппарата пациента до начала лечения и после его окончания [15]. Ультразвуковое исследование (УЗИ) жевательных мышц предоставляет уникальную возможность неинвазивно оценить их морфологию (толщину, эхоструктуру) в реальном времени, что имеет значение для понимания адаптационных процессов. Толщину жевательной мышцы можно рассматривать как прогностический фактор при оценке динамики лечения. УЗИ является современным методом для оценки морфофункционального состояния жевательных и височных мышц [123]. Для детальной визуализации внутрисуставных структур ВНЧС (диска, связок, синовиальной жидкости) наивысшую диагностическую ценность имеет магнитно-резонансная томография (МРТ), особенно в режимах открытого и закрытого рта. Несмотря на наличие данных по применению каждого из этих методов в отдельности, в литературе недостаточно работ, посвященных их комплексному использованию для создания целостной картины морфофункционального статуса у пациентов со СФЗЧА, а также мониторинга этих параметров в процессе лечения [5].

Клиническое фотографирование на сегодняшний день является неотъемлемой частью диагностики и планирования комплексного ортодонтического и хирургического лечения. С целью анализа эстетических параметров лица пациентов с аномалиями окклюзии при проведении фотометрии предлагается использовать разработанный А.В. Коваленко «Индекс эстетики лица». На основе исследования фотографий контрольной группы «идеальных» лиц автором были разработаны эстетические нормы параметров мягких тканей лица [49]. В зависимости от значений данных параметров (всего 13) присваивается определенное количество баллов, по сумме которых можно отнести пациента к одной из трех групп по степени выраженности лицевых изменений. В своей работе авторы отметили снижение показателя

выраженности лицевых изменений у пациентов после комбинированного лечения гнатических форм аномалии окклюзии [49].

Широкое использование для исследования ЗЧС получила цефалометрия [242]. Анализ телерентгенограмм (ТРГ)-цефалометрия- позволяет прогнозировать изменение скелетного профиля и изменение профиля мягких тканей. Для расшифровки и анализа ТРГ используют компьютерные технологии, что позволяет ускорить процесс расшифровки, повысить точность и качество анализа, а также сохранять информацию. Данные телерентгенограммы головы в боковой проекции несут важную информацию для постановки диагноза и плана лечения [303]. Для пациентов с гнатическими формами аномалий окклюзий зубных рядов существенное влияние на результат комбинированного лечения оказывает анализ положения челюстей в вертикальном направлении. Для оценки вертикального развития лицевого черепа J.A. McNamara (1984) рассматривает переднюю нижнюю высоту лица. Увеличение передней нижней высоты лица приводит к смещению подбородка вниз и назад (ротация нижней челюсти по часовой стрелке), а при уменьшении передней нижней высоты лица – вверх и вперед (ротация нижней челюсти против часовой стрелки). Увеличение или уменьшение передней нижней высоты лица (вертикальный параметр) значительно влияет на положение нижней челюсти в сагиттальном направлении. При увеличении передней нижней высоты лица клинически наблюдается нижняя ретрогнатия, при уменьшении – нижняя прогнатия. Лицевой угол по анализу R.M. Ricketts (1957) при сбалансированном строении равен 90 градусов. При избыточном вертикальном развитии лицевого отдела черепа угол меньше нормального значения и наоборот. Метод «лицевого четырехугольника» J. Fastlight (2000) позволяет определить разные типы строения лицевого черепа в зависимости от числовых значений нормы выделенных им углов. Таких типов выделяют три: нормодивергентный, гиподивергентный, гипердивергентный. Приводимые значения инклинации резцов и базального угла следует использовать как критерий при определении метода лечения аномалий окклюзии зубных рядов,

обусловленных аномалиями развития челюстных костей [87]. В последние десятилетия для планирования ортогнатических операций в челюстно-лицевой хирургии широко используют цефалометрический анализ, предложенный в 1999 г. G.W. Arnett [51], который позволяет детально изучать особенности структур черепа и их взаимоотношения, оценить эстетику лица пациента. Однако его нормативы рассчитаны с учетом гармоничности лиц жителей Северной Америки. В отечественной литературе нет сведений о разработке норм показателей данного анализа для мужчин и женщин с гармоничными лицами славянского восточноевропейского антропометрического типа, что актуально при лечении пациентов с зубочелюстными аномалиями в Российской Федерации и имеет принципиальное значение для планирования хирургического этапа комбинированного лечения пациентов с зубочелюстными аномалиями, обусловленными нарушением развития челюстей [50, 51, 52]. Важна оценка каждого фактора, который может быть причиной аномалии окклюзии либо может оказать влияние на ее лечение [8]. G.A. Wylie провел оценку 10 пациентов по пяти цефалометрическим анализам и выявил только 40% совпадений при диагностике. Автор пришел к выводу, что цефалометрический анализ не может быть единственным методом диагностики, особенно, в случаях челюстно-лицевых деформаций.

В связи с указанными ограничениями двумерных методов в последнее десятилетие все большее распространение получает трехмерная диагностика на основе конусно-лучевой компьютерной томографии (КЛКТ) [11, 72]. КЛКТ позволяет не только оценить размеры и положение челюстей в 3D-пространстве, но и детально визуализировать состояние височно-нижнечелюстных суставов, апикальных базисов челюстей и направление резорбции кости при планировании перемещений зубов [146, 147, 217, 219, 222]. Алимова А.В. провела оценку результатов комбинированного лечения пациентов со скелетной формой мезиальной окклюзии и пришла к выводам, что у пациентов с мезиальной окклюзией следует анализировать результаты конусно-лучевой томографии с последующей 3D-цефалометрией, позволяющей в трехмерном

пространстве определить особенности строения зубов, губчатого вещества и компактной пластинки челюстей, размеры, положение, взаимоотношение костей черепа, мягких тканей, состояние воздухоносных пазух, их слизистой оболочки, височно-нижнечелюстных суставов [4, 17, 19, 88, 105].

Мезиальная окклюзия имеет различные фенотипические проявления и обычно характеризуется избыточным ростом нижней челюсти и/или дефицитом роста назомаксиллярного комплекса [4, 19]. Для пациентов с мезиальной окклюзией характерными являются нарушения биоэлектрической активности мышц: увеличение активности группы надподъязычных мышц, снижение активности мышц, поднимающих нижнюю челюсть [18]. Существует несколько возможных вариаций мезиальной окклюзии: сочетание нормально развитой верхней челюсти и чрезмерно развитой нижней челюсти (нижняя макрогнатия), сочетание нормально развитой нижней челюсти при недостаточно развитой верхней челюсти (верхняя микрогнатия, «ложная прогения»), верхняя микро- и нижняя макрогнатия [83, 84]. Индивидуумы со СФ мезиальной окклюзии демонстрируют различные комбинации скелетных и зубоальвеолярных компонентов, тщательная дифференциация которых необходима для выбора соответствующего метода лечения [48, 49, 69, 92, 132, 147, 164, 168, 216, 217, 219, 221, 222, 225, 297, 298]. R.T. Sanborn (1955) в своем исследовании выделяет 4 скелетные группы у взрослых индивидуумов со скелетным классом III: 45,2 % – с нижнечелюстной протрузией; 33,0 % – с верхнечелюстной ретрузией; 9,5 % – комбинация нижнечелюстной протрузии и верхнечелюстной ретрузии и 9,5 % – с нормальным соотношением челюстей. E.C. Guyer (1986) провел цефалометрическое исследование для определения различных типов скелетных форм мезиальной окклюзии и пришел к заключению, что около 58 % участников данного исследования с нормальным или прогнатическим положением нижней челюсти имели дефицит развития назомаксиллярного комплекса (верхнечелюстная микрогнатия). На основании клинических и рентгенологических данных Ю.А. Гиоева (2004) выделяет три степени выраженности мезиальной окклюзии [18]: 1 степень — изменение соотношения

первых постоянных моляров иклыков по третьему классу Энгля не более 3 мм. В данном случае рекомендовано аппаратурное ортодонтическое лечение; 2 степень — изменение соотношения первых постоянных моляров иклыков по третьему классу Энгля от 3 до 6 мм, наличие сагиттальной щели между резцами до 3 мм. Данным пациентам рекомендовано проведение зубоальвеолярной компенсации (ортодонтическое лечение с удалением отдельных зубов на нижней челюсти); 3 степень — изменение соотношения первых постоянных моляров и клыков по третьему классу Энгля более 6 мм. В этих случаях показано хирургическое вмешательство (ортогнатическая хирургия) [18].

При наличии различных типов зубочелюстных аномалий по сагиттали не определены существенные различия в длине жевательных мышц [193]. Тем не менее, имеются значительные различия в угле ориентации жевательной мышцы: при мезиальной окклюзии третьей степени тяжести - это наиболее тупой угол ($81,6 \pm 6,8^\circ$), что, возможно, имеет смысл для механической пользы для силы жевания: больные с мезиальной окклюзией имеют большую ее силу, чем с дистальной окклюзией. Не найдены различия в жевательной эффективности между лицами с гнатическими формами дистальной и мезиальной окклюзии, констатируется только ее снижение по сравнению с нормой [241]. Но из-за ограничения протрузионных и боковых перемещений нижней челюсти вырабатывается шарнирный тип жевательных движений [249, 268]. Согласно ряду исследований, мышечная деятельность выше у пациентов с дистальной окклюзией, чем у пациентов с мезиальной окклюзией. Изменения латеральной крыловидной мышцы, достоверно отличающие больных с мезиальной окклюзией третьей степени тяжести, включали гипертрофию, контрактуру. При этом не было связи между этими патологическими изменениями и симптомами дисфункции височно-нижнечелюстного сустава [135, 141, 197].

Дистальная окклюзия является самой распространенной среди аномалий зубочелюстной системы и сопровождается функциональными нарушениями у 63–89% обследованных пациентов [69]. Окклюзионные нарушения вызывают чрезмерные нагрузки при функционировании височно-нижнечелюстного

сустава, в результате чего снижаются его адаптационные возможности, что может приводить к мышечному напряжению, болевой симптоматике и в дальнейшем – к дегенеративным изменениям структур височно-нижнечелюстного сустава [29, 31].

С помощью антропометрических исследований моделей зубных рядов проводят диагностику аномалий зубов и зубных рядов, изучение параметров индивидуальной формы зубной дуги [25, 26, 32, 59, 60, 83, 84]. Антропометрические методы исследования необходимы при объективной оценке состояния зубочелюстно-лицевой системы: измерение размеров головы, лица, изучение фотографий, диагностических моделей челюстей. Изучают взаимосвязь размеров и формы лицевого скелета и зубоальвеолярных дуг. Антропометрическое исследование моделей позволяет оценить ширину, высоту, толщину коронок зубов, параметры зубных рядов, длину и ширину апикальных базисов с целью диагностики зубочелюстных аномалий [25, 26]. По результатам антропометрических измерений возможно спрогнозировать наличие/недостаток места в зубном ряду, определить пропорциональность соотношения сегментов зубных рядов, выявить нарушения в соотношении ширины коронок передних зубов [32, 59, 60, 83, 84].

Так, С.П. Рубникович и соавторы [97] оценили актуальность ряда антропометрических методов. Для антропометрического построения зубных дуг у пациентов с зубочелюстными аномалиями на сегодняшний день авторы рекомендуют учитывать не только мезиодистальные размеры трех постоянных фронтальных зубов по методу Хаулея-Гербера-Гербста (Hawley, 1939; Herbst, 1939; Gerber, 1962), но и параметры краниофациального комплекса [42, 43]. На основании данных антропометрического исследования моделей челюстей в комплексе с анализом данных ТРГ можно определить степень выраженности окклюзии и выбрать оптимальный метод лечения в конкретном клиническом случае.

Альтернативой антропометрии, выполненной на гипсовых моделях, является анализ цифровых 3D-моделей зубных рядов, все чаще применяемый

для диагностики в ортодонтии Проведенный сравнительный анализ результатов основных антропометрических измерений, выполненных на гипсовых моделях зубных рядов и их цифровых прототипах показал, что антропометрическое исследование на цифровых 3D-моделях может применяться для диагностики и планирования ортодонтического лечения с достаточной степенью точности [9, 83, 84, 105, 146, 192, 287].

В стоматологии одно из ведущих мест в диагностике и лечении аномалий челюстно-лицевой области занимает конусно-лучевая компьютерная томография (КЛКТ) [11, 27, 54, 72, 74, 76, 282]. Применение КЛКТ позволяет выявить и дифференцировать различные формы нижней макрогнатии и планировать их лечение на качественно новом уровне [27, 28, 30, 33, 113, 158, 159, 217, 218, 222, 224, 272].

Морфологические нарушения не только в сагиттальной и вертикальной, но и в трансверсальной плоскости являются частью симптомокомплекса у пациентов со скелетной формой мезиальной окклюзии [76, 179, 213]. Это происходит вследствие того, что переднее положение нижней челюсти приводит к относительному трансверсальному несоответствию [18, 28, 30, 33 34, 63, 87, 124, 125, 227]. Традиционно врачами принимается во внимание вестибулооральная инклинация передних зубов челюстей как основной механизм зубоальвеолярной компенсации скелетного несоответствия у пациентов с гнатической формой мезиальной окклюзии [217, 219, 221, 222]. Однако боковые зубы также демонстрируют зубоальвеолярную компенсацию в трансверсальном направлении, причем, паттерн компенсации представляется гораздо более сложным у пациентов, у которых гнатическая форма мезиальной окклюзии сопровождается лицевой асимметрией, что, по данным S. Naraguchi с соавторами (2002), составляет практически половину всех случаев. Лицевая асимметрия является наиболее часто встречающейся патологией, сопровождающей мезиальную окклюзию [76, 270].

Большинство таких случаев могут быть успешно скорректированы с помощью ортогнатических операций, однако, недостаточная зубоальвеолярная

декомпенсация на этапе ортодонтической подготовки может привести к неудовлетворительным результатам [3, 18, 54, 259].

В 2021 году Маллаевой А.Б. был проведен анализ томограмм 3D-обследование 50 пациентов с мезиальной окклюзией в возрасте 18–44 лет. В ходе данного исследования автором изучена толщина альвеолярной кости в области всех зубов верхней и нижней челюстей, особенности положения альвеолярных отростков, строения и размеров челюстей, а также строение височно-нижнечелюстного сустава. Автором выявлена значительная корреляционная зависимость между шириной верхней и нижней челюстей в асимметричной группе. Трансверсальная зубоальвеолярная компенсация коррелируется степенью сагиттальных и трансверсальных нарушений [32, 59, 60].

Жмырко И.Н. с соавт. (2021) было проведено комплексное обследование 120 пациентов с зубочелюстными аномалиями различной степени выраженности в возрасте с 18 до 44 лет. Обследовали пациентов с гнатической формой мезиальной окклюзии и пациентов с гнатической формой дистальной окклюзии. Были разработан «Индекс выраженности зубочелюстно-лицевых аномалий». Разработанный «Индекс выраженности зубочелюстно-лицевых аномалий» включает значения параметров: Индекса эстетики лица, данные антропометрического анализа (величины нарушения смыкания в областимоляров и клыков, вертикальной и сагиттальной щелей) ицефалометрического анализа ($A'-Snp$, $Pg'-Go$, $\angle SNA$, $\angle SNB$, $N-Gn$, $S-Go$, $\angle B$, $\angle ArGoMe$, $\angle Nba/PtGn$, $\angle U1/NL$, $\angle L1/ML$) [37]. В ходе подсчета параметров у пациентов с гнатическими формами сагиттальных аномалий окклюзий среднее значение «Индекс выраженности зубочелюстно-лицевых аномалий» выше на 42 %, чем значение у пациентов с зубоальвеолярными формами. Выделены три степени «Индекс выраженности зубочелюстно-лицевых аномалий», которые определяют планирование ортодонтического лечения пациентов: легкая степень от 0 до 10 баллов – рекомендовано проведение ортодонтического лечения за счет зубоальвеолярной компенсации; средняя от 10 до 19 баллов –

компенсаторное или комбинированное лечение (с проведением ортогнатической операции) в зависимости от возможностей перемещения зубов и жалоб пациента; тяжелая от 19 и выше –комбинированное лечение [38, 39].

Планирование ортодонтического лечения невозможно без адекватной оценки возможности осуществления запланированных перемещений зубов. Критическим фактором для принятия решения о возможности/невозможности осуществления запланированных перемещений зубов является биологический лимит у каждого пациента, для оценки которого необходимо изучение морфологии альвеолярной кости данного индивидуума. Планирование активных ортодонтических перемещений зубов, особенно, в рамках подготовки к хирургии, требует оценки состояния пародонта и его резервных возможностей. Помимо традиционной рентгенологической оценки высоты альвеолярной кости, важным прогностическим показателем является состояние микроциркуляторного русла. Лазерная доплеровская флоуметрия (ЛДФ) позволяет неинвазивно оценить уровень периферического кровотока в тканях пародонта, что может служить маркером его адаптационного потенциала и риска развития ятрогенных осложнений. Однако применение ЛДФ в протоколах обследования пациентов со СФЗЧА, особенно, в динамике комбинированного лечения, изучено крайне мало.

Многими авторами доказана взаимосвязь между аномалиями окклюзии и заболеваниями височно-нижнечелюстных суставов. Н. Kerstens установил, что существует корреляция между глубоким прикусом и заболеваниями ВНЧС [157]. Диагностику патологии ВНЧС необходимо проводить всем пациентам с нарушениями окклюзионных взаимоотношений. Обследование ВНЧС с использованием современных методов диагностики необходимо включать в прокол планирования пациентов со СФЗЧА.

1.3. Принципы планирования и лечение пациентов со скелетными формами зубочелюстных аномалий. Этапы комплексной реабилитации. Цифровые технологии

Анализ специальной литературы показывает, что выбор плана лечения пациентов с зубочелюстными деформациями является определяющим этапом медицинской реабилитации и должен базироваться на принципах междисциплинарного подхода. При аномалиях развития челюстей требуется не только исправление на уровне зубных рядов, но и коррекция челюстей для достижения наилучшего результата [37, 38, 87]. Разработка плана лечения должна основываться на анализе и моделировании каждого из этапов вмешательства, определении их последовательности и объема с учетом показаний и ожидаемого эффекта их применения. Обязательным условием возможности достижения оптимального результата коррекции любой аномалии и деформации является планирование последовательности намеченных вмешательств до начала их осуществления. Врачи и пациент должны иметь возможность оценить результат спланированного лечения [55].

В настоящее время проблемы комплексного ортодонтно-хирургического лечения аномалий окклюзии у взрослых занимают особое место в стоматологии.

Комплексное лечение скелетных аномалий окклюзии, включающее в себя ортодонтические и хирургические методы, позволяют достичь хорошие функциональные и эстетические результаты [18, 49, 130, 131, 168, 226]. Цели комплексного лечения деформаций лица и челюстей включают в себя эстетику лица и улыбки, функциональную окклюзию, здоровый пародонт, стабильный результат. Вопрос о выборе хирургического лечения решается в зависимости от степени выраженности деформации.

Существует большое количество методик хирургических вмешательств на верхней и на нижней челюсти. Основная задача костно-реконструктивных операций – перемещение верхней или нижней челюсти в нужное положение и достижение стабильного результата. Деформации челюстей могут проявляться в

нарушении их нормальных размеров и в неправильном положении по отношению к другим костям лицевого и мозгового отделов черепа. Цель хирургического лечения находится в прямой зависимости от соотношения зубных рядов и вида деформации [283]. Большинство специалистов сходятся во мнении, что при сочетанных деформациях челюстей целесообразно проводить комплексное ортодонтно-хирургическое лечение, что позволяет более полноценно устранять нарушения и получить хорошие эстетические результаты [10, 23, 180, 181, 271].

Совершенствование хирургических техник и прогресс в развитии анестезиологической помощи позволили выполнять одновременно операции на двух челюстях, получивших название - двучелюстные операции. Первая полноценная двучелюстная операция была выполнена Obwegeser в 1970 году. Данная техника позволяет корректировать выраженные челюстно-лицевые деформации в рамках одной операции. С появлением техник жесткой внутренней фиксации (винтов и минипластин) снизились показатели развития рецидивов в послеоперационном периоде и результаты операций стали более предсказуемыми.

Ортодонтическое лечение является неотъемлемой частью комбинированного лечения пациентов с аномалиями и деформациями развития челюстей. Впервые о важности этого взаимодействия сообщили в 1969 году челюстно-лицевой хирург J. Converse и врач-ортодонт S. Horowitz. Большинство авторов сходятся во мнении, что при лечении пациентов с сочетанными деформациями челюстей необходимо взаимодействие хирургов и врачей-ортодонтов в комплексе лечебно-реабилитационных мероприятий. Отсутствие единой тактики в диагностике и лечении пациентов с деформациями челюстей ведет к нерациональному лечению, развитию осложнений и рецидивов патологии.

При комбинированном ортодонтно-хирургическом лечении пациентов со СФЗЧА для нормализации формы, функции челюстно-лицевой области, окклюзии, эстетики подчеркивается необходимость исходить из современных

концепций лечения. При проведении ортодонтического лечения таких пациентов врач-ортодонт должен учитывать план костно-реконструктивной операции и осуществлять лечение согласно единой тактике, разработанной совместно с челюстно-лицевым хирургом [10, 23, 283]. Нерациональное ортодонтическое лечение отрицательно сказывается на хирургическом вмешательстве.

Остается много нерешенных вопросов, связанных с планированием ортодонтико-хирургического лечения, объемом предоперационной ортодонтической подготовки, видами аппаратуры, сроками лечебных мероприятий при различных формах деформаций челюстей. До настоящего времени недостаточно четко определены показания к ортодонто-хирургическому лечению пациентов с деформациями челюстей в зависимости от степени их проявления, не установлен объем мероприятий, этапность и сроки лечения. Вопрос выбора тактики лечения между двумя методиками (ортодонтическая зубоальвеолярная компенсация и ортодонтическая коррекция с применением ортогнатической хирургии) при коррекции аномалий окклюзии зубных рядов, вызванных нарушением развития челюстей, на сегодняшний день является одним из актуальных в ортодонтии.

Ортогнатическое лечение – это совокупность диагностики, планирования и проведения комбинированного ортодонтического и хирургического лечения для коррекции скелетных, зубоальвеолярных и мягкотканых деформаций челюстей и прилегающих тканей [28, 30]. Целью ортогнатического лечения пациента является устранение функциональных и эстетических нарушений, возникших в результате врожденной аномалии или врожденной и приобретенной деформации челюстно-лицевой области. В задачи ортогнатической хирургии входит улучшение психологического состояния пациентов и улучшение показателя качества жизни данных пациентов [31, 32, 49, 165, 176, 206, 269]. Проведенные исследования подтверждают улучшение функциональных параметров после проведения ортогнатической операции [284]. Для понимания возможностей ортодонтического лечения авторы создали

графический шаблон, показывающий возможности ортодонтии и челюстно-лицевой хирургии. С его помощью можно прогнозировать возможность лечения только ортодонтически или лечение должно быть ортодонтически-хирургическим.

Лечебные мероприятия при комплексном лечении челюстно-лицевых деформаций по данным большинства авторов укладывается в следующую последовательность: санация полости рта; пародонтологическое лечение; ортодонтическая предоперационная подготовка; ортогнатическая хирургия; ортодонтическая послеоперационная коррекция; ретенция. В качестве начального этапа комбинированного лечения проводится санация полости рта, носоглотки и профессиональная гигиена с обучением индивидуальной и подбором средств гигиены. При аномалиях, осложненных заболеваниями тканей пародонта необходимо в первую очередь провести лечение пародонтита с пересадкой костного трансплантата в области нижних резцов [204].

Оперативному ортогнатическому лечению должно предшествовать ортодонтическое [18, 49, 92, 130, 131, 194, 204, 206, 217, 219, 220, 222, 225, 260, 280, 294, 280, 301]. Предоперационная ортодонтическая подготовка заключается в нормализации положения зубов, формы и размеров зубных дуг с целью достижения множественных фиссуρο-бугорковых контактов в момент оперативного лечения. Окончательная ортодонтическая коррекция в зависимости от ситуации направлена на достижение максимальных фиссуρο-бугорковых контактов при центральном соотношении. Ретенция, особенно в первый год после комплексного ортодонтически-хирургического лечения, выполняет важную роль.

Многие авторы подчеркивают, что результат сочетанного ортодонтического и хирургического лечения аномалий окклюзии зубных рядов, обусловленных аномалиями развития челюстей, более эстетичный и стабильный, а риски осложнений хирургического вмешательства минимизированы [136, 279]. Доказано, что попытки консервативного, «маскирующего» лечения стойких гнатических форм патологий прикуса

нередко приводят к деформациям в челюстно-лицевой системе, развитию различных осложнений, и в некоторых случаях невозможности проведения дальнейшего хирургического лечения [55, 266]. Причиной такого подхода является некачественно проведенная диагностика, недостаточная мотивация со стороны пациента, страх перед оперативным лечением, неуверенность в его эффективности и конечном результате. При грамотной работе с пациентов проблему можно избежать, ознакомив его с планом лечения и прогнозируемыми результатами путем компьютерного моделирования [21]. Совместная работа хирургов и врачей-ортодонтос обеспечивает последовательность и предсказуемость результатов комбинированного лечения пациентов со СФЗЧА.

Использование цифровых технологий на этапах диагностики и планирования лечения в настоящий момент рассматривается как обоснованный подход к реабилитации пациентов [6]. Для планирования костно-реконструктивных операций (КРО) известны различные технологии. Одной из них является трехмерное компьютерное моделирование, использующее данные компьютерной томографии (КТ). Успех КРО зависит от 4-х факторов: анатомических особенностей пациента, направления и протяженности необходимого перемещения, точности предхирургического планирования и опыта челюстно-лицевых хирургов. Все моделирующие системы планирования КРО показывают ошибки, получаемые в результате расчета разных рекомендуемых линейных параметров во время моделирования и действительной КРО. Использование внутренних рекомендуемых линий вызывает ошибки, т.к. не существует прогнозируемого метода переноса рекомендуемых линий с хирургической модели на КРО.

Интеграция данных КЛКТ и цифровых моделей зубных рядов, полученных путем внутриротового сканирования, в единую виртуальную среду для планирования является современным подходом при планировании комплексного лечения [113, 169, 192, 232, 287]. Это позволяет создавать комплексные 3D-модели пациента («virtual patient») и проводить виртуальные операции (virtual surgical planning, VSP) с высокой предсказуемостью [134, 283,

287, 308]. Однако вопросы, связанные с виртуальным планированием ортодонтического (подготовительного) этапа, оптимизацией биомеханических схем перемещения зубов в условиях планируемой остеотомии и оценкой точности реализации такого плана в клинике, остаются недостаточно освещенными в литературе и требуют стандартизации [166, 289].

На данный момент имеется большое количество компьютерных программ для планирования перемещений челюстей во время хирургической операции и прогнозирования результата хирургического лечения: Dolphin Imaging Software (Version 8.0), Quick CephImagePro: v.2.5, CASSOS (Computer-Assisted Simulation System for Orthognathic Surgery). Использование компьютерных программ становится «золотым стандартом» при планировании результатов комплексного лечения пациентов с зубочелюстными аномалиями [30, 32, 214, 234, 237].

Ряховским А.Н. и соавт. предложена методика 3D-планирования и реализации комплексного ортогнатического и ортодонтического лечения. Способ включает сканирование челюстно-лицевой области и зубных рядов, формирование исходной 3D-модели и ее обработку в два этапа. Сначала осуществляют выравнивание зубных рядов и определение совокупного объема движений зубов, включающего сумму угловых и линейных перемещений каждого зуба, а затем фрагментацию челюстных костей с перемещением полученных фрагментов в конечное положение при обеспечении минимальной величины совокупного объема движений зубов внутри каждого из челюстных фрагментов. Определяют координаты центров вращения каждого зуба, сумму величин наклонов и расстояний между центрами вращения. При фрагментации челюстных костей итерационно изменяют положение челюстных фрагментов под выровненный зубной ряд. При этом выбирают конечное положение челюстных фрагментов, при котором величина совокупного объема движений зубов будет иметь минимально возможное значение. Достигается сокращение сроков ортодонтического лечения за счет оптимизации совокупного движения зубов внутри каждого из челюстных фрагментов до достижения запланированного положения зубов. 3D-модель зубочелюстной системы

пациента формируют посредством объединения 3D-изображений черепа, зубных рядов, лица [88, 113, 134, 192, 213].

Ошибки на различных этапах диагностики и планирования ортодонтического и хирургического лечения могут приводить к осложнениям в процессе лечения, увеличению сроков лечения и неудовлетворительному результату. Нарушение алгоритма диагностики, а именно, применение недостаточного количества методов исследования, неполное рентгенологическое обследование и пренебрежение анализом моделей зубных рядов при планировании лечения приводит к осложнениям уже на первых этапах лечения. Неполноценная диагностика и отсутствие своевременного лечения пациентов со СФЗЧА может приводить к снижению эффективности жевания, вторичным деформациям, к заболеваниям височно-нижнечелюстного сустава, пародонтопатиям и миопатиям [30,97,123,199,237].

Таким образом, проблема планирования и комплексного лечения пациентов со СФЗЧА челюстей является актуальной.

1.4. Состояние зубочелюстной системы пациентов после проведения комплексного ортодонтно-хирургического лечения. Способы оценки качества лечения

Для достижения гармоничного соотношения элементов зубочелюстной системы в послеоперационном периоде необходим анализ состояния жевательной мускулатуры, окклюзионного соотношения зубных рядов и состояния височно-нижнечелюстного сустава. Полученные данные обследования имеют важное значение в оценке состояния зубочелюстно-лицевой системы и в последующем планировании ортодонтических мероприятий в реабилитационном периоде. Оценка качества комплексного ортодонтического лечения пациента позволяет стандартизировать подход к выбору метода лечения, прогнозировать успех проводимого лечения, оценить

его целесообразность и степень удовлетворенности пациента, а также является одним из показателей его эффективности [12].

Для объективной оценки качества ортодонтического лечения может служить антропометрическое исследование моделей челюстей. В 1998 году Американский департамент ортодонтии (American Board of Orthodontics / ABO) предложил использовать для оценки качества завершенных клинических случаев ортодонтического лечения пациентов так называемую Систему объективной оценки (Objectivegradingsystem/ OGS), которая на сегодняшний день является надежным и удобным методом количественной оценки качества завершеного ортодонтического лечения [139, 252, 263]. Данная система включает анализ и присвоение баллов по 8 установленным критериям, из которых 7 рассчитываются на моделях челюстей (окклюзионные контакты, горизонтальное перекрытие, окклюзионные взаимоотношения, интерпроксимальные контакты, расположение краевых валиков зубов, вестибуло-оральный наклон зубов, выравнивание зубных рядов), а 8-й (ангуляция корней зубов) – на основе данных ортопантограммы) [263]. Суммарный коэффициент свыше 30 баллов является показателем некачественного ортодонтического лечения, в случае суммарного коэффициента менее 20 баллов клинический случай признается успешным. Р.А. Costalos и К. Sarraf пришли к выводу, что данная система оценки (OGS) может с успехом применяться как с использованием гипсовых моделей челюстей, так и цифровых, однако, авторы отметили разницу значений таких критериев, как вестибуло-оральный наклон и выравнивание зубных рядов при анализе гипсовых и цифровых моделей одних и тех же пациентов, что, по мнению авторов, может быть связано со сложностью определения одних и тех же точек на гипсовых и цифровых моделях [263].

Американская система ABO/OGS сфокусирована преимущественно на окклюзионных параметрах. Для оценки качества предхирургической ортодонтической подготовки, которая должна создать оптимальные условия для остеотомии (декомпенсация, координация дуг, обеспечение стабильности),

требуются иные критерии. В литературе отсутствуют единые стандартизированные системы, которые бы комплексно учитывали как точность достижения виртуального плана (по данным сравнения 3D-моделей), так и динамику функциональных (ЭМГ, УЗИ) и физиологических (микроциркуляция в тканях пародонта) показателей в процессе подготовки. Разработка подобных объективных критериев является актуальной задачей для повышения предсказуемости и безопасности проведения комплексного ортодонтхирургического лечения [90].

На сегодняшний день ортогнатическая хирургия становится широко распространенным методом лечения пациентов со скелетными формами зубочелюстных аномалий. Однако с увеличением числа операций увеличивается и количество осложнений [274]. Основными предоперационными ошибками являются неправильная ортодонтическая подготовка; учет параметров эстетики лица и цефалометрии не в полном объеме, ошибки перемещения фрагментов челюстей во время компьютерного планирования, ошибки диагностики, ошибки при изготовлении сплинтов, наличие ретенированных или дистопированных третьих моляров перед операцией [74, 104]. Возможные интраоперационные осложнения на верхней челюсти: кровотечения (повреждение верхнечелюстной артерии, небных артерий и их ветвей), повреждение или перелом корней зубов (при установке мини-винтов или сегментарной остеотомии), девиация носовой перегородки при недостаточной резекции и мобилизации перегородки во время проведения ротации ВЧ, перфорация слизистой оболочки твердого неба острыми инструментами при сегментарной остеотомии, повреждение реципрокной пилы при проведении линии остеотомии. На нижней челюсти возможно возникновение интраоперационных осложнений, таких как: повреждение нижнечелюстного нерва, кровотечение, неконтролируемые линии переломов остеотомированных костных фрагментов, (в области мышечкового отростка, тела и ветви НЧ), неудовлетворительное смещение и позиционирование мышечкового отростка; при гениопластике – неудовлетворительное позиционирование подбородка относительно

косметического центра [74, 104]. Наиболее часто возникающим интраоперационным осложнением является повреждение нижнечелюстного нерва, и составляет согласно данным литературы от 1 до 89 % среди всех типов интраоперационных осложнений [74, 104].

Jędrzejewski et al. в 2015 году провел большой систематический обзор данных литературы, проанализировав осложнения, связанные с ортогнатической хирургией: было обнаружено, что частота повреждения нервов была самой высокой- 50%, за ней следовали нарушения со стороны ВНЧС (14%), кровотечение (9%), проблемы со слухом (7%), инфекции (7%) и рецидив (4%) [274]. Осложнения в послеоперационном периоде: на этапе после проведения оперативного вмешательства возможно возникновение парестезии из-за травм нервов - нарушение чувствительности (нейросенсорный дефицит) в областях вмешательства, гематомы ЧЛЮ, одышку, послеоперационный рецидив, дисфункцию ВНЧС, послеоперационные деформации челюстей, девиация носовой перегородки, ухудшение зрения и слепота, остеомиелиты челюстей, инфекции, рецессии десны и др. [74, 104, 171, 217, 219, 221, 222].

По данным некоторых авторов, в ходе одно- и двучелюстных операций по поводу мезиальной окклюзии вне зависимости от их объема не изменяется объем носоглотки и других отделов глотки [230, 231, 294]. Другие исследователи показали, что даже в ходе ортодонтического этапа лечения объем дыхательных путей, а именно, переднего отдела носа, носовой полости, верхних дыхательных путей значительно увеличивается при расширении верхней челюсти.

В результате проведения двучелюстных операций отмечаются сбалансированные изменения в соотношении биопотенциалов мышц-синергистов и антагонистов, свидетельствующие о превалировании массетериального типа жевания, что является наиболее оптимальным в нейромышечной адаптации после проведенного лечения мезиальной окклюзии [131]. Аналогичное различие и в кинезиографии нижней челюсти: большее максимальное опускание нижней челюсти и протрузионное движение у больных

со скелетной дистальной окклюзией, чем с мезиальной [268]. В.С. Царик выявила зависимость между тонусом жевательных мышц и профилем лица (gl/sn/pg), уровнем расположения окклюзионной плоскости (ZOcP/NSL), передней окклюзионной высотой (La-N), расстоянием между окклюзионной плоскостью и точкой смыкания губ (St-OcP), лицевой осью ("Y"SGn/FH) и задней морфологической высотой лицевого отдела черепа (S-Go) со снижением тонуса мышц в результате комбинированного лечения [130].

Для выявления долгосрочных изменений жевательных мышц больных с мезиальной окклюзией и асимметрией лица, прошедших двучелюстную операцию (LeFort 1 и внутриротовая вертикальная остеотомия нижней челюсти) по 3D-реконструкции были изучены компьютерные томограммы с интервалом до операции, 1 год после операции, 4 года после операции. Через год после операции не выявлено существенных различий между сторонами по толщине и ширине жевательных мышц, но на стороне смещения средней линии нижней челюсти мышца была ориентирована более вертикально [141, 146, 230, 231], что свидетельствовало о повышенной функциональной адаптации к новым скелетным условиям.

Костно-реконструктивные вмешательства кардинально меняют функциональное состояние зубочелюстной системы, что связано с изменением состояния мышечного аппарата. В результате, после остеотомии челюстей, когда изменяется их положение по отношению к основанию черепа в вертикальной, горизонтальной и сагиттальной плоскостях, мышечные волокна жевательных мышц претерпевают некоторые изменения: одни из них удлиняются, другие укорачиваются, что влияет на изменение тонуса мышц, а, значит, и на их функцию.

L.V. Trawitzki et al. (2011) на основании ультразвукового исследования жевательных мышц в состоянии покоя и при смыкании зубных рядов до операции и через 3–3,8 лет после обнаружили достоверное увеличение толщины жевательной мышцы в среднем на 0,2 см при значительной разнице в правой мышце в обоих случаях и с левой стороны в состоянии покоя. При этом, как

отмечают Y.J. Choi et al (2014), сила жевания и площадь окклюзионных контактов снизились в процессе ортодонтической подготовки и были минимальными в первый месяц после операции, увеличиваясь в дальнейшем [222, 280, 294, 301].

Результаты электромиографии и кинезиографии показали более активную мышечную деятельность до начала лечения у лиц с гнатической формой дистальной окклюзии, чем с мезиальной окклюзией, свидетельствуя о стойком нивелировании этих различий после проведения ортогнатических операций [268].

Гармоничная стабильная окклюзия является главным фактором сохранения достигнутых результатов лечения.

В работе Овчинниковой Н.В. оценка результатов при ЭМГ спустя 2-4 года после комплексного лечения показала, что БЭА собственно жевательных мышц нормализовалась, а височных мышц в состоянии физиологического покоя была незначительно увеличена. Оперативное вмешательство нередко неблагоприятно влияет на состояние жевательной мускулатуры по причине изменения длины мышечного волокна, что может привести к рецидиву патологии, что отмечается в разные сроки после операции. Наблюдаемая асимметрия биоэлектрической активности мышц может быть связана с видом операции, состоянием окклюзии и другими факторами, что требует более детального и глубокого изучения состояния мышечного аппарата зубочелюстно-лицевой системы в связи с проводимым комплексом лечения. Необходимо отметить высокую чувствительность к изменениям в элементах зубочелюстной системы, выражающуюся в повышенной БЭА височных мышц непосредственно после оперативного лечения пациентов с сочетанными деформациями челюстей. Такое состояние БЭА жевательной мускулатуры может стать одной из причин рецидива деформации [71].

У больных с сочетанными деформациями челюстей после проведения костно-реконструктивных операций без предварительной ортодонтической подготовки определялось значительное уменьшение числа окклюзионных

контактов. Нарушение окклюзии разной степени выраженности после оперативного лечения имеется у всех больных, которые легко и в короткие сроки устраняются врачом-ортодонтом в период послеоперационной реабилитации [71].

Анализ ближайших и отдаленных результатов комбинированного лечения пациентов с мезиальной окклюзией показал, что в 21–30% случаев наблюдается рецидив после хирургического перемещения на 26% (4,4–5,4 мм) в горизонтальной и в вертикальной плоскостях [161, 217, 286]. В научной литературе нет единого мнения по поводу его этиологии. Причинами могут быть выраженность аномалии до начала лечения, предварительное удаление верхних премоляров, методика операции, степень перемещений во время ее выполнения, способ фиксации, положение мышечков, неполная нервно-мышечная адаптация жевательных мышц в послеоперационном периоде, отсутствие послеоперационного ортодонтического лечения [161, 162, 201, 205, 217, 219, 221, 222, 227].

Послеоперационный рецидив зависит, в том числе и от качества ортодонтической подготовки. Так, при минимальной подготовке, в 5,5 месяцев, требуется большее вращение нижней челюсти против часовой стрелки во время хирургии движение вперед нижней челюсти по сравнению с больными, прошедшими полноценное предоперационное ортодонтическое лечение в течение 13–15 месяцев [49]. Даже сторонники концепции «хирургия первая» (surgery first) отмечают, что нижнечелюстная сагиттальная остеотомия без предоперационного ортодонтического лечения была менее стабильна [178, 217, 219, 222, 229, 231]. Стабильность полученных результатов обеспечивается построением хирургической репонирующей шины в артикуляторе и качественным протезированием по окончании комбинированного лечения [204].

Многие послеоперационные изменения в зубочелюстной системе по-разному трактуются челюстно-лицевыми хирургами и врачами-ортодонтами. В этой связи особенно интересны результаты исследований, которые убедительно подтвердили тот факт, что конечный эстетический и функциональный результат

операции определяется не только состоянием и положением челюстных костей, но и изменениями окклюзии и состоянием ВНЧС. Исследования Гогиберидзе О.Г. и соавт. свидетельствуют о том, что в ближайшие и отдаленные сроки после хирургического лечения наблюдается значительные улучшения функции ВНЧС. Признаки дисфункции, имевшие место до операции, полностью нивелируются [22].

С целью предупреждения развития рецидива деформации челюстей необходимо создание множественных фиссуρο-бугорковых контактов между зубами - антагонистами, исключение неблагоприятного воздействия функциональных факторов при помощи рациональных ортодонтических мероприятий [23, 149, 248, 272]. К одному из таких мероприятий относится разработанная рядом авторов методика избирательного пришлифовывания зубов для нормализации окклюзии, применяемая в послеоперационном реабилитационном периоде. Пришлифовывание окклюзионной поверхности зубов имеет единственную цель: модифицировать анатомию окклюзионных структур для восстановления стабильной окклюзии, что, в свою очередь, обеспечивает стабильность гармонического функционирования всех составляющих зубочелюстной системы (ВНЧС, мышечная система, зубные дуги). Послеортодонтического лечения избирательное пришлифовывание производится с целью достижения стабильного положения перемещенных зубов, что особенно важно после хирургической костной реконструкции.

Рецидивы сочетанных деформаций челюстей после костно-реконструктивных операций составляют от 8% до 50% у оперированных больных [10]. Состояние окклюзии является одним из важных объективных показателей результатов проведения костно-реконструктивных операций у больных с сочетанными деформациями челюстей. А.Ш. Солиджанов, анализируя частоту и причины возникновения рецидивов у оперированных пациентов, выявил основные причины их развития: неправильная диагностика сочетанных деформаций челюстей; нерациональное применение хирургических

методов лечения; недостаточность рационально-фиксирующих элементов; отсутствие ортодонтической подготовки [22].

Ортодонтические мероприятия до, во время и после хирургического вмешательства обеспечивают достижение эстетических и функциональных результатов, их стабильность.

Необходимость включения предоперационной ортодонтической подготовки в общий план хирургическо-ортодонтического лечения не вызывает сомнений, а его отсутствие в комплексном лечении больных с сочетанными деформациями челюстей значительно повышает риск рецидива деформации.

Результаты изучения телерентгенограмм пациентов после оперативного вмешательства (без предварительной ортодонтической подготовки) показали, что послеоперационные рецидивы зависят как от биологических, так и от механических факторов [33, 97, 177, 190, 208, 299].

У пациентов со скелетными формами ЗЧА в результате комплексного ортодонт-хирургического лечения происходят изменения всей зубочелюстно-лицевой системы, что ведет к длительному процессу адаптации всех ее составляющих к новым условиям. В результате оперативного лечения пациентов с сочетанными деформациями челюстей изменяются параметры обеих челюстей, их пространственное положение по отношению к основанию черепа, изменяются и взаимоотношения зубных рядов, состояние жевательной мускулатуры, что обуславливает достаточно высокий риск рецидива деформации.

Вместе с тем, данных о комплексном анатомо-функциональном исследовании взрослых пациентов на этапах подготовки к костно-реконструктивным операциям по поводу скелетных форм ЗЧА в литературе не найдено.

Таким образом, обобщая данные отечественной и зарубежной литературы, можно сделать вывод о том, что проблема комплексной диагностики и лечения пациентов со СФЗЧА является актуальной проблемой современной стоматологии и челюстно-лицевой хирургии.

Высокая распространенность СФЗЧА среди населения, нуждающихся в проведении комплексного ортодонтно-хирургического лечения, нерешенные вопросы, связанные с комплексной диагностикой, методами планирования и проведением этапного комплексного ортодонтно-хирургического лечения пациентов, отсутствие критериев оценки качества проведенного лечения на каждом этапе реабилитации, свидетельствует о необходимости разработки новых подходов к диагностике, планированию и проведению комбинированного ортодонтно-хирургического лечения таких групп пациентов, методов прогнозирования результатов лечения на основе современных технологий для повышения качества оказания специализированной медицинской помощи. В системе реабилитации больных со СФЗЧА не уточнены сроки, объем и этапность проведения ортодонтического лечения, не определены критерии оценки качества ортодонтической подготовки к проведению ортогнатических операций. До настоящего времени отсутствует единый подход к диагностике и планированию комплексного ортодонтического и хирургического лечения пациентов с аномалиями и деформациями в челюстно-лицевой области с учетом индивидуальных особенностей. Не определен объем оказания специализированной медицинской помощи на каждом этапе комплексного лечения и способы его контроля. Весь спектр нерешенных вопросов при лечении пациентов со СФЗЧА свидетельствует о необходимости поиска новых подходов к реабилитации таких категорий пациентов. Несмотря на прогресс в области 3D-планирования и хирургических технологий, отсутствует единый стандартизированный протокол, который бы интегрировал данные расширенной функциональной диагностики (ЭМГ, УЗИ, стабилметрия, Т-скан, ЛДФ) в процесс принятия решения о готовности пациента к операции. Актуальной задачей является разработка и внедрение алгоритма, включающего компьютерное моделирование хирургического и ортодонтического этапов, а также объективные интегральные критерии готовности пациента к оперативному вмешательству, что позволит прогнозировать сложность подготовительного предоперационного этапа, контролировать состояние ЗЧС на

всех этапах реабилитации и повысить эффективность и безопасность лечения [90, 91, 103, 155,197,284].

ГЛАВА 2. МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

2.1. Общая характеристика пациентов и объем исследований

В настоящей работе представлены результаты проспективного сравнительного исследования пациентов со скелетными формами зубочелюстных аномалий: скелетной формой дистальной окклюзии (СФДО) и скелетной формой мезиальной окклюзии (СФМО), обусловленными нижней микро-/макро- и ретро-/прогнатией (Рисунок 1).

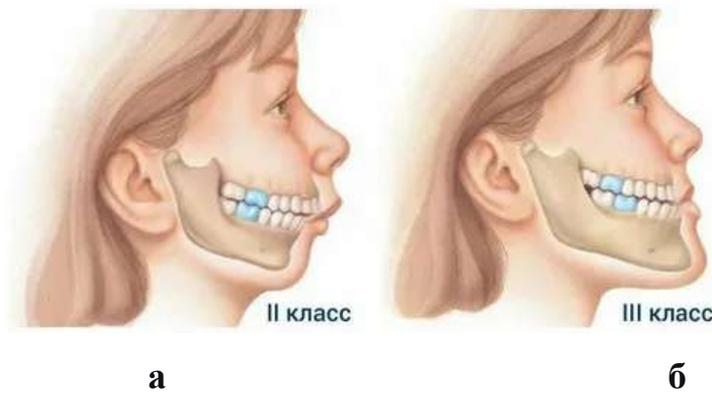


Рисунок 1- СФДО (а) и СФМО (б)

Исследование проведено в период с 2015 по 2025 гг. на базе отделения ортодонтии ФГБОУ «Российский университет медицины» и отделения госпитальной ортодонтии ФГБУ НМИЦ «ЦНИИСиЧЛХ» Минздрава России. В исследование включено 145 пациентов со скелетными формами зубочелюстных аномалий.

Пациенты были распределены на две группы: группа 1 (основная) проспективная когорта, $n=86$ в возрасте от 18 до 42 лет со скелетными формами дистальной или мезиальной окклюзии, обусловленными нарушением развития нижней челюсти, которым было выполнено комплексное ортодонтхирургическое лечение по разработанному протоколу.

Во 2 группу (сравнения) вошли 59 пациентов, поступивших для проведения ортогнатических операций после ортодонтической подготовки, выполненной с применением традиционных подходов.

Критерии включения в исследование:

- мужчины и женщины старше 18 и моложе 42 лет;
- наличие у пациента скелетной формы аномалии окклюзии (мезиальной и дистальной), обусловленной нарушением развития нижней челюсти: нижняя микро/макро-, ретро/прогнатия, требующие проведения комплексного ортодонтно-хирургического лечения;
- наличие информированного согласия на включение в исследование.

Критерии невключения в исследование:

- пациенты, по той или иной причине отказавшиеся от участия в исследовании или от прохождения всех необходимых диагностических обследований;
- пациенты с аномалией окклюзии других возрастных групп или с другим видом аномалии окклюзии и другой обусловленности;
- пациенты с болевым синдромом височно-нижнечелюстного сустава (ВНЧС);
- пациенты с врожденными пороками челюстно-лицевой области (врожденная расщелина губы и неба, гемифациальная микросомия и др.);
- несимметричные деформации челюстей (гемигипер/гипоплазия мышечного отростка);
- хронический генерализованный пародонтит тяжелой степени тяжести;
- ревматоидный артрит.

Критерии исключения:

- пациенты с расстройствами психики;
- пациенты, которые не смогли или не хотели совершать все необходимые посещения врача;
- наличие противопоказаний к хирургическому лечению.

2.2. Дизайн исследования и характеристика клинических групп

Группу 1 (основная, проспективна, n=86) составили пациенты, прошедшие полный цикл лечения по разработанному авторскому протоколу с применением метода цифрового планирования. Пациенты основной группы были подразделены на подгруппы:

- **Подгруппа 1А:** Пациенты со скелетной формой дистальной окклюзии (СФДО), обусловленной нижней ретро-, микрогнатией (**n=51**).
- **Подгруппа 1Б:** Пациенты со скелетной формой мезиальной окклюзии (СФМО), обусловленной нижней про-, макрогнатией (**n=35**).

Пациенты основной группы прошли комплексное морфофункциональное обследование по единому протоколу в 4 ключевые временные точки:

- **T0:** Исходное состояние (до начала лечения).
- **T1:** Фаза активной ортодонтической декомпенсации (через 3-6 месяцев).
- **T2:** Этап завершенной ортодонтической подготовки (непосредственно перед ортогнатической операцией).
- **T3:** Отдаленный реабилитационный период (через 12 месяцев после лечения).

Группа 2 (сравнения, ретроспективно-проспективная). В эту группу вошли 59 пациентов, поступивших для проведения ортогнатической операции после ортодонтической подготовки с применением традиционных подходов, проведенной в сторонних медицинских организациях. Были сформированы две подгруппы:

подгруппа 2А: пациенты со СФДО (**n= 32**);

подгруппа 2Б: пациенты со СФМО (**n=27**).

Пациенты группы 2 прошли однократное комплексное обследование на этапе поступления в стационар для проведения оперативного лечения, что соответствовало этапу **T2** в схеме обследования пациентов основной группы.

Клинико-демографическая характеристика обследованных пациентов, включенных в исследование представлена в Таблице 1.

Несмотря на то, что у пациентов обеих групп верхняя челюсть по данным цефалометрического анализа находилась в пределах нормы ($SNA\ 82\pm 3^\circ$), всем пациентам планировали выполнение двухчелюстной ортогнатической операции.

Обоснования к проведению двухчелюстной ортогнатической операции.

Таблица 1 – Клинико-демографическая характеристика обследованных пациентов

| Характеристика | Основная группа (n=86) | Группа сравнения (n=59) | P-value |
|------------------------------------|---------------------------|----------------------------|---------|
| Общее количество | 86 (100%) | 59 (100%) | — |
| Диагноз | | | |
| • СФДО (K07.20) | 51 (59,3%) | 32 (54,2%) | 0,512 |
| • СФМО (K07.21) | 35 (40,7%) | 27 (45,8%) | 0,521 |
| Возраст, лет | | | |
| • M ± SD | 30,4 ± 6,2 | 29,8 ± 6,7 | 0,573 |
| • Медиана | 29 [25-35] | 28 [24-34] | 0,438* |
| Возрастные категории, n (%) | | | |
| • 18-24 года | 21 (24,4%) | 16 (27,1%) | 0,704 |
| • 25-29 лет | 28 (32,6%) | 19 (32,2%) | 0,962 |
| • 30-34 лет | 24 (27,9%) | 15 (25,4%) | 0,736 |
| • 35-42 года | 13 (15,1%) | 9 (15,3%) | 0,978 |
| Пол, n (%) | | | |
| • Мужчины: | | | |
| – СФДО | 20 (39,2%) | 14 (43,8%) | 0,681 |
| – СФМО | 13 (37,1%) | 11 (40,7%) | 0,764 |
| • Женщины: | | | |
| – СФДО | 31 (60,8%) | 18 (56,2%) | 0,681 |
| – СФМО | 22 (62,9%) | 16 (59,3%) | 0,764 |

Функциональные показания: необходимость трехмерной репозиции обеих челюстей для достижения стабильной окклюзии; предотвращение ятрогенной

двойной дуги при изолированном перемещении нижней челюсти; коррекция трансверзальных и вертикальных диспропорций, не диагностируемых в стандартной цефалометрии. Эстетические показания: оптимизация соотношения губ, носа и подбородка в эстетических треугольниках; коррекция обнажения десны при улыбке (gummy smile). Стабильность результата: проведение двухчелюстной операции обеспечивает лучшую долгосрочную стабильность за счёт распределения движений между двумя челюстями позволяет минимизировать величину перемещения каждой челюсти, снижая риск рецидива.

Дизайн исследования



Пациенты, включенные в исследование, прошли клиническое обследование и обследование с использованием специальных методов. Исследования проводили через 3-6 месяцев от начала ортодонтического лечения, перед проведением ортогнатической операции (12-18 месяцев от начала ортодонтического лечения), через 12 месяцев после завершения лечения.

2.3. Клиническое обследование

При осмотре лица оценивали эстетические аспекты нарушения симметрии лица, вид профиля, положение губ и линии улыбки, нарушения функции жевания, дикции, движения нижней челюсти.

При осмотре рта оценивали состояние слизистой оболочки, наличие аномалий зубов, зубных рядов и окклюзии зубных рядов согласно классификации МГМСУ (ММСИ) проф. Л.С. Персина (1990). При осмотре слизистой оболочки рта уделяли внимание размеру и характеру прикрепления уздечек губ и языка, глубине преддверия рта, целостности слизистой оболочки, наличию хронических травм. Оценивали состояние языка, его размеры и наличие отпечатков зубов на боковых поверхностях, определяли наличие или отсутствие парафункции (инфантильный тип глотания).

Все полученные данные вносили в «Медицинскую карту ортодонтического пациента», форма 043-1/у, разработанную на кафедре ортодонтии ФГБОУ ВО МГМСУ им.А.И.Евдокимова и утвержденной приказом Минздрава России №834.

Обследование пациентов включало в себя опрос, осмотр лица, осмотр рта и функциональный анализ.

При осмотре лица анфас обращали внимание на пропорциональность верхней, средней и нижней частей лица, на симметричность левой и правой половин лица, оценивали взаиморасположение срединной линии лица и положение подбородка. Анализ положения губ проводился как в покое, так и в положении, когда губы слегка касаются друг друга. Оценивались улыбка, ее кривизна и наличие щечных коридоров. В профиль оценивали выпуклость мягких тканей, определяя пространственное соотношение между лбом, верхней и нижней челюстями. Проводился анализ положения носа губ и подбородка.

Смыкание зубных рядов оценивали в трех плоскостях: вертикальной, горизонтальной и сагиттальной (Рисунок 2).



Рисунок 2 - Внутриротовые фотографии пациента со СФДО (слева направо): окклюзия справа, фронтальный вид, окклюзия слева, окклюзионный вид верхнего зубного ряда, окклюзионный вид нижнего зубного ряда

Оценку состояния ВНЧС проводили с применением разработанного чек-листа, включавшего объективные и субъективные признаки дисфункции ВНЧС (болезненность при пальпации жевательных мышц, области ВНЧС, объем отрывания рта, Гамбургский тест и др.). При наличии признаков дисфункции ВНЧС пациента в основную группы исследования не включали.

Выполнили клиническое фотографирование с применением комплекта фототехники и аксессуаров для дентальной фотографии: фотокамера Nikon R1C1 SU-800, объектив Nikkor Z MC 105 mm, вспышка Godox MF-R76, зеркала для внутриротовой съемки, ретракторы. Фотографии анфас и в профиль проводили в естественной позиции головы (NHP) при условии, что горизонтальная плоскость объектива параллельна истинной горизонтали. Фотографирование выполнялось пациента анфас, в профиль, $\frac{3}{4}$, с улыбкой и без; с ретрактором: внутриротовое фотографирование окклюзии во фронтальном отделе, в боковом отделе справа и слева, окклюзионные фотографии. Фотографирование проводили до начала лечения, для оценки динамики лечения и его результата.

2.4. Методы оценки параметров мягких тканей лица

Антропометрическое исследование лица проводили путем определения расстояния между общепринятыми антропометрическими точками. В анфас определяли форму (широкое, среднее, узкое) и высоту лица, его симметричность, соотношение верхней, средней и нижней частей, выраженность носогубных и подбородочной складок, положение подбородка относительно средней линии лица, характер смыкания губ, обнажение десневого края при улыбке. Среднюю линию лица проводили через точку GL (глабелла) и точку Sn (подносовую точку в середине филтума). Морфологию лица определяли по индексу Izard $IFM = (oph - gn / zy - zy) \times 100$. Величина индекса от 104 и больше характеризует узкое лицо, от 97 до 103 – среднее, от 96 и меньше – широкое (Рисунок 3).

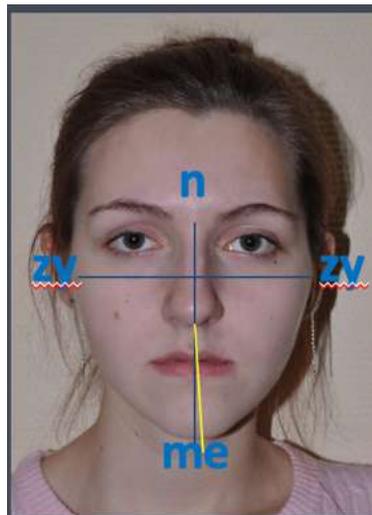


Рисунок 3– Оценка морфологической ширины лица по методике Izard

Для комплексной объективной оценки эстетики профиля использовали индексы и параметры: эстетический треугольник Пауэлла-Хамфриса по мягкотканым точкам Gl-Sn-Pog (Рисунок 4); положение губ относительно эстетической плоскости EN по Ricketts (линия, соединяющая мягкотканые точки rp и pg); угол Z по методике Твида-Меррифильда для оценки профиля; оценка относительно истинной вертикали - TVL-по методу Arnett (Рисунок 5).

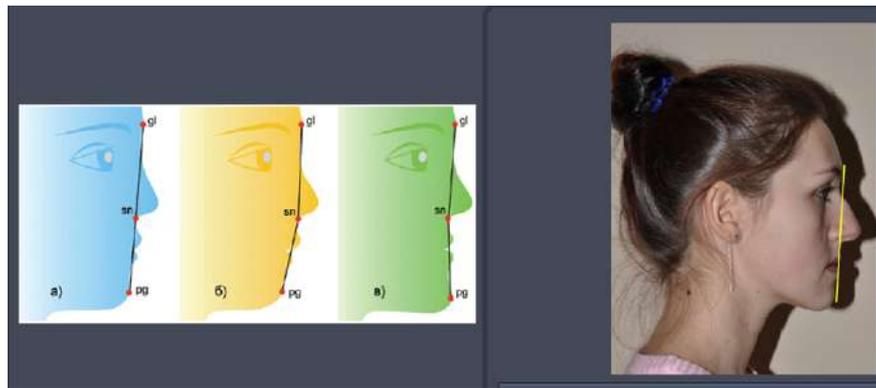


Рисунок 4 – Оценка профиля лица по мягкотканым точкам G1-Sn-Pog

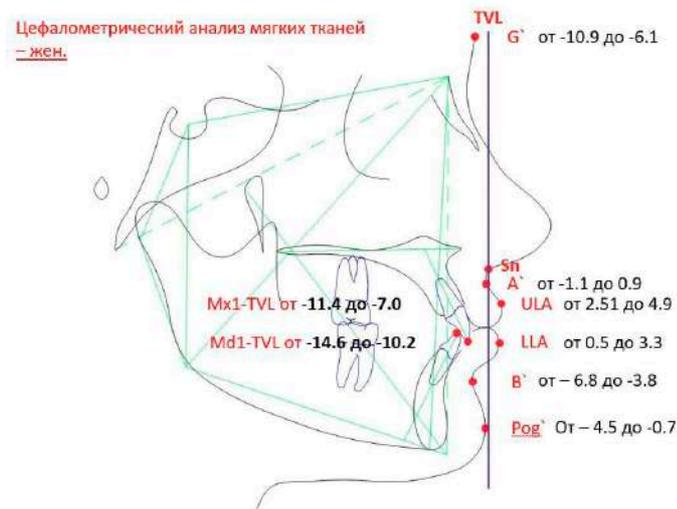


Рисунок 5 - Методика оценки профиля относительно TVL по Arnett

2.5. Антропометрия зубов, зубных рядов

На моделях челюстей или цифровых stl-файлах, полученных методом внутриротового сканирования, определяли нарушение смыкания зубов путем измерения величины нарушения смыкания области первых моляров и клыков, также сагиттальной щели между режущими краями резцов.

На цифровых моделях производили расстановку референтных точек и последующую диагностику формы и размеров зубных рядов в компьютерной программе внутриротового сканера 3Shape (Дания). На моделях измеряли мезиодистальные, сагиттальные, трансверсальные параметры: сумма мезиодистальных размеров 4-х резцов верхней челюсти;

индекс Болтона (передний и общий), индекс Тона, индекс Коркхауса (длина переднего отрезка на верхней и нижней челюсти), ширину зубных рядов по методу Пона и в области клыков верхней и нижней челюсти, величину сагиттальной щели между резцами верхней и нижней челюсти в мм, симметричность зубных рядов; оценку дефицита места в зубном ряду (степень скученности) по методике Твида-Меррифильда, глубину кривой Шпее (N=1,5 mm) (Рисунок 6).

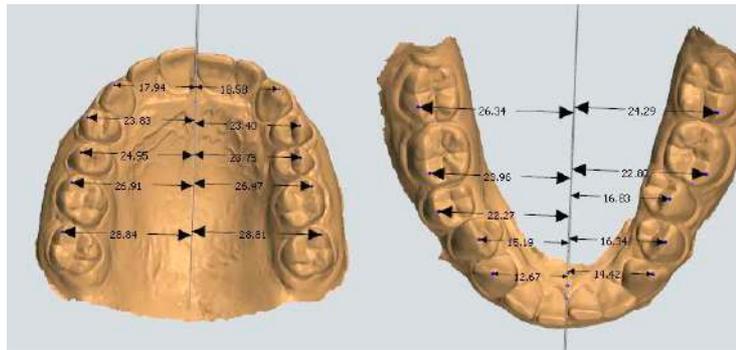


Рисунок 6 – Антропометрия зубных рядов на цифровых моделях челюстей

Для анализа формы зубных рядов и построения индивидуальной применялся метод Твида (Рисунок 7). Измерялось линейное отклонение реального положения каждого зуба от полученной индивидуальной нормы.

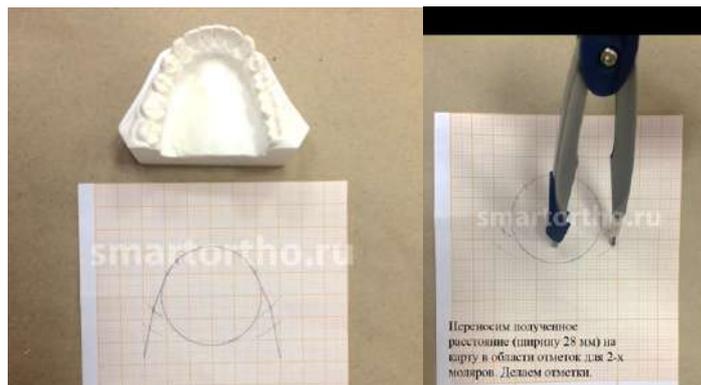


Рисунок 7- Построение индивидуальной формы зубного ряда по методике Твида

Для оценки выраженности окклюзионной кривизны измеряли глубину кривой Шпее. Нормативные значения и интерпретация: физиологическая глубина (норма): 0 - 1.5 мм (Рисунок 8).

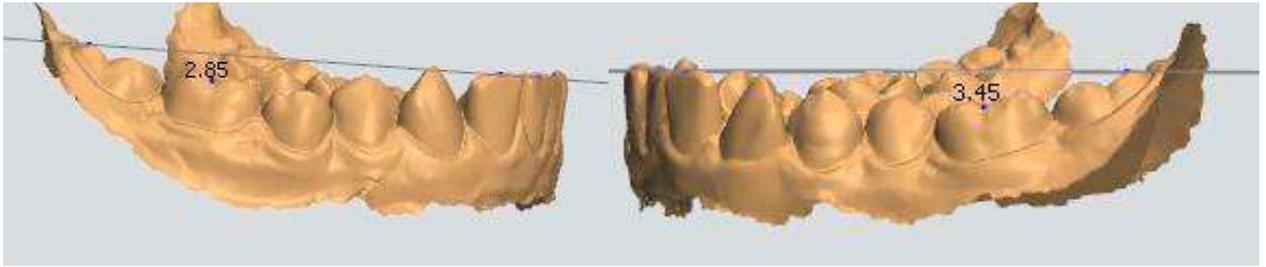


Рисунок 8 – Измерение глубины кривой Шпее на цифровых моделях нижней челюсти

Результаты измерений вносили в разработанный шаблон (Рисунок 9).

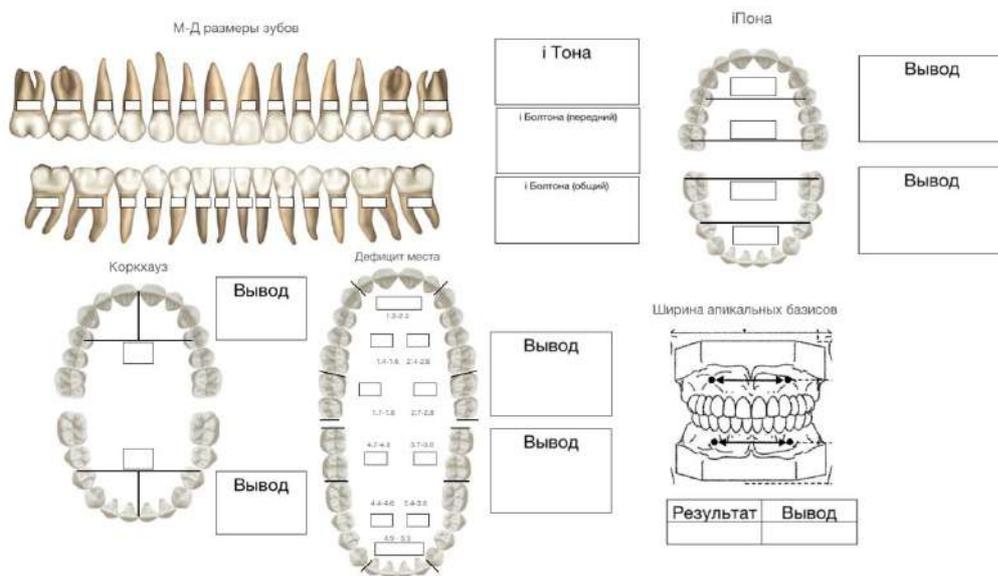


Рисунок 9 – Шаблон для выполнения антропометрических измерений диагностических моделей

2.6. Лучевые методы исследования

Всем пациентам проводили рентгенологическое исследование до лечения, перед проведением ортогнатической операции, по окончании комплексного лечения.

2.6.1. Конусно-лучевая компьютерная томография (КЛКТ) черепа

Исследование проводили на оборудовании «KaVo OP 3D Vision» (США) с изготовлением мультипланарных 2D-реформаций - сагиттального среза черепа-

с последующим цефалометрическим анализом в программе inVivo6-Anatomage (США) в соответствии с разработанным протоколом для изучения строения лицевого скелета, размеров, взаиморасположения челюстей относительно друг друга и относительного переднего отдела основания черепа, определения характера роста лицевого отдела, расположения зубов в челюстях и их взаимоотношения с ними и друг с другом (Рисунок 10).

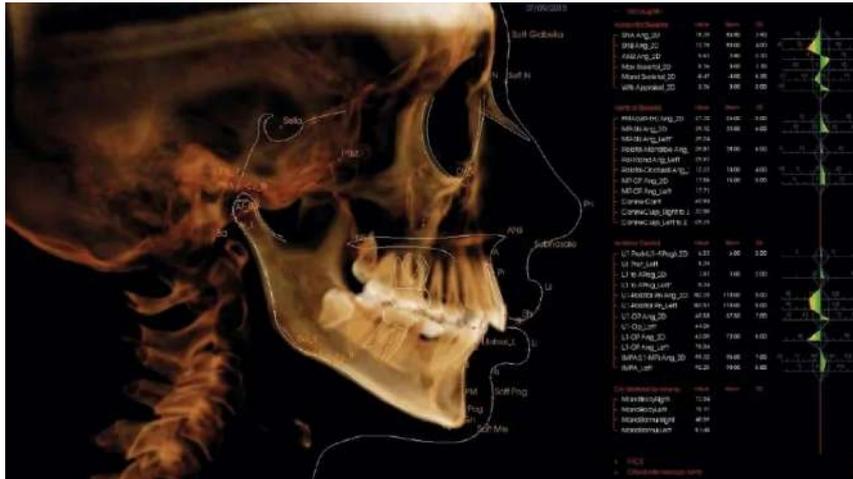


Рисунок 10 - Цифровая цефалометрия в программе InVivo6-Anatomage

Выполнили измерение следующих параметров (Таблица 2):

Таблица 2 - Цефалометрические параметры, использованные в исследовании

| | | | |
|------------------------|----------|---|----------|
| ID | 10013746 | | |
| Birthday | 19760730 | | |
| ScanDate | 20240123 | значение | норма |
| SNA Ang_2D | 77,84 | Положение в/ч | 82°±2 |
| SNB Ang_2D | 78,37 | Положение н/ч | 80°±2 |
| ANB angle | -0,53 | Соотношение в/ч и н/ч | 2°±1 |
| SNPog Ang_2D | 79,22 | Положение подбородка | ≈SNB |
| Betaangle | 40,72 | Соотношение челюстей | 27-35° |
| Wits Appraisal_2D | -7,09 | Степень диспропорции апикальных базисов | 1-2 мм |
| CranMx Bs/SN-PP Ang_2D | 13,73 | Наклон в/ч | 8,5°±2 |
| MP-SN Ang_2D | 41,21 | Наклон н/ч | 32°±2 |
| PP - MP Ang_2D | 27,48 | Межчелюстной угол | 24°±2 |
| S-Go/N-Me | 0,6 | Индекс высоты лица | 62-65 % |
| U1 to SN Ang_2D | 108,15 | Наклон верхнего резца* | 104°±2 |
| IMPA(L1-MP) Ang_2D | 87,91 | Наклон нижнего резца* | 95°±5 |
| U1 to L1 Ang_2D | 122,74 | Межрезцовый угол | 130-135° |

| | | | |
|---------------------------|--------|-------------------------------|---|
| Overjet 2D | 1,73 | Сагиттальное перекрытие | 1-2 мм |
| Overbite 2D | 0,73 | Вертикальное перекрытие | 2-4 мм |
| AntCranBase(SN) 2D | 62,62 | Длина основания черепа | индивидуально |
| MxL (A-PNS) | 45,13 | Длина в/ч | SN*0,7 |
| Mand_R | 70,31 | Длина тела н/ч справа | SN+(3-6 мм) |
| Mand_L | 68,16 | Длина тела н/ч слева | SN+(3-6 мм) |
| Mand_Rbody | 70,31 | оценка симметрии | оценка симметрии |
| Mand_Lbody | 68,16 | оценка симметрии | оценка симметрии |
| R MdRH | 53,92 | оценка симметрии | оценка симметрии |
| L MdRH | 55,73 | оценка симметрии | оценка симметрии |
| GonialJaw Ang 2D | 135,97 | оценка симметрии | оценка симметрии |
| GonialJaw_L Ang 2D | 134,43 | оценка симметрии | оценка симметрии |
| Meto MSP | 0,39 | оценка симметрии | оценка симметрии |
| FronZyg_R to MS (proj) | 50,69 | оценка симметрии | оценка симметрии |
| FronZyg_L to MS (proj) | 49,55 | оценка симметрии | оценка симметрии |
| ZygArch_R to MS (proj) | 65,53 | оценка симметрии | оценка симметрии |
| ZygArch_L to MS (proj) | 63,78 | оценка симметрии | оценка симметрии |
| NasCav_R to MS (proj) | 11,2 | оценка симметрии | оценка симметрии |
| NasCav_L to MS (proj) | 11,66 | оценка симметрии | оценка симметрии |
| J_R to MS (proj) | 26,78 | оценка симметрии | оценка симметрии |
| J_L to MS (proj) | 26,06 | оценка симметрии | оценка симметрии |
| Ag_R to MS (proj) | 41,19 | оценка симметрии | оценка симметрии |
| Ag_L to MS (proj) | 40,44 | оценка симметрии | оценка симметрии |
| FronZygot MSP | 88,63 | оценка симметрии | оценка симметрии |
| Coto MSP | 89,28 | оценка симметрии | оценка симметрии |
| LMcuspto MSP | 71,29 | оценка симметрии | оценка симметрии |
| Maxwidth | 52,84 | ширина вч | В норме ширина в/ч на 5мм больше н/ч |
| Mandwidth | 52,21 | ширина нч | В норме ширина в/ч на 5мм больше н/ч |
| PostCranBs(S- Ar) 2D | 28,9 | Задняя длина основания черепа | 32 mm±3 |
| RamusHt(Ar-Go) 2D | 46,74 | Высота ветви нч | 44 mm±5 |
| MandBodyLeng 2D | 67,99 | Длина тела нч | 71 mm±5 |
| AntFaceHt(N- Me) 2D | 116,42 | Передняя высота лица | индивидуально |
| PostFaceHt(S- Go) 2D | 70,21 | Задняя высота лица | индивидуально |
| Saddle/Sella Ang 2D | 130,32 | Угол седла | 123°±5 |
| ArticulareAngle | 134,99 | Суставной угол | 143°±6 |
| UpGonial Ang 2D | 53,17 | Угол нч | 130°±5 |
| LowerGonial Ang 2D | 82,8 | Верхний угол нч | 52-55° |
| Go-Me/S-N | 1,09 | Нижний угол нч | 70-75° |
| S-Ar R/Ar R-Go R | 0,62 | Соотношение | индивидуально |

| | | | |
|------------------------------|--------|-------------------------------------|-----------------|
| FMA(MP-FH) Ang 2D | 26,16 | угол франкфурт к нч | 64,8°±8,5 |
| OP to FH Ang 2D | 6,83 | угол окклюз плоскости к франкфурту | 8-12° |
| MP-OP Ang 2D | 19,33 | угол нч к окклюзии | 17,4°±5 |
| FacialAxisangle | 87,61 | лицевой угол | 90°±3,5 |
| Facial Ln Inter FH Ang 2D | 85,74 | глубина лица | 88,6°±3 |
| MeGo to NPog Ang 2D | 59,41 | лицевая конусность | 68°±3,5 |
| ANS-Xi R-Pm | 48,3 | высота н/3 лица | 45°±4 |
| U1-Palatal Pln Ang 2D | 121,87 | наклон верх резца к вч плоскости | 115°±5 |
| U1-OP Ang 2D | 49,98 | наклон верх резца к оккл плоскости | 77,62 ± 0,73 |
| FMIA(L1-FH) Ang 2D | 65,92 | наклон ниж резца к франк плоскости | 65+3° |
| L1-OP Ang 2D | 72,76 | наклон ниж резца к окклюз плоскости | 52,76 до 64,70° |
| Holdaway Ratio 2D | 2,09 | соотношение | 1,0 |
| U1 to NA 2D | 4,13 | отношение верх резца к NA | 4 мм |
| L1 to NB 2D | 3,4 | отношение ниж резца к NB | 4 мм |
| U6c-L6c | 0,55 | отношение первых моляров | *-3±3 |
| U1 to NL (mm) | 27,2 | зубоальвеолярные высоты | |
| L1 to ML (mm) | 37,97 | зубоальвеолярные высоты | |
| U6 to NL (mm) | 24,26 | зубоальвеолярные высоты | |
| L6 to ML (mm) | 25,48 | зубоальвеолярные высоты | |
| UpLipto TVL | 17,56 | отношение верх губы к вертик линии | |
| LowLipto TVL | 20,64 | отношение ниж губы к верт плоскости | |
| SoftPogto TVL | 18,31 | отношение подб к верт плоскости | |
| SoftFacial Ang 2D | 80,17 | лицевой угол мягких тканей | 91.6°±7 |
| Up Lip to E-Pln 2D | -3,3 | верх губа к эстетичес линии | *-2.5 mm±1.5 |
| Lw Lip to E-Pln 2D | 0,64 | ниж губа к эстетич линии | 1.4 mm±1.9 |

Состояние ВНЧС изучали на КТ по усовершенствованной методике с использованием программного обеспечения «Vidar DicomViewer», версия 3 (заявка на патент на изобретение №2025139299 от 29.12.2025).

Для выполнения усовершенствованной методики на первом этапе получали мультипланарную реконструкцию (МПР) области ВНЧС и выбирали уровень расположения реформата в аксиальной плоскости сканирования: важно, чтобы реформат проходил на уровне максимального трансверзального размера головки нижней челюсти (Рисунок 11).

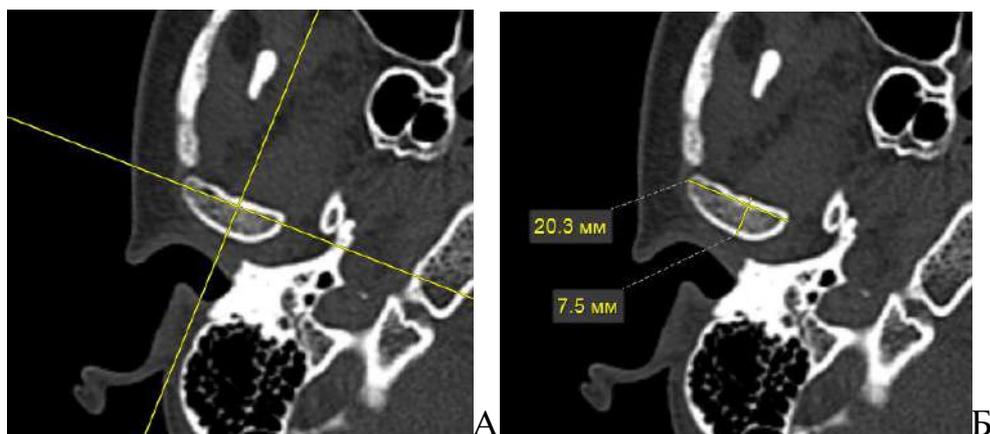


Рисунок 11 - Реформаты в аксиальной плоскости: А – расположение реформата в аксиальной плоскости (на уровне максимального трансверзального размера головки нижней челюсти); Б – определение трансверзального и мезиодистального размеров головки нижней челюсти на реформате в аксиальной плоскости

Оценку взаимного расположения элементов ВНЧС при анализе компьютерных томограмм проводили на реформатах в трансверзальной и кососагиттальной плоскостях (Рисунок 12). Плоскость входа в суставную впадину на реформате в кососагиттальной плоскости (Рисунок 12А) определяется линией, соединяющей верхнюю губу каменисто-барабанной (глазеровой) щели с вершиной суставного бугорка. Относительно этой базовой линии можно определить: глубину суставной впадины (перпендикуляр от базовой линии до наиболее глубокой точки суставной впадины), заглубление головки нижней челюсти (ГНЧ) в суставную впадину (перпендикуляр от базовой линии до верхней точки ГНЧ: 5,2 мм на Рисунке 12А, угол наклона заднего ската суставного бугорка (37 градусов). Плоскость входа в суставную впадину на реформате в трансверзальной плоскости (Рисунок 12Б) определяется линией, соединяющей верхнюю губу клиновидно-каменистой щели с нижним краем скулового отростка височной кости.

Для учета разнообразия форм суставной поверхности ГНЧ, использовали точки, в которых расстояние между поверхностями ГНЧ и суставной впадины минимальное в пределах каждого из трех секторов рентгеновской суставной щели: центральном, переднем и заднем секторах на реформате в

кососагиттальной плоскости; центральном, наружном и внутреннем секторах на реформате в трансверсальной плоскости.

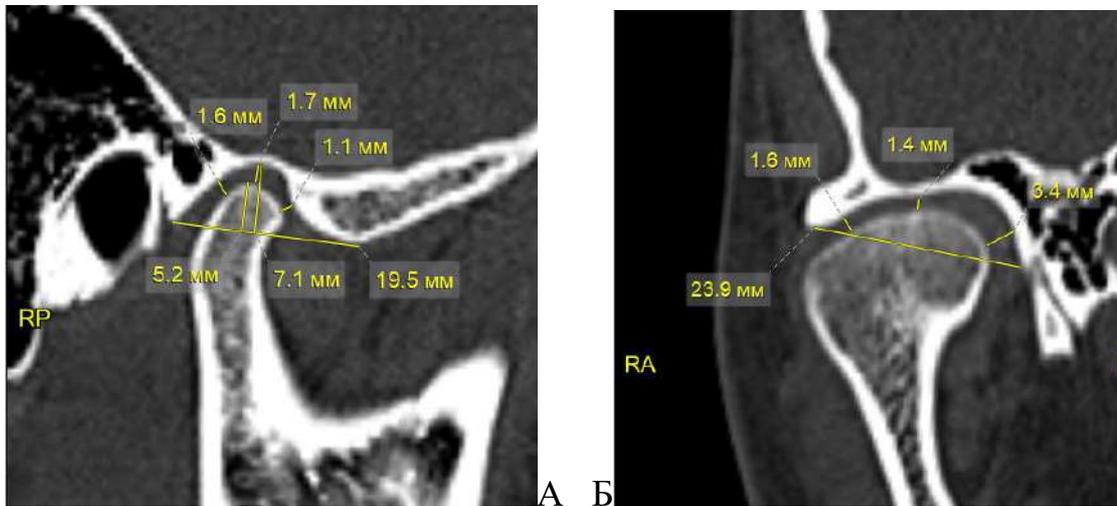


Рисунок 12 - Определение положения плоскости входа в суставную впадину и линейных параметров ВНЧС (пояснения – в тексте): А – оценка линейных параметров ВНЧС на реформате в кососагиттальной плоскости; Б – оценка линейных параметров ВНЧС на реформате в трансверсальной плоскости

С учетом длительности комплексного лечения в протокол рентгенологического исследования были добавлены измерения толщины альвеолярной кости с оральной и вестибулярной поверхностей резцов, клыков, премоляров верхней и нижней челюсти (Рисунок 13).

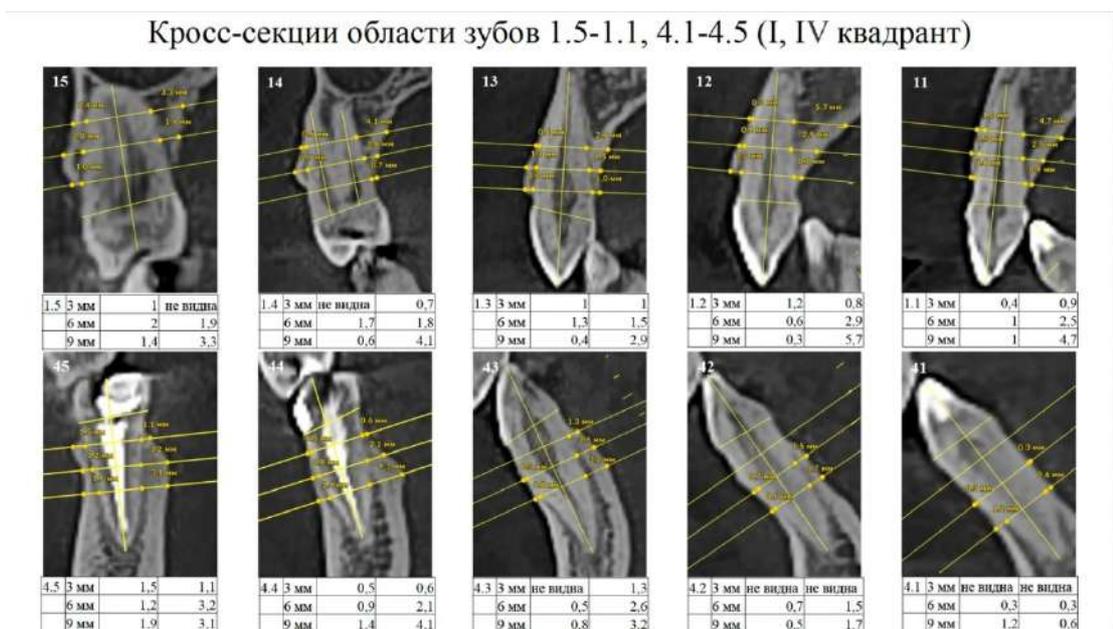


Рисунок 13 - Измерение толщины альвеолярной кости альвеолярного отростка/части челюстей на уровне 3,6,9 мм от цементно-эмалевого соединения

Ширину базисов верхней и нижней челюсти измеряли в соответствии с методикой Penn (Рисунок 14).

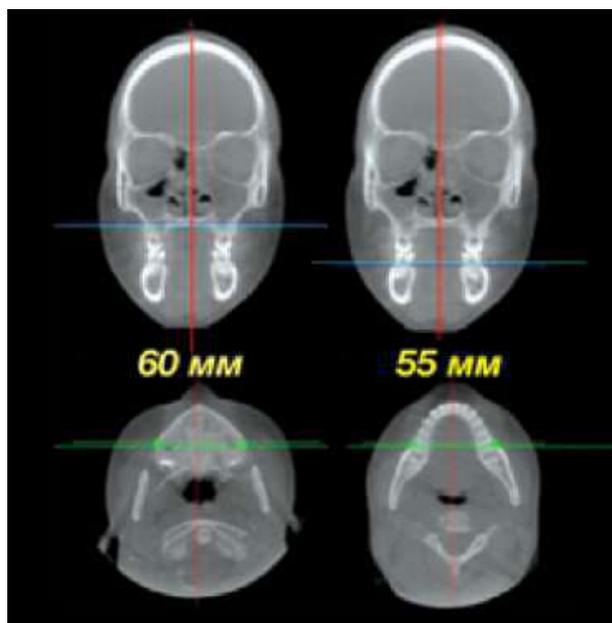


Рисунок 14 - Измерение ширины базисов челюстей по методу Penn
В норме ширина верхней челюсти больше ширины нижней на 5 мм

2.6.2. Магнитно-резонансная томография ВНЧС

Магнитно-резонансную томографию (МРТ) ВНЧС проводили МР-томографе с напряженностью магнитного поля 1,5Тл Toshiba Vantage Atlas-X с последующим анализом изображений в программе Horos v.1.0.7. в режимах T1 и T2 в положении закрытого и открытого рта с целью исключения органической патологии (остеоартроз, анкилоз, неоплазии); оценки соотношения головка нижней челюсти–диск–ямка. Морфофункциональное состояние ВНЧС оценивали по сагиттальным и корональным срезам, ориентированным в соответствии с длинной и короткой осями поперечного среза головки каждого из суставов. Анализ положения головки нижней челюсти в привычной окклюзии и во время открывания рта проводили относительно суставного бугорка в косо-сагиттальной проекции. Анализ положения заднего утолщения суставного диска проводили по ориентиру–вертикали, проходящей через центр головки (положение «12-ти часов» по условному циферблату часов) вверх до нижней границы с уставной ямки (Рисунок 15). При нормально функционирующем

ВНЧС в положении закрытого рта заднееутолщение располагается в пределах 11-12 часов условного циферблата с отклонением не более чем на 10 градусов в перед или назад. При смещении заднего утолщения на 10 и более градусов (10-9 часов условного циферблата) вперед определяли вентральную дислокацию суставного диска, назад–дистальную дислокацию (Рисунок 15).

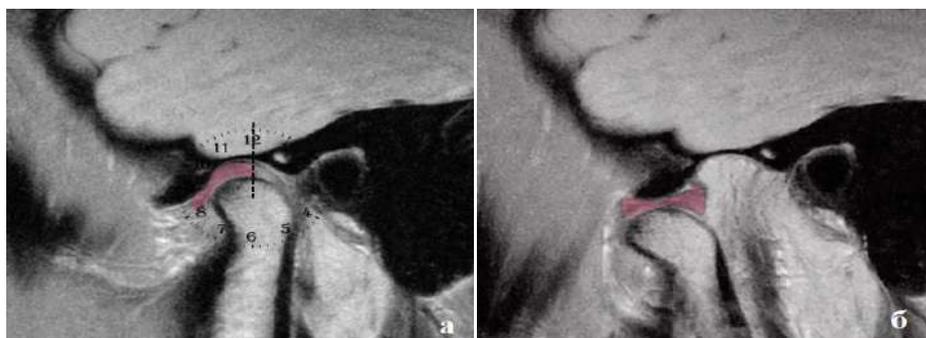


Рисунок 15 – Анализ положения суставного диска, суставной головки в косо-сагиттальной проекции: а – в привычной окклюзии; б – в положении открытого рта

2.7. Ультразвуковое исследование мышц челюстно-лицевой области

Ультразвуковое исследование жевательных и височных мышц проводили с применением сканера MyLabTwice (Esaote, Италия) с использованием линейных датчиков HL9.0/40/128Z 3—13 МГц. Для изучения жевательных мышц УЗ датчик ориентировали в аксиальной плоскости вдоль условной линии, соединяющей мочку уха и линию смыкания губ. Для изучения височных мышц датчик ориентировали фронтально в проекции височной мышцы (Рисунок 16)

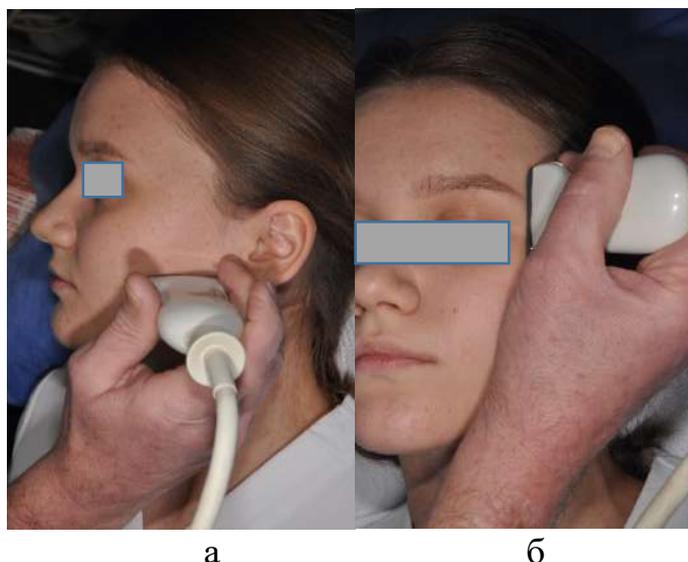


Рисунок 16 – Выполнение УЗИ жевательной (а) и височной (б) мышц. Положение сканирующего датчика

Каждому обследованному было проведено УЗИ жевательных мышц в состоянии относительного физиологического покоя и при функциональной пробе «максимальное волевое смыкание зубных рядов» с обеих сторон с получением эхограмм (Рисунок 17).

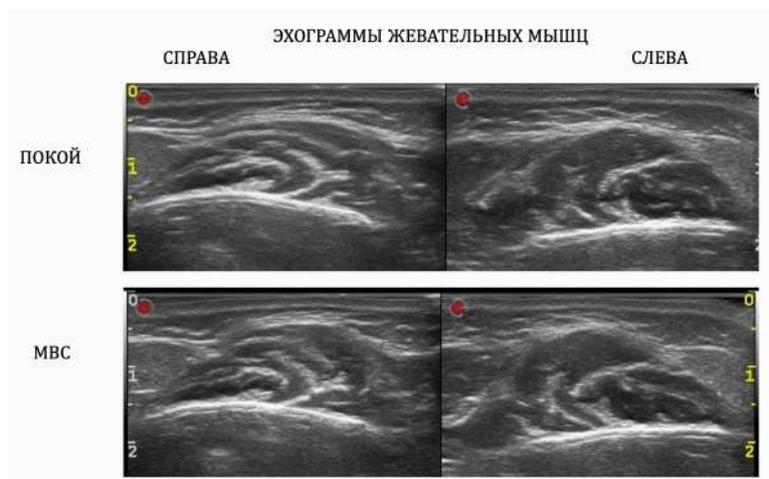


Рисунок 17 - Эхограмма жевательной мышцы в покое и при максимальном волевом смыкании зубных рядов

На каждой эхограмме измерялась толщина мышцы и проводился анализ эхоструктуры по серой шкале эхогенности, преобразованной в цветную шкалу для удобства визуальной оценки. Цифровой анализ эхограмм жевательных мышц проводили в разработанной «ProMVision» (Текучева С.В., Фокина А.А., Врачева ДН, Маркин АС, Ермольев СН, Персин ЛС. и др., авторы; ФГБОУ ВО «МГМСУ им. А.И. Евдокимова», ФГБОУ ВО «МГМСУ им. А.И. Евдокимова», правообладатель. ProMVision. Свид. о гос. регистр. программы для ЭВМ №2023612589.Рос. Федерация. Опубл. 06.02.2023) в соответствии с авторской методикой анализа эхоструктуры, описанной в патенте №2765775 «Способ количественной оценки ультразвуковых изображений мышц челюстно-лицевой области при функциональных пробах» (Рисунок 18). В программе проводилось автоматическое сегментирование эхограмм жевательных мышц с использованием 5 цветов в соответствии с оттенком серого цвета. Так получали цветовую карту ЖМ с расчетом площадей (в мм²) и соотношения (в %) каждого цвета в выделенной зоне интереса. На основании совокупного расчета зон

различной эхогенности изучаемого объекта получали его эхоструктуру, т.н. эхоанатомию (Рисунок 19).

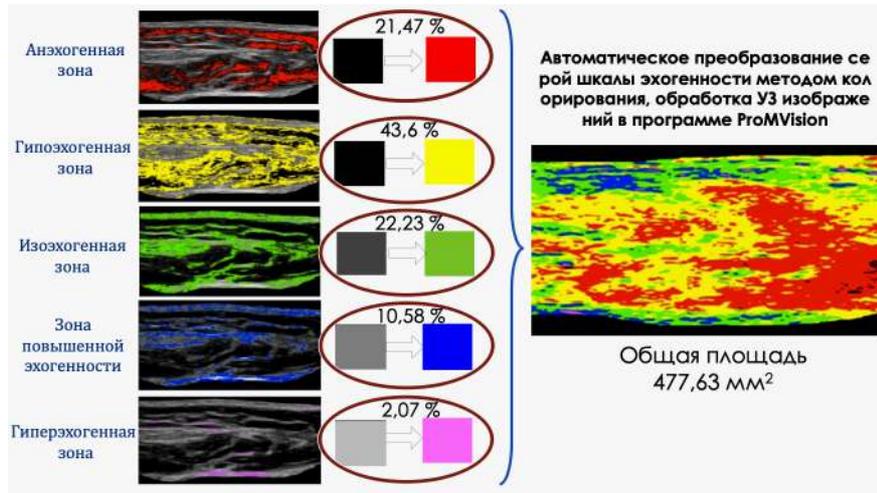


Рисунок 18 – Цветовое картирование эхограммы жевательной мышцы с применением авторской методики

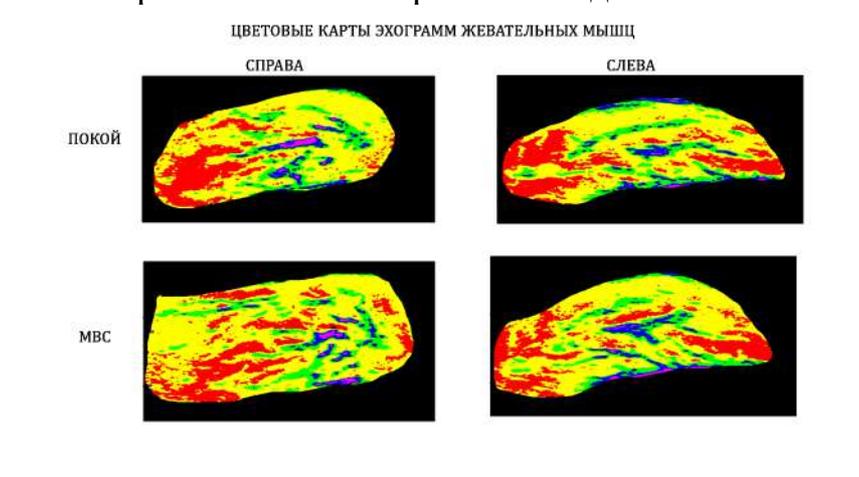


Рисунок 19 – Эхограммы жевательных мышц, окрашенные с применением методики цветового картирования в ПО «ProMVision»

Толщину ЖМ на эхограмме измеряли как расстояние между наружной и внутренней фасциями. Толщина мышцы оценивалась в шести областях, в расчётах использовали среднее значение (Рисунок 20).

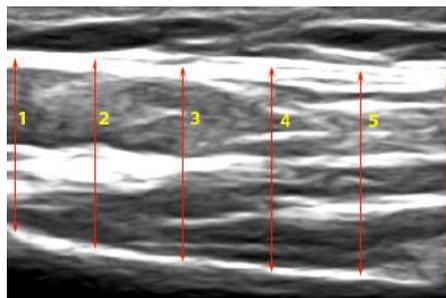


Рисунок 20 - Измерение толщины ЖМ на эхограмме в шести областях.

По окончании анализа в программе получали сводную таблицу, содержащую информацию о площади, ширине, интегральной плотности и других количественных характеристиках эхограмм (Рисунок 21).



Рисунок 21 – Выходные данные в виде диаграмм, отражающих эхоструктуру на изучаемых эхограммах жевательных мышц: mM_D_rest – жевательная мышца справа в состоянии покоя, mM_D_tens – жевательная мышца справа в состоянии напряжения, mM_S_rest – жевательная мышца слева в состоянии покоя, mM_S_tens – жевательная мышца слева в состоянии напряжения

2.8. Функциональные методы диагностики

Для исследования функционального состояния челюстно-лицевой области выполнили электромиографию (ЭМГ), Т-скан-исследование, стабилometriю, лазерной доплеровской флоуметрии тканей пародонта (ЛДФ).

2.8.1. Поверхностная электромиография жевательных мышц

Функциональную активность жевательных (*m. massetr*, *m. temporalis*) мышц исследовали с помощью поверхностных электродов, которые помещали на кожу в области моторных точек. Уровень активности мышцы оценивали по средней и максимальной амплитуде, измеряемой в мкВ. Запись ЭМГ - сигнала

проводили с помощью электромиографа «Синапсис» (Нейротех, Россия) (Рисунок 22). Биоэлектрическая активность всех исследуемых мышц измерялась в состоянии покоя (потенциал покоя) и с использованием функциональной пробы- максимальное волевое смыкание зубных рядов (потенциал действия).



Рисунок 22 - Проведение электромиографического исследования (Пациент В., 25 лет)

Использовали одноразовые биполярные поверхностные серебряные электроды диаметром 32мм x 36мм и межэлектродным расстоянием 15 мм (фирмы Fiab, Италия). После наложения электродов приступали к работе с диалоговым меню программной системы «Синапсис» (Рисунок 23).

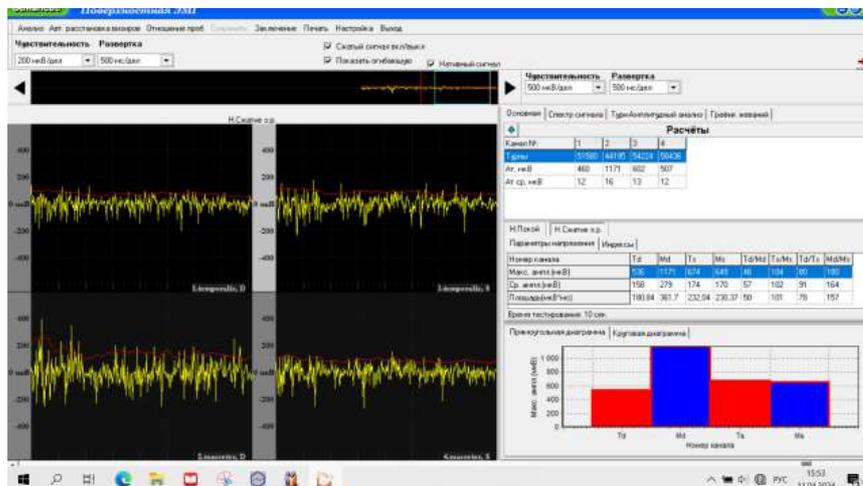


Рисунок 23 - Диалоговое окно системы «Синапсис» с диаграммой амплитуды колебания биопотенциала действия, круговой диаграммой распределения биопотенциалов и числовыми значениями

При анализе результатов исследования учитывалась максимальная амплитуда (MaxAmp }, средняя амплитуда (Acp) БЭА собственно жевательных и височных мышц. Координационные соотношения между парными мышцами слева и справа ($m.masseter$, $m.temporalis$) учитывались с помощью расчета коэффициента симметрии. Коэффициент симметрии (Kac)-это соотношение максимальной амплитуды собственно жевательной мышцы слева и справа, соответственно, и височной мышцы слева и справа, а также соотношение MA $m.mas.im.tern.$ слева и справа. В норме $\text{Kac}=1,0$. Если Kac меньше 1, то БЭА исследуемой мышцы справа выше, чем слева. Если Kac больше 1, то БЭА мышцы выше слева, чем справа.

Анализ параметров электромиографии происходил также при помощи расчета индексов симметрии жевательных и височных мышц (ИСЖМ) (ИСВМ), индекса статического стабилизирующего окклюзионного (ИССО), индекса бокового смещения (ТОРС). При помощи формул, рекомендованных производителем, происходил расчет указанных выше индексов (Таблица 3). Массинерционный центр дает информацию о степени преобладания мышечной активности жевательных мышц над височными и наоборот.

Таблица 3 – Таблица расчетов индексов

| Наименование | Формула | Норма |
|----------------------------|--|-----------------------|
| Симметрия височных мышц | $Ts/Td * 100\%$, когда $Ts < Td$ $Td/Ts * 100\%$, когда $Td < Ts$ | 83-100 % |
| Симметрия жевательных мышц | $Ms/Md * 100\%$, когда $Ms < Md$ $Md/Ms * 100\%$, когда $Md < Ms$ | 83-100 % |
| Торсионный индекс | $(Ts+Md)/(Td+Ms)$, когда $(Ts+Md) < (Td+Ms)$ $(Td+Ms)/(Ts+Md)$, когда $(Td+Ms) < (Ts+Md)$ | 90-100 % |
| Массинерционный центр | $(Ts+Td)/(Md+Ms)$, когда $(Ts+Td) < (Md+Ms)$ $(Md+Ms)/(Ts+Td)$, когда $(Md+Ms) < (Ts+Td)$ | 90-100 % |
| ИМРАСТ | $Alta + Arta + Alm + Arm$ | $\leq 1,5 \text{ мВ}$ |

Индекс бокового смещения нижней челюсти (ТОРС) показывает смещение нижней челюсти в трансверзальном направлении из-за преобладания активности одной мышечной пары над другой. Мышечную пару составляет жевательная мышца и височная с противоположной стороны. В норме эти пары должны находиться в состоянии равновесия, если этого не происходит, то

возникает боковой сдвиг нижней челюсти. При значении ИСЖМ более 120% или менее 80%, ИСВМ и индекса ТОРС более 117% или менее 83%, и ИССО более 15,2% диагностируют синдром болевой дисфункции височно-нижнечелюстного сустава.

Всего было зарегистрировано и проанализировано 806 ЭМГ при обследовании пациентов: до лечения; на этапах ортодонтического лечения, перед проведением ортогнатической операции, после комплексного лечения.

2.8.2. Метод компьютерного анализа состояния окклюзии

Анализ окклюзии проводили с помощью системы T-scan III, регистрирующей в режиме реального времени последовательность возникновения окклюзионных контактов, их локализацию, время, доленое участие каждого зуба и результирующую силу общей окклюзионной нагрузки. В каждой записи определялся период появления первого окклюзионного контакта и его расположение, наличие или отсутствие контактов между всеми зубами и процентное распределение баланса сил между левой и правой сторонами в момент множественной окклюзии. Для определения окклюзионных усилий пациенту нужно прикусить индивидуальную пластинку – ультратонкий сенсор. В это же время на мониторе компьютера отображаются все микродвижения зубов, улавливаемые сенсором (Рисунок 24, 25).



Рисунок 24 - Система T-scan III (а). Расположение датчика во рту (б)

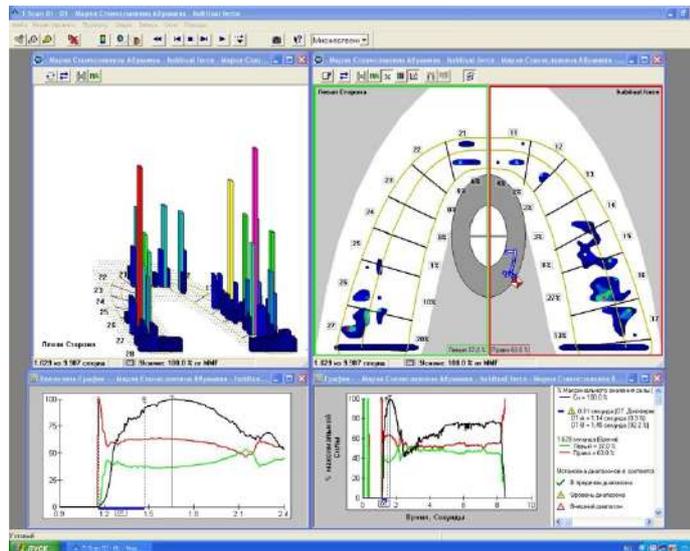


Рисунок 25 - Окно дисплея с результатами исследования T-scan: двумерное и трехмерное отображение окклюзионных контактов

Динамические наблюдения проводили до лечения (T0), через 3-6 месяцев (T1) от начала лечения, перед ортогнатической операцией (T2) и через 12 месяцев после завершения лечения (T3). Всего проведено 403 исследования.

2.8.3. Метод стабилотрии

Стабилотрия – это метод регистрации положения и колебаний проекции общего центра тяжести тела на плоскость опоры по средством специального устройства – стабилотрической платформы. Для проведения исследования использовался «Стабилотренажер ST-150» (Россия), представляющий собой плоскую напольную платформу (стабилоплатформа), который регистрирует перемещение центра давления стоящего на ней человека (центр давления на опору) и через соединительный кабель передает сигнал в подключенный компьютер. Протокол стабилотрического исследования состоял из двух функциональных проб: «глаза открыты»; «глаза закрыты». Изменения координат центра давления на опору регистрируются в виде физических характеристик — таких, как длина траектории, скорость, площадь статокинезиограммы и другие. Для интерпретации результатов стабилотрического исследования использовалось программное обеспечение

Stabip (Биософт-М, Россия) и определялись следующие параметры: X – координаты положения центра давления во фронтальной плоскости, единица измерения – мм; Y – координаты положения центра давления в горизонтальной плоскости, единица измерения – мм; L — Длина пути статокинезиограммы, единица измерения - мм; V – Скорость статокинезиограммы, единица измерения мм/с; S — Площадь статокинезиограммы, единица измерения – мм². Всего было зарегистрировано и проанализировано 806 статокинезиограмм при обследовании пациентов до лечения, через 3-6, 12-24 месяцев лечения (перед ортогнатической операцией), через 12 месяцев после завершения лечения.

2.8.4. Лазерная доплеровская флоуметрия (ЛДФ)

Для изучения функционального состояния микроциркуляции тканей пародонта применяли метод ЛДФ. Принцип ЛДФ заключается в зондировании биологической ткани непрерывным лазерным излучением и регистрации обратно рассеянного излучения наведенной флуоресценции.

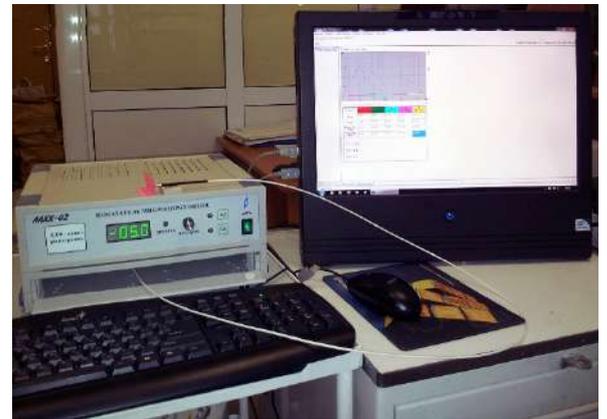
Оценивали состояние микроциркуляции в 4 зонах, соответствующих фронтальному и боковым сегментам, на уровне прикрепленной десны путем регистрации показателей ЛДФ в тканях пародонта нижней челюсти (3.1/3.2;3.4/3.5;4.1/4.2;4.4/4.5) (Рисунок 26).



Рисунок 26 - Топографические зоны регистрации ЛДФ в слизистой оболочке тканей пародонта

Регистрацию гемодинамики пародонта проводили с помощью компьютеризированного анализатора микроциркуляции ЛАКК-02 (НПП «ЛАЗМА», Россия) (Рисунок 27в) с использованием позиционирования световодного зонда в оттиске зубного ряда (Рисунок 27а), соответствующего

исследуемому участку зубов и прилегающей к нему слизистой оболочки нижней челюсти с вестибулярной стороны (Рисунок 27б). На внутренней поверхности готового оттиска выделяются области, соответствующие исследуемым участкам десны. В данных зонах, перпендикулярно направлению исследуемой области десны, в оттиске выполняются сквозные отверстия, в которые устанавливаются световодные зонды, что обеспечивает сохранение точного позиционирования лазерного световода на протяжении всего исследования.



а

б

в

Рисунок 27 - Компьютеризированный анализатор микроциркуляции ЛАКК-02 (объяснения в тексте)

Регистрацию ЛДФ-грамм в исследуемом участке проводили в течение 5 мин. Полученные результаты автоматически рассчитывалась программным обеспечением записи и обработки параметров микроциркуляции крови «Версия 2.2.510.512, НПП ЛАЗМА». Базовые показатели представлены показателем микроциркуляции (ПМ), среднеквадратическим отклонением колебаний перфузии крови (δ) и напряженностью функционирования регуляторных систем микрососудистого русла- коэффициентом вариации (K_v). Для оценки влияния механизмов регуляции кровотока в пародонте оценивали амплитудно-частотный спектр с применением Вейвлет-анализа (Рисунок 28, 29). На основании спектрального анализа рассчитывался - нейрогенный тонус (НТ), миогенный

тонус (МТ). ЛДФ с использованием спектрального вейвлет-анализа осцилляций кровотока позволяет определить показатель шунтирования (ПШ) как в зонах с артериоло-венулярными анастомозами (АВА), так и без них.



Рисунок 28 - ЛДФ-грамма прикрепленной десны в промежутке зубов 3.1/3.2

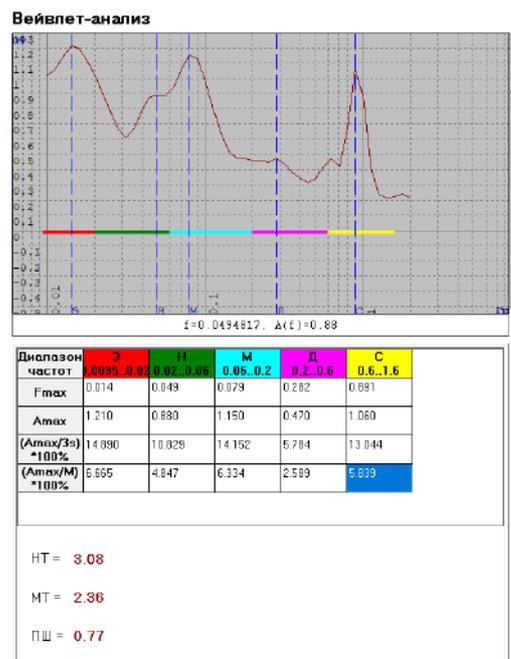


Рисунок 29 - Вейвлет-анализ ЛДФ-грамма прикрепленной десны в промежутке зубов 3.1/3.2

2.9. Компьютерное моделирование комплексного ортодонтонхирургического лечения

Планирование комплексного лечения проводили с использованием компьютерных программ «Бонобайт» и «Амира» в соответствии с

разработанным способом «Способ планирования комплексного ортодонтхирургического лечения» (патент на изобретение №2855915 РФ) в несколько этапов: 1) создание комплексной цифровой модели зубочелюстной системы пациента путем совмещения данных КЛКТ черепа и внутриротовых сканов зубных рядов (Рисунок 30); 2) симуляция хирургического лечения – перемещение челюстей в гармоничное соотношение (Рисунок 31а,б); 3) симуляция ортодонтического и ортопедического лечения - перемещение зубов, симуляция изготовления ортопедических конструкций при корректном положении базисов челюстей (Рисунок 31в) (методология подробно описана в главе 4).

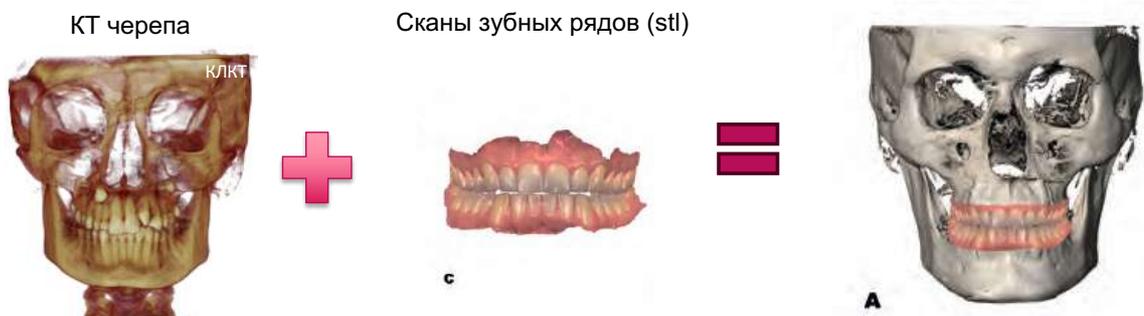


Рисунок 30 – Создание комплексной цифровой модели ЗЧС пациента

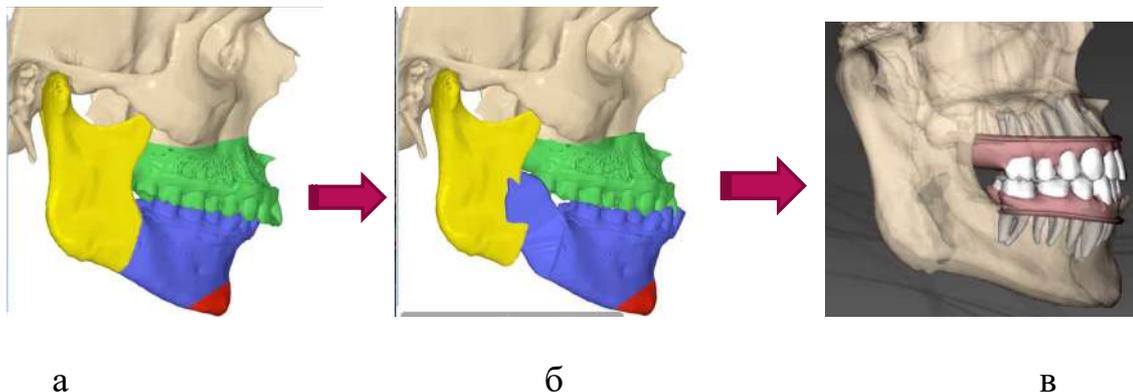


Рисунок 31 – Выполнение цифрового планирования ортогнатической операции путем перемещения челюстей в гармоничное соотношение (а, б) с последующим цифровым планированием ортодонтического лечения (в)

По данной технологии выполнено планирование 86 пациентам.

2.10. Методика комбинированного лечения пациентов со скелетными формами зубочелюстных аномалий

Лечение всех пациентов включало три основных этапа: I – ортодонтический этап (предхирургический), целью которого была нормализация положения зубов, размеров зубных рядов и коррекция окклюзионной плоскости; II - хирургический этап (ортогнатическая операция), целью которого была нормализация положения челюстных костей. III – ортодонтический этап (завершающий).

На первом этапе в соответствии с задачами, определенными при цифровом планировании ортодонто-хирургического лечения, при помощи брекет-систем выполняли нормализацию формы зубных рядов верхней и нижней челюстей, осуществляли постановку зубов в положение, необходимое для проведения хирургического этапа. Длительность данного этапа составила от 1 года до 2 лет в зависимости от выраженности деформации зубных рядов. Второй этап - хирургическое лечение - проходил в условиях стационара. На верхней челюсти проводилась остеотомия по Ле Фор I, на нижней челюсти – межкортикальная сагиттальная сплит-остеотомия. Ортодонтическое лечение проводили с использованием техник прямой дуги, биопрогрессивной техники Рикеттса, механики направленных сил Твид-Меррифильда с применением аппарата стандарт-эджуайс, что в совокупности позволило провести коррекцию положения зубов в трех плоскостях: вертикальной, трансверсальной и сагиттальной [114,115]. Использовали брекет-системы как традиционного лигирования, так и самолигирующие системы, дуги из никелид - титановых сплавов, обладающими сверхупругими свойствами, из сплавов ТМА, нержавеющей стали.

В случае лечения пациентов с удалением премоляров на верхней и (или) нижней челюсти применяли элементы биопрогрессивной техники Рикеттса и Технику Направленных сил Твид-Меррифильда (3 этапа): I этап- подготовка зубного ряда. На данном этапе производили последовательную фиксацию

брекетов, устраняли аномалии положения зубов, дистальный наклон моляров, ретракцию клыков, постановку зубов по зубной дуге, выравнивание кривой Шпее. Использовали стальные дуги .018x.025 дюйма на нижней челюсти, .017x.022 дюйма на верхней челюсти (Рисунок 32). Данный этап длился около 6 мес.

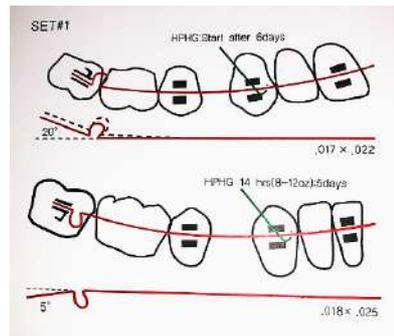


Рисунок 32 - Этап подготовки зубного ряда: установлены дуги на верхнюю и нижнюю челюсти с омега-петлями

II этап - коррекция зубного ряда. На данном этапе устраняли имеющиеся промежутки после ретракции клыков с применением дуг с закрывающими петлями (Рисунок 33). Для вертикального контроля положения резцов на нижней челюсти применяли вертикальные межчелюстные эластичные тяги.

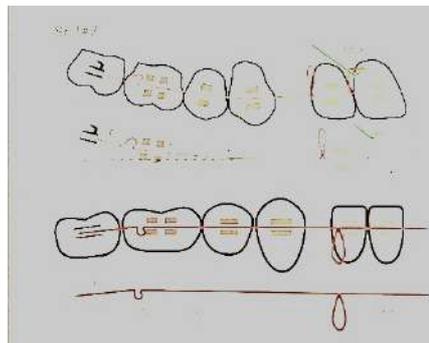


Рисунок 33 - Этап коррекции зубного ряда: дуги с закрывающими петлями (*closing loop archwire*), расположенными дистальнее боковых резцов

После устранения промежутков готовили опору на нижнем зубном ряду путем дистального наклона вторых моляров. После достижения соотношения моляров по нейтральному типу оставшиеся промежутки на верхней челюсти устраняли с помощью дуги с закрывающими петлями (*closing loop archwire*) (Рисунок 34).

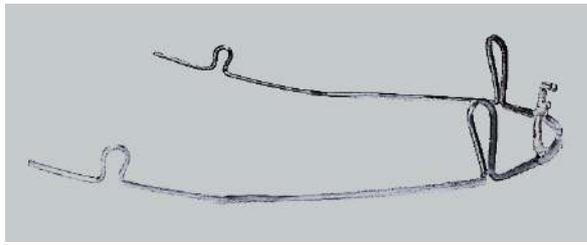


Рисунок 34 – Ортодонтическая дуга с закрывающими петлями (*closing loop archwire*)

III этап - детализация (после проведения ортогнатической хирургии). На данном этапе достигали фиссуно-бугорковых контактов и проводили окончательную детализацию и идеализацию позиции зубов. Использовали индивидуализированные дуги сечением .021x.028 дюйма с нанесенными изгибами трех порядков (Рисунок 35). На дугу верхней челюсти дополнительно наносили изгибы для коррекции ангуляции резцов (*artistic bends*).

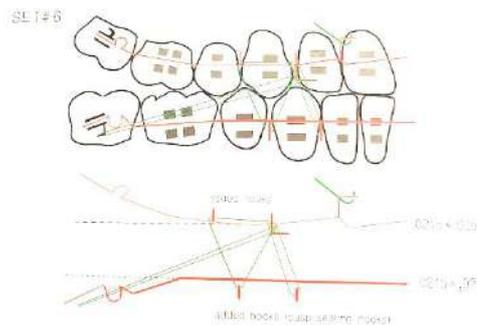
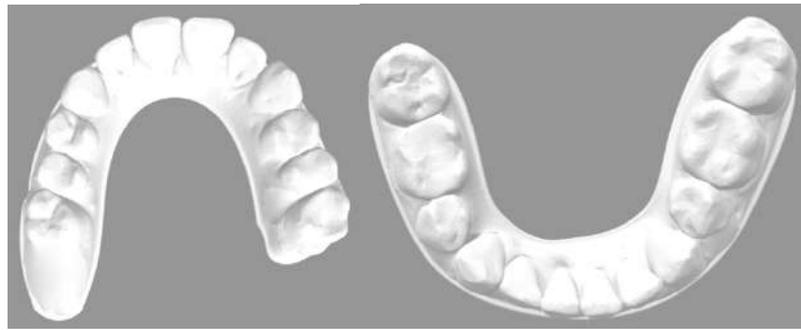


Рисунок 35 - Детализация межжюкклюзионных взаимоотношений. На верхний и нижний зубные ряды установлены стабилизирующие дуги с крючками для межчелюстных эластичных тяг

2.11. Методика оценки результата ортодонтической подготовки

Оценка промежуточных результатов ортодонтической подготовки осуществлялась 1 раз в 3-4 месяца путем оценки цифровых моделей зубных рядов, или полученных методом 3D-печати, или из гипса и сопоставлении их с эталонными, полученными в результате компьютерного моделирования (Рисунок 36, 37).



А

Б

Рисунок 36 - Эталонные модели (итоговый ортодонтический план): А-верхняя челюсть, Б – нижняя челюсть



А

Б

Рисунок 37 - Модели верхней челюсти разбиты на промежуточные этапы лечения (промежуточный план) сроком: 3-6 мес (А), 9-12 мес (Б)

Гипсовые или изготовленные методом 3D-печати модели челюстей пациента, подготовленного к ортогнатической операции, гипсовали в артикулятор по лицевой дуге, после чего проводили его оцифровку для дальнейшего анализа.

Оценивали:

1. Модель верхней и нижней челюсти отдельно.
2. Модель верхней и нижней челюсти в центральной окклюзии (привычное смыкание).
3. Модели верхней и нижней челюсти при конструктивном соотношении в артикуляторе.
4. Цефалометрические параметры

Оценку результатов проведенной ортодонтической подготовки проводили с применением разработанного чек-листа. Рассчитывали итоговый балл, характеризующий качество выполненной подготовки.

В основной группе оценку проводили путем совмещения цифровых моделей виртуального плана и промежуточного результата. Измеряли при сопоставлении цифрового плана и результата: линейные и угловые отклонения по каждому зубу; точность по окклюзии (окклюзионные контакты) с применением программы «ProModel» (заявка на регистрацию программы для ЭВМ №2026615077).

Оценивали параметры:

1. **Обобщенный показатель: среднеквадратичное отклонение** для всей зубной дуги — интегральный показатель общей точности.
2. **Локальные показатели для ключевых зубов/сегментов:** положение **верхних центральных резцов** в 3D-пространстве по 6 степеням свободы (сагиттальная, вертикальная, трансверзальная плоскости), положение **нижних центральных резцов, первых моляров, углы наклона резцов (U1-SN, L1-MP)** по данным цефалометрического анализа.

После оперативного вмешательства осуществляли сопоставление внутриротовых сканов окклюзии пациента на 4-5-е сутки после операции и окклюзии, определенной на предоперационном этапе при сопоставлении моделей врачом-ортодонтом (Рисунок 38).

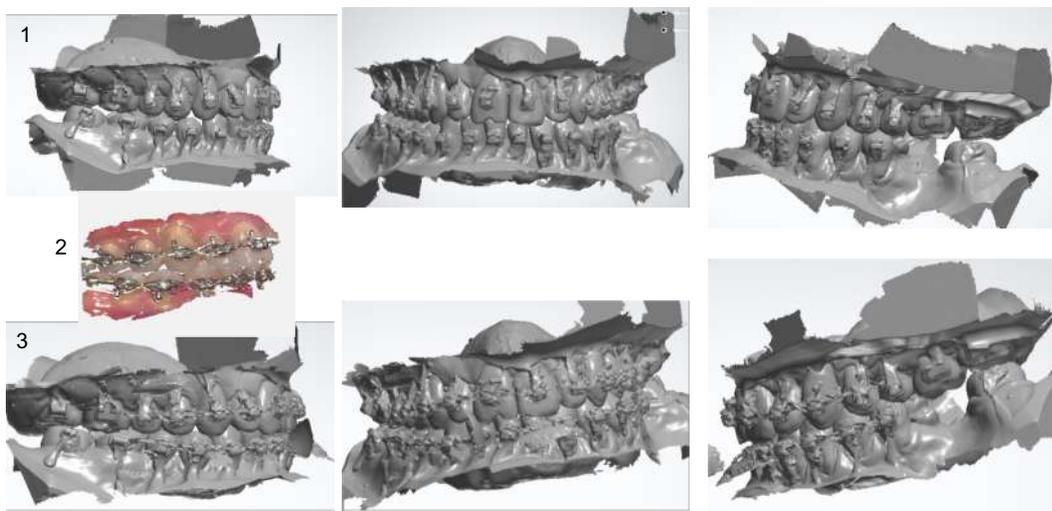


Рисунок 38 - Совмещение цифровых моделей планируемой окклюзии (1) и после оперативного вмешательства (2) в едином цифровом пространстве (3)

2.12. Анкетирование врачей-ортодонтотв и врачей-челюстно-лицевых хирургов различных медицинских организаций

Для изучения организационных особенностей комплексного ортодонтотв-хирургического лечения, состояния кадровых ресурсов, выяснения принципов работы врачей-ортодонтотв и врачей-челюстно-лицевых хирургов, а также отношения врачей к внедрению цифровых технологий в специальность, особенностей планирования пациентов со скелетными формами зубочелюстных аномалий, нами была разработана и составлена анкета, состоящая из 25 вопросов. Все вопросы в анкете были сгруппированы в несколько блоков. На основе вопросов первого блока была изучена социально-демографическая характеристика врачей, оказывающих ортодонтотв-хирургическую помощь (место проживания, ЛПУ, стаж работы, среднее количество пациентов, нуждающихся в проведении комплексного ортодонтотв-хирургического лечения, в год). В связи с активной интеграцией компьютерных технологий в стоматологию и челюстно-лицевую хирургию, второй блок вопросов был направлен на оценку активности врачей-ортодонтотв в отношении использования возможностей цифровых технологий. Третий блок вопросов позволял проанализировать особенности лечебно-диагностического процесса (структуру ЗЧА, методы диагностики и лечения пациентов с СФЗЧА, особенности ортодонтотвческой подготовки к ортогнатической хирургии, сроки ортодонтотвческой подготовки, частоту применения мультисегментарной остеотомии врачами-челюстно-лицевыми хирургами). В четвертом блоке предлагалось обсудить ошибки и осложнения в практической работе врачей-ортодонтотв и челюстно-лицевых хирургов при комплексном лечении пациентов со СФЗЧА и способы их минимизации.

2.13. Методы статистической обработки данных

Проверка нормальности распределения количественных признаков

На первом этапе статистического анализа была проведена оценка характера распределения всех количественных показателей для обоснования выбора методов дальнейшего сравнения (параметрических или непараметрических).

Проверка нормальности осуществлялась с использованием нескольких критериев. Основным методом выступил критерий Шапиро-Уилка (Shapiro-Wilktest). Нулевая гипотеза о нормальности распределения отвергалась при уровне значимости $p < 0,05$. При выполнении условий нормальности по критерию Шапиро-Уилка и симметричности распределения рекомендовались параметрические методы. Во всех остальных случаях, включая отсутствие нормальности хотя бы по одному из критериев, предпочтение отдавалось непараметрическим методам как более устойчивым к нарушениям допущений о характере распределения.

Расчет описательной статистики. Для всех количественных признаков были рассчитаны показатели описательной статистики, позволяющие охарактеризовать центральную тенденцию и вариабельность изучаемых показателей в выборке. Для оценки центральной тенденции использовались среднее арифметическое (mean) и медиана (median). Выбор одновременного представления обоих показателей обусловлен необходимостью контроля за симметричностью распределения: значительное расхождение между средним и медианой служило дополнительным индикатором отклонения распределения от нормального. Мерой абсолютного разброса данных выступило стандартное отклонение (std), характеризующее степень варьирования индивидуальных значений признака относительно среднего. Для оценки относительной вариабельности рассчитывался коэффициент вариации (CV, %) как отношение стандартного отклонения к среднему арифметическому, выраженное в процентах. Точность выборочной оценки среднего в совокупности отражалась с

помощью стандартной ошибки среднего (sem), на основании которой для каждого признака была сформирована запись вида $M \pm m$. Дополнительно определялись минимальное (min) и максимальное (max) значения, позволяющие оценить диапазон разброса данных. Расчеты выполнялись как для всей выборки в целом, так и стратифицированно по группам (в зависимости от типа окклюзии и других клинических параметров), что позволило выявить особенности распределения показателей в различных клинических подгруппах. Стандартное отклонение (SD) применялось для характеристики вариабельности индивидуальных значений признака внутри исследуемой выборки. Данный показатель отражает степень разброса данных относительно среднего арифметического и позволяет оценить гомогенность группы: чем меньше стандартное отклонение, тем более однородна выборка по изучаемому параметру. Для сравнения количественных показателей в независимых группах использовался непараметрический U-критерий Манна–Уитни (Mann–Whitney U test). Выбор данного метода обусловлен результатами предварительной проверки нормальности, выявившей отклонение распределения большинства признаков от нормального. С помощью U-критерия оценивалась значимость различий между группами пациентов с различными типами прикуса (bite 1 vs. bite 2), а также между мужчинами и женщинами как в целом по выборке, так и стратифицированно по типу прикуса. Статистически значимыми считались различия при уровне $p < 0,05$. Для наглядного представления распределения количественных показателей в группах сравнения применялись скрипичные графики (violinplots), сочетающие преимущества ящика с усами и оценки плотности распределения. Ширина "скрипки" отражает плотность вероятности значений в каждой точке, что позволяет одновременно оценивать центральную тенденцию, разброс, модальность и асимметрию распределения.

Корреляционный анализ и визуализация взаимосвязей. Для выявления и оценки взаимосвязей между изучаемыми показателями рассчитывался коэффициент линейной корреляции Пирсона (Pearson's r), а также ранговый коэффициент корреляции Спирмена (Spearman's ρ), являющийся

непараметрическим аналогом и устойчивый к выбросам. Особенностью проведенного анализа стала оценка динамики взаимосвязей показателей во времени. Для каждого показателя рассчитывались корреляции между четырьмя временными точками (T0, T1, T2, T3), что позволило проследить устойчивость связей на различных этапах наблюдения. Для наглядного представления структуры взаимосвязей были построены тепловые карты корреляций (correlation heat maps), где цветовая шкала отражает силу и направление связей.

Графическая репрезентация наиболее выраженных взаимосвязей между показателями выполнялась с помощью корреляционных графов (сетей). Данный подход позволяет визуализировать только те связи, которые достигают заданного порога силы (в работе использовались пороги $|r| \geq 0,9$), что дает возможность сфокусироваться на клинически значимых ассоциациях.

Анализ главных компонент (РСА). Для снижения размерности многомерного пространства изученных признаков и выявления латентной структуры данных применялся метод главных компонент (Principal Component Analysis, РСА). Перед проведением анализа выполнена стандартизация признаков (z-нормализация), обеспечивающая сопоставимость показателей, измеренных в различных единицах. Извлечение компонент осуществлялось на основе корреляционной матрицы. В результате анализа были выделены три главные компоненты, объясняющие более 80% совокупной дисперсии. Полученные компоненты использовались для визуализации пациентов в сниженном пространстве признаков, выявления скрытых паттернов и последующего выделения однородных групп пациентов, что позволило дополнить традиционный анализ новыми функционально интерпретируемыми характеристиками.

Используемые программные средства и инструменты статистической обработки. Статистическая обработка данных и визуализация результатов выполнялись с использованием языка программирования Python (версия 3.12.12) и его специализированных библиотек. Численные расчеты и математические операции выполнялись с использованием библиотеки numpy (версия 2.0.2). Для статистического тестирования применялись функции из

модуля `stats` библиотеки `scipy` (версия 1.15.3): критерий Шапиро–Уилка для проверки нормальности, U-критерий Манна–Уитни для сравнения независимых групп, а также расчет коэффициентов корреляции Пирсона и Спирмена. Визуализация данных реализована средствами библиотек `matplotlib` (версия 3.10.0) и `seaborn` (версия 0.13.2), что позволило построить гистограммы, Q-Q графики, ящики с усами (**boxplots**), скрипичные графики (*violinplots*), радарные диаграммы (*radarcharts*), тепловые карты корреляций и другие графики. Для построения корреляционных графов (сетей) использовалась библиотека `networkx` (версия 3.5). Метод главных компонент (PCA) реализован с помощью библиотеки `scikit-learn` (версия 1.6.1).

Применение указанных инструментов обеспечило воспроизводимость расчетов и высокое качество графического представления результатов.

ГЛАВА 3. РЕЗУЛЬТАТЫ КОМПЛЕКСНОЙ ЦЕНКИ СОСТОЯНИЯ ЗУБОЧЕЛЮСТНОЙ СИСТЕМЫ ПАЦИЕНТОВ СО СКЕЛЕТНЫМИ ФОРМАМИ ДИСТАЛЬНОЙ И МЕЗИАЛЬНОЙ ОККЛЮЗИИ ДО ЛЕЧЕНИЯ

Представлены результаты комплексной оценки состояния ЗЧС 86 пациентов с ДО и МО до начала лечения.

3.1. Результаты клинического обследования пациентов

Согласно данным литературы (Proffit, 2018; Ellis, 1999), в структуре скелетных форм ДО и МО, требующих ортогнатического лечения, преобладают аномалии нижней челюсти:

- ДО в 55–70% случаев обусловлена нижней ретрогнатией,
- МО в 60–75% случаев — нижней прогнатией.

Настоящее исследование сосредоточено на этих наиболее частых и клинически значимых формах, что обеспечивает репрезентативность выборки и соответствие литературным данным (Таблица 4).

Таблица 4 - Характеристика пациентов, включённых в исследование (n=86)

| Параметр | Группа 1А: Дистальная окклюзия n=51 (59,3%) | Группа 1Б: Мезиальная окклюзия n=35 (40,7%) | P- value |
|-------------------------------|--|--|-------------|
| Возраст (лет), М ± m | 26,4 ± 5,8 | 25,6 ± 6,0 | |
| Пол, n (%) | | | |
| Мужчины | 20 (39,2%) | 17 (48,6%) | |
| Женщины | 31 (60,8%) | 18 (51,4%) | |
| Сагиттальная щель (мм), М ± m | + 6,2±1,6* | - 2,5±1,1* | <0,001 |

Примечание:

*- величина сагиттальной щели указана по данным цефалометрического анализа. Знак «-» для МО указывает на обратную сагиттальную щель.

В данном исследовании пол не являлся независимой переменной и не был объектом изучения. Основная гипотеза касалась влияния типа окклюзии

(ДО/МО) на функциональные параметры, а не влияния пола. Статистический анализ показал сопоставимое распределение полов между группами ($\chi^2=0,84$; $p>0,05$), что исключает пол как смешивающий фактор. Таким образом, объединение мужчин и женщин методологически было оправдано для чистоты проверки основной гипотезы. Биомеханика ортодонтического перемещения и хирургические протоколы одинаковы для мужчин и женщин. Более того, в обеих группах соотношение полов было сопоставимым (1:1,6 и 1:1,1), что делает группы репрезентативными.

Как следует из данных Таблицы 4, группы пациентов с дистальной и мезиальной окклюзией были репрезентативны и сопоставимы по основным демографическим показателям (возраст, пол). Средний возраст в группах составил $26,8\pm 5,9$ и $25,9\pm 6,2$ лет соответственно ($p>0,05$), с преобладанием лиц женского пола (58,2% и 56,9%). Отсутствие статистически значимых различий по возрасту и полу позволяет исключить влияние этих факторов на дальнейший сравнительный анализ динамики лечения.

Вместе с тем, между группами выявлены статистически значимые различия в структуре скелетного генеза аномалии и характерных зубоальвеолярных компенсаций.

При осмотре все пациенты (100%) (86 человек) жаловались на нарушение положения зубов, нарушение эстетики улыбки. 9 (8,6%) человек предъявляли жалобы на затрудненное пережевывание пищи (60 %).

Анализ сопутствующих аномалий окклюзии выявил характерные сочетания (Таблица 5). Для пациентов со скелетной формой дистальной и мезиальной окклюзии была наиболее типична глубокая резцовая диз/окклюзия, выявленная у 68,6% и 42,9% пациентов, соответственно. Перекрестная окклюзия (палатиноокклюзия, вестибулоокклюзия) была диагностирована у 39,9% пациентов с дистальной и 34,3% пациентов с мезиальной окклюзией.

Все пациенты исследуемых групп имели сагиттальную резцовую дизокклюзию/обратную резцовую дизокклюзию, что является определяющим признаком дистальной и мезиальной окклюзии. При ДО сагиттальная щель

(overjet) составляла в среднем $+6,2 \pm 1,6$ мм, при МО — обратная сагиттальная щель $-2,5 \pm 1,1$ мм (Рисунок 39).

Таблица 5 - Структура аномалий окклюзии у обследованных пациентов

| Группа | Вид зубочелюстной аномалии | Количество пациентов | % от группы |
|-----------|---------------------------------------|----------------------|-------------|
| 1А | Дистальная окклюзия | 51 | 100 |
| | Глубокая резцовая диз/окклюзия | 35 | 68,6 |
| | Вертикальная резцовая дизокклюзия | 5 | 9,8 |
| | Трансверсальная резцовая диз/окклюзия | 9 | 17,6 |
| | Перекрёстная окклюзия | 20 | 39,2 |
| 1Б | Мезиальная окклюзия | 35 | 100 |
| | Глубокая резцовая диз/окклюзия | 15 | 42,9 |
| | Вертикальная резцовая дизокклюзия | 12 | 34,3 |
| | Трансверсальная резцовая диз/окклюзия | 10 | 28,6 |
| | Перекрёстная окклюзия | 12 | 34,3 |



А

Б

В

Рисунок 39 - Внутриротовые фотографии пациента со СФМО: А-смыкание зубных рядов во фронтальном отделе, Б-смыкание зубных рядов в боковом отделе слева, В-смыкание зубных рядов в боковом отделе справа

При внешнем осмотре пациентов обеих групп были выявлены характерные лицевые признаки, объективно подтверждающие наличие скелетной формы аномалии. Оценку лицевых параметров проводили с применением методики Рикеттса, Арнетт, Хазунд (Таблица 6,7).

Таблица 6 - Положение мягкотканых ориентиров относительно TVL у пациентов с дистальной (ДО) и мезиальной (МО) окклюзией ($M \pm m$, мм)

| Ориентир | Нормированные показатели (НП) | ДО (n=51) | МО (n=35) | p |
|-----------------------------|-------------------------------|------------|------------|--------|
| G' (Glabella) | -10,9 до -6,1 | -8,2 ± 1,5 | -9,0 ± 1,8 | |
| Sn (Subnasale) | 0 ± 0,5 | -0,2 ± 0,4 | +0,3 ± 0,5 | |
| A' (Softtissue A) | -1,1 до 0,9 | -0,4 ± 0,6 | -0,6 ± 0,7 | |
| ULA (Upperlip A) | +2,5 до +4,9 | +2,8 ± 0,8 | +3,1 ± 0,9 | |
| LLA (Lowerlip A) | +0,5 до +3,3 | -1,2 ± 0,9 | +2,9 ± 1,1 | <0,001 |
| B' (Softtissue B) | -6,8 до -3,8 | -8,9 ± 1,2 | -2,8 ± 1,3 | <0,001 |
| Pog' (SofttissuePog) | -4,5 до -0,7 | -6,2 ± 1,1 | +1,2 ± 1,4 | <0,001 |

Таблица 7 - Эстетические параметры профиля лица у пациентов с дистальной (ДО) и мезиальной (МО) окклюзией ($M \pm SD$)

| Параметр | НП | ДО (n=51) | МО (n=35) | p |
|----------------------------------|------------|-------------|-------------|--------|
| E-line: верхняя губа, мм | -2,0 ± 2,0 | -1,8 ± 1,2 | -1,9 ± 1,5 | |
| E-line: нижняя губа, мм | 0 ± 2,0 | -3,8 ± 1,6 | +2,2 ± 1,3 | <0,001 |
| Z-угол (Merrifield), ° | 75–80 | 68,3 ± 3,2 | 88,5 ± 3,8 | <0,001 |
| Угол G-Sn-Pog (Powell), ° | 165–175 | 143,2 ± 3,5 | 189,5 ± 4,1 | <0,001 |
| Индекс FHI, % | 78–82 | 85,5 ± 3,1 | 76,2 ± 2,8 | <0,001 |

Внешний осмотр подтвердил наличие скелетной формы дистальной и мезиальной окклюзии, а также выявил различия в лицевых признаках и функциональных параметрах между группами.

У пациентов с дистальной окклюзией был значимо уменьшен угол G-Sn-Pog ($143.2^\circ \pm 3.5^\circ$, $p < 0.001$), что визуально проявлялось выпуклым профилем. У пациентов с мезиальной окклюзией выявлено протруссивное положение нижней губы относительно линии Рикеттса ($2,2 + 1,3$ мм), в то время как в группе пациентов с дистальной окклюзией отмечалась ее ретруссивное положение ($-3,8 + 1,6$ мм).

Проведенный TVL-анализ мягких тканей лица у пациентов со скелетными формами ЗЧА позволил сделать вывод о том, что при ДО с нижней ретрогнатией (SNB 75.3°) и верхней нормогнатией (SNA 81.9°) мягкотканый профиль характеризуется (Рисунок 40):

- нормальным положением верхней губы (ULA +2.8 мм, A' -0.4 мм);

- ретрузией нижней губы (LLA -1.2 мм);
- ретрогений (B' -8.9 мм, Pog' -6.2 мм).

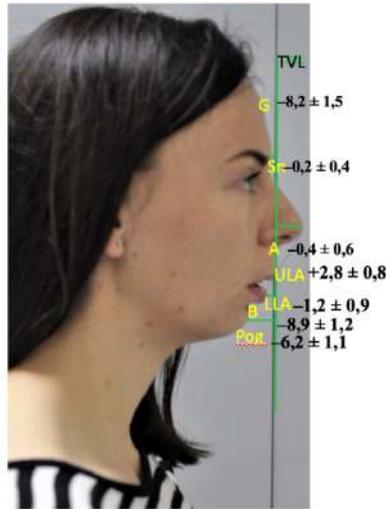


Рисунок 40 - Оценка профиля лица пациента с дистальной окклюзией относительно TVL

При МО с нижней прогнатией (SNB 85.8°) и верхней нормогнатией (SNA 81.3°) мягкотканый профиль характеризуется (Рисунок 41):

- нормальным положением верхней губы (ULA $+3.1$ мм, A' -0.6 мм);
- незначительно протруссивным положением нижней губы (LLA $+2.9$ мм);
- прогенией (B' -2.8 мм, Pog' $+1.2$ мм).



Рисунок 41 - Оценка профиля лица у пациента с мезиальной окклюзией относительно TVL

Анализ анфас пациентов с нижней ретрогнатией (ДО) и нижней прогнатией (МО) выявил принципиально разные эстетические фенотипы: при ДО доминировала нижняя треть лица (38,1%), асимметрия на верхней границе нормы (1,8 мм). При МО доминировала средняя треть лица (34,2%), асимметрия подбородка (в пределах 2,3 мм) (Таблица 8, Рисунок 42,43).

Таблица 8 - Анализ анфас у пациентов с дистальной (ДО) и мезиальной (МО) окклюзией (M ± SD)

| Параметр | НП | ДО (n=51) | МО (n=35) | p |
|--|---------|--------------|--------------|--------|
| I. ВЕРТИКАЛЬНЫЕ ПРОПОРЦИИ | | | | |
| Верхняя треть лица (Tr-G), % | 30–35 | 32,4±2,1 | 31,8±2,3 | |
| Средняя треть лица (G-Sn), % | 30–35 | 29,5±1,8 | 34,2±2,2 | <0,001 |
| Нижняя треть лица (Sn-Me), % | 30–35 | 38,1±2,4 | 34,0±2,1 | <0,001 |
| II. ТРАНСВЕРСАЛЬНЫЕ ПРОПОРЦИИ | | | | |
| Индекс лицевой Izard(oph-gn/zy-zy), % | 97–109% | 104,2±3,1 | 100,5±3,4 | |
| III. СИММЕТРИЯ | | | | |
| Отклонение подбородка (Pog от МСЛ), мм | 0–2,0 | 1,8±0,5 | 2,3±0,7 | <0,01 |
| Отклонение кончика носа (Sn от средней линии лица), мм | 0–1,5 | 0,6±0,3 | 0,7±0,4 | |
| Отклонение филтрума (Ls от средней линии лица), мм | 0–1,5 | 0,8±0,4 | 0,9±0,5 | |
| IV. ПАРАМЕТРЫ УЛЫБКИ | | | | |
| Экспозиция верхних резцов в покое, мм | 2–4 | 1,5±0,8 | 2,2±0,9 | <0,05 |
| Экспозиция верхних резцов при улыбке, мм | 8–10 | 6,8±1,2 | 7,5±1,3 | <0,05 |



Рисунок 42 - Анализ анфас пациента со СФДО

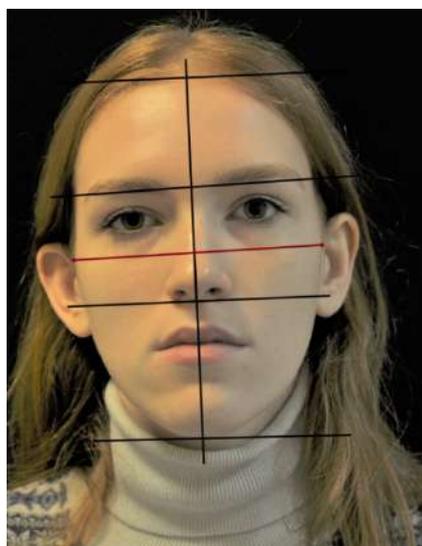


Рисунок 43 - Анализ анфас пациента со СФМО

Функциональное состояние височно-нижнечелюстного сустава и жевательных мышц оценивали с помощью комплекса клинических методов, включающего измерение амплитуды движений нижней челюсти, пальпаторную оценку мышечного тонуса и Гамбургский тест (скрининговая система оценки дисфункции ВНЧС) (Таблица 9).

Величина открывания рта в обеих группах соответствовала физиологической норме (>40 мм), однако, у пациентов с мезиальной окклюзией этот показатель был достоверно выше ($47,3 \pm 3,3$ мм против $44,2 \pm 2,8$ мм; $p < 0,01$), что может быть связано с исходно более передним положением мышечелков.

Таблица 9 – Оценка функционального состояния ВНЧС и жевательных мышц у пациентов со скелетными формами ДО и МО ($M \pm SD$)

| Параметр | ДО (n=51) | МО (n=35) | p |
|--|------------------|------------------|--------|
| I. ФУНКЦИОНАЛЬНЫЕ ТЕСТЫ | | | |
| Величина открывания рта, мм | 44,2 ± 2,8 | 47,3 ± 3,3 | <0,01 |
| Амплитуда протрузии, мм | 6,5 ± 1,2 | 9,2 ± 1,5 | <0,001 |
| Амплитуда латеротрузии вправо, мм | 8,1 ± 1,4 | 9,8 ± 1,6 | <0,05 |
| Амплитуда латеротрузии влево, мм | 8,3 ± 1,5 | 9,7 ± 1,7 | <0,05 |
| II. МЫШЕЧНЫЙ ТОНУС | | | |
| Гипертонус жевательных мышц, n (%) | 26 (51,0%) | 10 (28,6%) | <0,05 |
| Гипертонус височных мышц, n (%) | 22 (43,1%) | 12 (34,3%) | <0,05 |
| III. ИНТЕГРАЛЬНАЯ ОЦЕНКА | | | |
| Гамбургский тест (сумма баллов) | 1,8 ± 0,7 | 1,6 ± 0,8 | |
| – Мышечный компонент | 0,8 ± 0,5 | 0,7 ± 0,5 | |
| – Суставной компонент | 0,5 ± 0,4 | 0,6 ± 0,5 | |
| – Окклюзионный компонент | 0,5 ± 0,4 | 0,3 ± 0,3 | |

Проведённый анализ функционального состояния жевательных мышц методом пальпации выявил различия в тоне между группами. У пациентов с дистальной окклюзией гипертонус жевательных мышц наблюдался в 51,0% случаев, височных мышц — в 43,1%. В группе мезиальной окклюзии эти показатели составили 28,6% и 34,3% соответственно. Средний балл Гамбургского теста в группе ДО составил $1,8 \pm 0,7$, в группе МО — $1,6 \pm 0,8$ ($p > 0,05$). В 100% случаев в обеих группах показатель не превышал пороговое значение 3 балла, что соответствовало критерию «норма». Распределение по субкомпонентам (мышечный, суставной, окклюзионный) не выявило статистически значимых различий между группами ($p > 0,05$), а все значения находились на субклиническом уровне. Важно подчеркнуть, что ни один пациент не имел баллов, соответствующих группе риска (4–7) или клинически значимой дисфункции (8–12). Это является результатом строгого применения критериев включения и позволил рассматривать данную выборку как методологически «чистую» для изучения изолированных скелетных форм ЗЧА. Полученные данные обосновали правомерность включения всех пациентов в

исследование и позволили интерпретировать последующие различия как обусловленные исключительно типом скелетной окклюзии.

3.2. Результаты антропометрического изучения моделей челюстей пациентов со скелетной формой дистальной и мезиальной окклюзии

Для объективной оценки морфологических характеристик зубных рядов было проведено антропометрическое изучение диагностических моделей челюстей. Анализ изучения диагностических моделей челюстей позволил выявить нарушение положения отдельных зубов, формы и размеров зубоальвеолярных дуг и соотношений между верхними и нижними зубными рядами (Таблица 10).

Таблица 10 - Результаты антропометрии зубных рядов у пациентов с дистальной (СФДО) и мезиальной (СФМО) окклюзией (М ± SD)

| Параметр | НП | ДО (n=51) | МО (n=35) | p |
|---|------------|------------|------------|--------|
| I. ИНДЕКС БОЛТОНА | | | | |
| Индекс Болтона (общий), % | 91,5–92,5 | 91,2 ± 1,5 | 92,8 ± 1,3 | <0,05 |
| Индекс Болтона (передний), % | 77,0–79,0 | 77,5 ± 1,8 | 79,2 ± 1,6 | <0,05 |
| II. ДЕФИЦИТ/ИЗБЫТОК МЕСТА (по Твиду), мм | | | | |
| Передний отдел | 0 | 4,5 ± 1,8 | 2,5 ± 1,2 | <0,001 |
| Средний отдел | 0 | 3,8 ± 1,5 | 1,2 ± 0,9 | <0,001 |
| III. КРИВАЯ ШПЕЕ, мм | 1,5 | 3,2 ± 0,7 | 1,1 ± 0,5 | <0,001 |
| IV. ШИРИНА ЗУБНЫХ РЯДОВ, мм | | | | |
| 3–3 (верхняя челюсть) | 34,5 ± 1,5 | 32,5 ± 1,8 | 36,2 ± 2,1 | <0,001 |
| 4–4 (верхняя челюсть) | 37,5 ± 1,8 | 34,5 ± 1,8 | 38,2 ± 2,0 | <0,001 |
| 4–4 (нижняя челюсть) | 35,0 ± 1,5 | 32,5 ± 1,7 | 35,8 ± 1,9 | <0,001 |
| 6–6 (верхняя челюсть) | 50,2 ± 2,0 | 48,8 ± 2,2 | 52,1 ± 2,5 | <0,001 |
| V. ПРОЕКЦИОННАЯ ДЛИНА ЗУБНОГО РЯДА, мм | | | | |
| Верхняя челюсть | 67,0 ± 2,0 | 68,5 ± 2,8 | 65,2 ± 2,5 | <0,001 |
| Нижняя челюсть | 65,5 ± 2,0 | 64,2 ± 2,4 | 67,8 ± 2,7 | <0,001 |

Антропометрический анализ выявил статистически значимые различия в архитектонике зубных рядов между группами исследования.

Общий индекс Болтона в группе ДО составил 91,2 ± 1,5%, что соответствовало физиологической норме. В группе МО этот показатель был равен 92,8 ± 1,3%. Различия между группами статистически значимы (p<0,05).

Передний индекс Болтона при ДО ($77,5 \pm 1,8\%$) соответствовал норме, тогда как при МО ($79,2 \pm 1,6\%$) был несколько выше нормы. Полученные данные свидетельствуют о том, что при ДО мезиодистальные размеры зубов близки к нормальным, тогда как при МО отмечалась тенденция к диспропорции размеров зубов, особенно, в переднем отделе. Наиболее выраженные различия между группами выявлены при анализе дефицита места. В переднем отделе при ДО дефицит составлял $4,5 \pm 1,8$ мм, тогда как при МО $-2,5 \pm 1,2$ мм ($p < 0,001$). В среднем отделе эти показатели равнялись $3,8 \pm 1,5$ мм и $1,2 \pm 0,9$ мм соответственно ($p < 0,001$). Глубина кривой Шпее при ДО составила $3,2 \pm 0,7$ мм, что значительно превышает нормативные значения (1,5 мм). При МО этот показатель равнялся $1,1 \pm 0,5$ мм, что соответствует уплощённой кривой. Выраженная глубокая кривая Шпее при ДО является следствием компенсаторной экструзии нижних резцов и требует активной вертикальной коррекции на этапе предхирургической подготовки. Анализ трансверсальных параметров выявил принципиально различные паттерны в группах. При ДО отмечалось сужение зубных рядов на уровне всех измеряемых сегментов: 3–3 ($32,5 \pm 1,8$ мм против нормы 34,5 мм), 4–4 ($34,5 \pm 1,8$ мм против 37,5 мм), 6–6 ($48,8 \pm 2,2$ мм против 50,2 мм). При МО, напротив, ширина зубных рядов была в пределах нормы или превышала её: 3–3 ($36,2 \pm 2,1$ мм), 4–4 ($38,2 \pm 2,0$ мм), 6–6 ($52,1 \pm 2,5$ мм). Проекционная длина верхнего зубного ряда при ДО ($68,5 \pm 2,8$ мм) превышала нормативные значения (67,0 мм), тогда как при МО ($65,2 \pm 2,5$ мм) была ниже нормы. Для нижней челюсти наблюдалась противоположная картина: при ДО длина составляла $64,2 \pm 2,4$ мм (укорочение), при МО $67,8 \pm 2,7$ мм (удлинение).

Для анализа формы зубных дуг и построения индивидуальной применялся метод Твида. Затем измерялось линейное отклонение положения каждого зуба от индивидуальной нормы. В группе дистальной окклюзии наблюдалась тенденция к вестибулярному отклонению зубов в переднем сегменте (отклонение клыков $+2,8$ мм) при незначительной тенденции к сужению в области моляров. В группе мезиальной окклюзии выявлена противоположная картина: оральное положение

клыков и премоляров (отклонение до -1.5 мм) при резком вестибулярном отклонении моляров (+2.2 мм).

Анализ дефицита места по Твиду выявил принципиально различные условия для ортодонтической подготовки в исследуемых группах, что критически важно для планирования: у пациентов с дистальной окклюзией исходно присутствовал дефицит места в зубном ряду ($AD = +4.2$ мм). Для ортодонтической декомпенсации необходима ретракция резцов, которая требует дополнительного пространства ($ID = +5.8$ мм). Таким образом, общая дисгармония (TD) составляет +10.0 мм. Это означает, что для успешной подготовки требуется создать значительное дополнительное пространство (например, за счет удаления премоляров, дистализации моляров или межпроксимальная редукция эмали). У пациентов с мезиальной окклюзией исходно наблюдался небольшой избыток места ($AD = -1.5$ мм). Декомпенсация требует протрузии резцов, которая высвобождает пространство ($ID = -6.3$ мм). Общая дисгармония ($TD = -7.8$ мм) указывает на существенный резерв места. Это позволяет выполнять нивелировку без удаления, а в некоторых случаях, использовать избыточное пространство.

Таким образом, при дистальной окклюзии акцент на создании пространства (часто с удалением отдельных зубов), при мезиальной — на его рациональном использовании (часто без удаления).

3.3. Результаты рентгенологического исследования лицевого отдела черепа, ВНЧС пациентов со скелетными формами зубочелюстных аномалий

3.3.1. Результаты цефалометрии

Цефалометрическое исследование выполнено 86 пациентам (51 с дистальной окклюзией, 35 с мезиальной окклюзией). Анализ выполнялся по

стандартной методике с оценкой сагиттальных, вертикальных и зубоальвеолярных параметров. Результаты представлены в Таблице 11.

Таблица 11 - Цефалометрические параметры у пациентов с дистальной и мезиальной окклюзией на этапе T0 (M ± m)

СКЕЛЕТНЫЕ ПАРАМЕТРЫ

| Параметр | Норма | ДО (n=51) | МО (n=35) |
|-------------------------|-------------|--------------|--------------|
| Сагиттальные | | | |
| SNA Ang_2D (°) | 82,0 ± 3,0 | 81,9 ± 2,2 | 81,3 ± 2,5 |
| SNB Ang_2D (°) | 80,0 ± 3,0 | 75,3 ± 2,1* | 85,8 ± 2,8* |
| ANB angle (°) | 2,0 ± 2,0 | 6,8 ± 2,3* | -4,5 ± 2,1* |
| SNPog Ang_2D (°) | 80,0 ± 3,0 | 74,8 ± 5,8* | 85,5 ± 5,8* |
| Beta angle (°) | 27-35 | 24,8 ± 1,3 | 49,5 ± 1,8* |
| Wits (мм) | 0,0 ± 1,0 | 8,4 ± 1,7* | -7,9 ± 1,8* |
| Вертикальные | | | |
| CranMxBs/SN-PP (°) | 7,0 ± 3,0 | 9,1 ± 4,2* | 9,8 ± 4,2* |
| MP-SN Ang_2D (°) | 32,0 ± 5,0 | 31,8 ± 2,5* | 32,2 ± 2,9* |
| PP - MP Ang_2D (°) | 25,0 ± 5,0 | 27,8 ± 3,2 | 22,5 ± 3,5* |
| OP to FH | 8-12 | 9,5+ 2,0 | 10,5+ 2,5 |
| S-Go/N-Me | 0,65 ± 0,05 | 0,60 ± 0,08* | 0,62 ± 0,09* |
| Зубоальвеолярные | | | |
| U1 to SN (°) | 104,0 ± 5,0 | 99,6 ± 3,2 | 119,8 ± 2,9* |
| IMPA(L1-MP) (°) | 92,0 ± 3,0 | 108,5 ± 3,5* | 78,5 ± 3,4* |
| U1 to L1 (°) | 130,0 ± 135 | 125,9 ± 2,5* | 128,6 ± 3,2 |
| Overjet_2D (мм) | 2,5 ± 1,0 | 6,2 ± 1,6* | -2,5 ± 1,1* |
| Overbite_2D (мм) | 2,0 ± 1,0 | 4,2 ± 1,1* | 2,1 ± 0,5* |

ПАРАМЕТРЫ РАЗМЕРОВ ЧЕЛЮСТЕЙ И ЛИЦА (T0)

| Параметр | НП | ДО (n=51) T0, M ± SD | МО (n=35) T0, M ± SD | P-value (ДО vs МО) |
|------------------------|---------|-------------------------|-------------------------|--------------------------|
| РАЗМЕРЫ | | | | |
| MxL (A-PNS) (мм) | 50-55 | 47,9 ± 3,5* | 48,2 ± 3,1* | |
| Mand_R (мм) | 65-75 | 67,5 ± 4,2* | 73,5 ± 4,6* | <0,001 |
| Mand_L (мм) | 65-75 | 67,8 ± 4,5* | 73,8 ± 4,8* | <0,001 |
| Mand_Rbody (мм) | 70-75 | 69,5 ± 4,8 | 76,8 ± 5,2* | <0,001 |
| Mand_Lbody (мм) | 70-75 | 69,8 ± 5,1 | 77,2 ± 5,5* | <0,001 |
| R MdRH (мм) | 40-50 | 42,7 ± 5,1 | 47,5 ± 5,5* | <0,001 |
| L MdRH (мм) | 40-50 | 43,2 ± 5,4 | 48,0 ± 5,8* | <0,001 |
| УГЛЫ | | | | |
| GonialJaw Ang_2D (°) | 120-130 | 124,5 ± 7,5 | 128,5 ± 8,2* | <0,01 |
| GonialJaw_L Ang_2D (°) | 120-130 | 125,2 ± 7,8 | 129,2 ± 8,5* | <0,01 |
| UpGonial Ang_2D (°) | 45-55 | 49,2 ± 4,2 | 52,5 ± 4,8* | <0,001 |
| LowerGonial Ang_2D (°) | 70-80 | 75,8 ± 5,8 | 80,8 ± 6,2* | <0,001 |

| | | | | |
|-------------------------------|---------|-------------|--------------|-------|
| Saddle/Sella Ang 2D (°) | 120-130 | 122,5 ± 7,2 | 126,5 ± 7,8* | <0,01 |
| ArticulareAngle (°) | 120-130 | 123,8 ± 7,5 | 127,8 ± 8,1* | <0,01 |
| ВЫСОТЫ | | | | |
| AntFaceHt(N-Me) 2D (мм) | 120-130 | 118,2 ± 7,5 | 121,0 ± 8,2 | |
| PostFaceHt(S-Go) 2D (мм) | 75-85 | 78,2 ± 6,8 | 81,8 ± 7,2* | <0,05 |
| ПРОПОРЦИИ | | | | |
| FacialAxisangle (°) | 85-95 | 89,5 ± 4,2 | 88,2 ± 4,8 | |
| Facial Ln Inter FH Ang 2D (°) | 85-95 | 88,8 ± 4,5 | 86,8 ± 5,1 | |
| MeGo to NPog Ang 2D (°) | 70-80 | 75,2 ± 6,5 | 79,8 ± 7,1* | <0,01 |

ТРАНСВЕРСАЛЬНЫЕ И ЛИНЕЙНЫЕ ЗУБОАЛЬВЕОЛЯРНЫЕ ПАРАМЕТРЫ (T0)

| Параметр | НП | ДО (n=51) T0, M ± SD | МО (n=35) T0, M ± SD | P-value |
|----------------------------------|-----------|-------------------------|-------------------------|---------|
| ТРАНСВЕРСАЛЬНЫЕ | | | | |
| Maxwidth (мм) | 60-70 | 56,1 ± 4,1* | 54,1 ± 4,5* | |
| Mandwidth (мм) | 85-95 | 86,8 ± 4,3* | 89,1 ± 4,8* | |
| ЛИНЕЙНЫЕ ЗУБОАЛЬВЕОЛЯРНЫЕ | | | | |
| U1 to NA 2D (мм) | 4,0 ± 2,0 | 3,8 ± 2,2 | 7,8 ± 2,5* | <0,001 |
| L1 to NB 2D (мм) | 4,0 ± 2,0 | 6,5 ± 2,8* | 3,8 ± 2,2 | <0,001 |
| U1 to NL (мм) | 28-32 | 28,2 ± 3,5 | 30,8 ± 3,8 | <0,01 |
| L1 to ML (мм) | 40-44 | 42,5 ± 4,2 | 44,8 ± 4,8* | <0,05 |
| U6 to NL (мм) | 22-26 | 24,8 ± 2,8 | 23,8 ± 3,2 | |
| L6 to ML (мм) | 30-34 | 32,5 ± 3,2 | 34,8 ± 3,8* | <0,01 |

Примечание: статистически значимое отклонение от НП ($p < 0,05$); $M \pm SD$ = среднее \pm стандартное отклонение

Анализ сагиттальных параметров выявил статистически значимые различия между группами по всем показателям, за исключением угла SNA, который в обеих группах соответствовал норме ($81,9^\circ$ при ДО, $81,3^\circ$ при МО, $p > 0,05$). Угол SNB при дистальной окклюзии составил $75,3 \pm 2,1^\circ$, что отражает дистальное положение нижней челюсти. При мезиальной окклюзии этот показатель был равен $85,8 \pm 2,8^\circ$, что свидетельствует о нижней прогнатии ($p < 0,001$). Соответственно, угол ANB при ДО был увеличен ($6,8 \pm 2,3^\circ$), а при МО — отрицательным ($-4,5 \pm 2,1^\circ$), что подтверждает принадлежность пациентов к скелетным формам ДО и МО. Анализ вертикальных параметров показал, что межчелюстной угол PP-MP при ДО составлял $27,8 \pm 3,2^\circ$, что выше нормативных значений и свидетельствует о вертикальном типе роста. При МО этот показатель был ниже нормы ($22,5 \pm$

3,5°, $p < 0,001$), что соответствует горизонтальному типу роста. Остальные вертикальные параметры находились в пределах физиологической нормы.

Анализ зубоальвеолярных параметров выявил характерные компенсаторные изменения. При ДО верхние резцы были ретрудированы (U1 to SN 99,6°), а нижние — протрудированы (IMPA 108,5°). При МО наблюдалась противоположная картина: протрузия верхних резцов (119,8°) и ретрузия нижних (78,5°). Сагиттальная щель (overjet) при ДО составила $6,2 \pm 1,6$ мм, что значительно превышает норму, а при МО была отрицательной ($-2,5 \pm 1,1$ мм). Глубина резцового перекрытия (overbite) при ДО была увеличена ($4,2 \pm 1,1$ мм), что характерно для глубокой резцовой окклюзии.

Цефалометрический анализ, проведенный в разрезе скелетного генеза, выявил принципиальные различия в структуре аномалий в сагиттальном направлении.

Анализ линейных размеров показал, что длина верхней челюсти (MxL) была сопоставимо уменьшена в обеих группах (47,9 мм и 48,2 мм при норме 50–55 мм, $p > 0,05$). Размеры нижней челюсти при ДО соответствовали нижней границе нормы, тогда как при МО все показатели были значимо выше ($p < 0,001$), отражая нижнюю макрогнатию. Высоты ветвей нижней челюсти (MdRH) при МО также были увеличены (47,5–48,0 мм против 42,7–43,2 мм при ДО, $p < 0,001$). Гониальный угол при МО был достоверно больше, чем при ДО (128,5° против 124,5°, $p < 0,01$), причём, различия касались как верхнего, так и нижнего компонентов угла. Это свидетельствует о более вертикальном направлении роста мышечкового отростка при сохранённом горизонтальном типе роста тела челюсти. Углы седла и суставного отростка также были увеличены при МО ($p < 0,01$). Передняя высота лица была сопоставима в группах, тогда как задняя высота лица при МО была значимо больше (81,8 мм против 78,2 мм, $p < 0,05$), что при увеличении гониального угла отражает особенности морфогенеза при мезиальной окклюзии. Ширина верхней челюсти была уменьшена в обеих группах (56,1 мм при ДО, 54,1 мм при МО), однако, различия между группами не достигли статистической значимости ($p > 0,05$). Ширина нижней челюсти при ДО соответствовала норме, а при МО была увеличена (89,1 мм, $p < 0,05$).

Анализ линейных зубоальвеолярных параметров выявил разнонаправленные изменения. Положение верхних резцов относительно линии NA при МО было увеличено (7,8 мм против 3,8 мм при ДО, $p < 0,001$), что отражает их протрузию. Положение нижних резцов относительно NB, напротив, было увеличено при ДО (6,5 мм против 3,8 мм при МО, $p < 0,001$), подтверждая протрузию нижних резцов при дистальной окклюзии. Зубоальвеолярные высоты (U1 to NL, L1 to ML) были увеличены при МО, что свидетельствует об экстрезии резцов при мезиальной окклюзии. Зубоальвеолярная высота в области нижних моляров (L6 to ML) также была больше при МО (34,8 мм против 32,5 мм при ДО, $p < 0,01$), тогда как в области верхних моляров была сопоставима.

Распределение по типам роста выявило статистически значимые различия между группами: для дистальной окклюзии был характерен вертикальный тип роста (52.2%), а для мезиальной — горизонтальный (43.1%) ($p < 0.001$) (Таблица 12). Данный фактор является значимой ковариатой, которую необходимо учитывать при интерпретации цефалометрических параметров и планировании ортодонтического лечения.

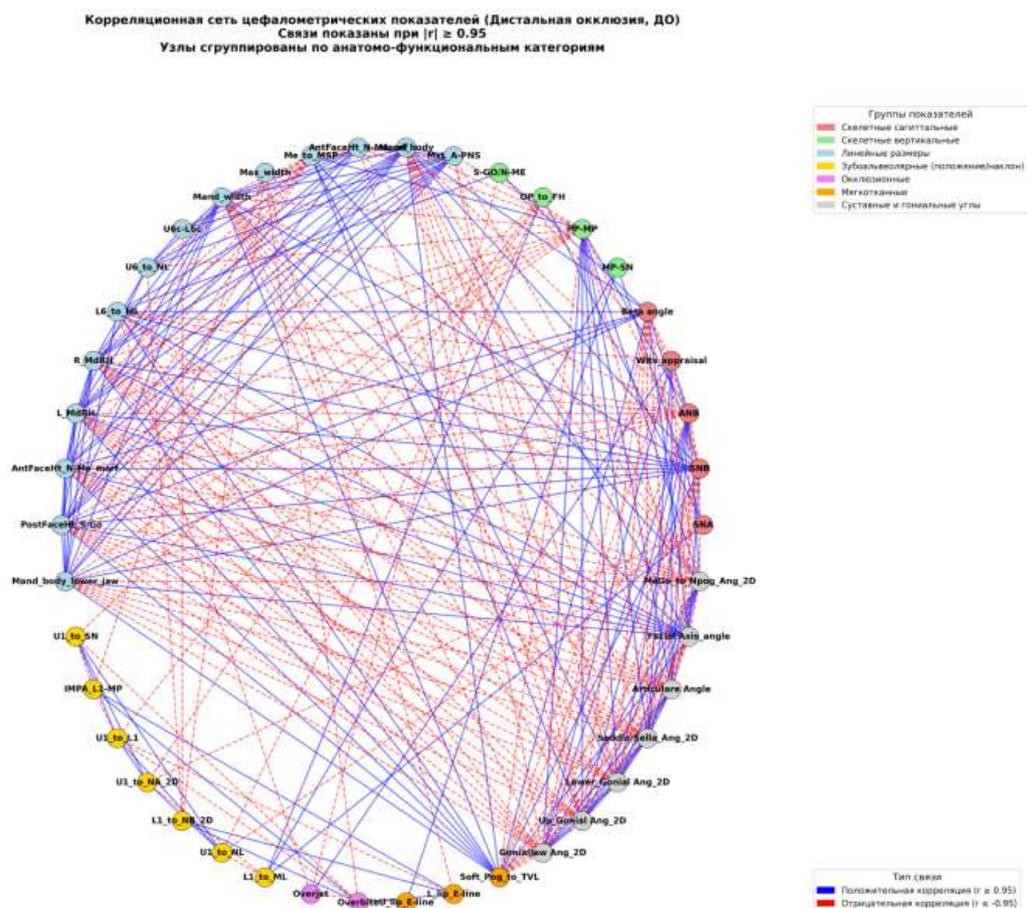
Таблица 12 - Распределение пациентов по типам роста лицевого черепа

| Параметр | Дистальная окклюзия | Мезиальная окклюзия | P |
|-------------------------------------|---------------------|---------------------|---|
| Тип роста по Jarabak/Shwartz | | | |
| Вертикальный (FMA>32, SN-GoGn>37) | 35 (52,2%) | 12 (20,7%) | |
| | | | |
| Горизонтальный (FMA<22, SN-GoGn<27) | 8 (11,9%) | 25 (43,1%) | |
| Нейтральный | 24 (35,8%) | 21 (36,2%) | |

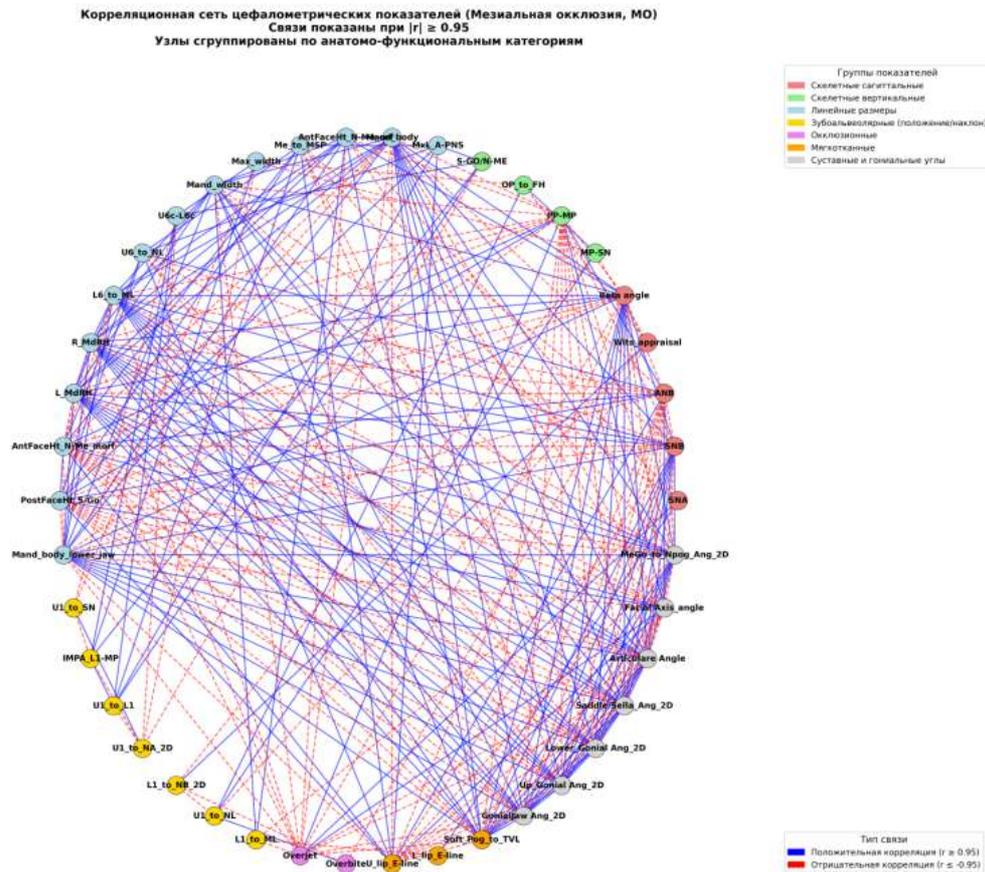
Таким образом, цефалометрический анализ не только объективно подтвердил структуру скелетных диспропорций, но и выявил различия в сопутствующих параметрах: для дистальной окклюзии характерен вертикальный тип роста, для мезиальной — горизонтальный. Этот фактор, наряду со степенью зубоальвеолярной компенсации, является критически важным для прогнозирования биомеханической сложности ортодонтической

декомпенсации и должен учитываться при формировании индивидуального плана ортодонтического лечения.

В рамках анализа структуры взаимосвязей цефалометрических параметров были исследованы матрицы парных коэффициентов корреляции Пирсона. Целью анализа являлось выявление паттернов взаимовлияний, характерных для каждого типа скелетных аномалий, что имеет значение для прогнозирования особенностей ортодонтической декомпенсации и планирования хирургического вмешательства (Рисунок 44). Все 42 показателя были предварительно сгруппированы в 8 анатомо-функциональных блока: 1) Скелетные сагиттальные, 2) Скелетные вертикальные, 3) Линейные размеры, 4) Зубоальвеолярные (положение/наклон), 5) Оклюзионные, 6) Мягкотканые, 7) Суставные и гониальные углы, 8) Параметр асимметрии.



A



Б

Рисунок 44 - Графы корреляционных взаимосвязей между цефалометрическими параметрами у пациентов с ДО (А) и МО (Б)

Анализ был направлен на сравнение плотности сильных корреляционных связей как внутри этих блоков, так и между ними, в группах ДО и МО. Выявлен ряд кластеров с исключительно высокой и согласованной взаимосвязью в обеих группах. В обеих группах наблюдалась связь ($|r| \sim 0.995-1.0$) между показателями SNB, Mand_body, Soft_Pog_to_TVL и ANB (с обратным знаком). Это означает, что положение нижней челюсти (SNB), ее длина (Mand_body) и положение подбородка (Soft_Pog) изменяются строго согласованно, формируя единый сагиттальный комплекс. В группе МО выявлен жесткий кластер, включающий Up_Gonial_Ang_2D, Lower_Gonial_Ang_2D, PostFaceHt_SGo, MeGo_to_Npog_Ang_2D и SNB (все $|r|=1.0$ или -1.0). В группе ДО этот кластер также чрезвычайно плотный ($|r| > 0.99$), но его центральным элементом является Mand_body, а не SNB. Это демонстрирует, что при обоих типах окклюзии архитектура угла нижней челюсти, его составляющих и задней высоты лица представляет собой

жестко интегрированную систему, но в МО она прямо сопряжена с сагиттальным положением челюсти (SNB), а в ДО – с ее длиной (Mand_body).

Корреляционная сеть в группе МО характеризуется более высокой плотностью взаимосвязей, что может свидетельствовать о более сложных компенсаторных взаимодействиях между параметрами при данном типе аномалии. В группе ДО наблюдалась прямая сильная корреляция между SNB и ANB ($r = -0.998$), что подтверждает представление о нижней ретрогнатии как основном компоненте аномалии. В группе МО связь SNB и ANB также была сильной, но обратной ($r = -0.999$), что отражает противоположный характер скелетных соотношений. Параметр SNB в группе ДО выступал в роли системообразующего фактора, демонстрируя множественные умеренные корреляции с вертикальными и зубоальвеолярными параметрами, что указывает на его ключевую роль в системе компенсаторных механизмов. При МО SNB коррелировал преимущественно только с сагиттальными показателями, что может свидетельствовать о его меньшей интегрированности в вертикальные и зубоальвеолярные компенсаторные механизмы. При мезиальной окклюзии (МО) выявлены тесные взаимосвязи между: сагиттальными и вертикальными параметрами (ANB ↔ MP-SN), наклоном резцов и высотой лица (IMPA ↔ AntFaceHt), позицией губ и окклюзионной плоскостью (L_lip_E-line ↔ OP_to_FH).

Корреляционный анализ позволил выявить потенциальные риски ортодонтической подготовки при МО, связанные с взаимовлиянием сагиттальных и вертикальных параметров.

Специфика целевого планирования при ДО: SNB как системообразующий параметр коррелирует с 22 из 42 параметров (по данным матрицы). Сильнейшие связи: ANB (-0.998), Mand_body (-0.999), Soft_Pog (-1.0) Изменение SNB повлияет на множество других параметров. Относительная независимость вертикальных параметров: MP-SN, PP-MP слабо коррелируют с сагиттальными показателями. Можно воздействовать на сагиттальную плоскость, не рискуя изменить параметры в вертикальной.

Несмотря на противоположную типологию окклюзии, выявлен ряд кластеров с исключительно высокой взаимосвязью ($|r| \sim 0,995-1,0$) в обеих группах. Это указывает на фундаментальные биомеханические законы строения лицевого черепа.

При планировании хирургического перемещения нижней челюсти необходимо учитывать, что изменение SNB повлечёт за собой соответствующее изменение положения подбородка (коэффициент $\sim 0,98-1,0$), что позволяет точно прогнозировать эстетический результат.

При мезиальной окклюзии архитектура угла нижней челюсти напрямую сопряжена с её сагиттальным положением, то есть хирургическое изменение положения нижней челюсти при МО неизбежно повлияет на конфигурацию гониального угла и заднюю высоту лица, что должно учитываться при планировании остеотомии. В группе ДО центральным элементом является Mand_body. Это означает, что при дистальной окклюзии архитектура угла и высот лица в большей степени связана с длиной тела челюсти, чем с её положением.

Анализ линейных размеров челюстей (Таблица 13) выявил принципиальные различия, определяющие тактику хирургического лечения:

Таблица 13 - Анализ линейных размеров челюстей

| Параметр | ДО (Т0) | МО (Т0) | p | Хирургическая тактика |
|-------------|---------------|---------------|--------|----------------------------------|
| MxL (A-PNS) | 47,9 ± 3,5 мм | 48,2 ± 3,1 мм | | Дефицит длины ВЧ в обеих группах |
| Mand_R | 67,5 ± 4,2 мм | 73,5 ± 4,6 мм | <0,001 | Истинная макрогнатия при МО |
| R MdRH | 42,7 ± 5,1 мм | 47,5 ± 5,5 мм | <0,001 | Увеличение высоты ветви при МО |

Увеличение гониального угла при МО ($128,5 \pm 8,2^\circ$ против $124,5 \pm 7,5^\circ$ при ДО, $p < 0,01$) в сочетании с увеличенной высотой ветви создаёт специфическую морфологию, требующую особого внимания при планировании остеотомии. Полученные данные обосновывают дифференцированный подход к

планированию ортогнатической хирургии в зависимости от типа окклюзии и индивидуальных морфологических особенностей.

Таким образом, у пациентов с мезиальной окклюзией ортодонтическая подготовка требует максимального контроля над вертикальными параметрами, особенно, над экструзией моляров. Неконтролируемые вертикальные изменения могут привести к цепной реакции: усилению мезиального сдвига, вертикальной резцовой дизокклюзии и существенному усложнению хирургического этапа.

3.3.2. Результаты оценки состояния ВНЧС

Для оценки морфологического состояния височно-нижнечелюстного сустава всем пациентам (51 с дистальной окклюзией, 35 с мезиальной окклюзией) на этапе T0 было проведено КЛКТ-исследование ВНЧС с анализом параметров в сагиттальной и коронарной плоскостях по усовершенствованной методике (Рисунок 45). Результаты представлены в Таблице 14.

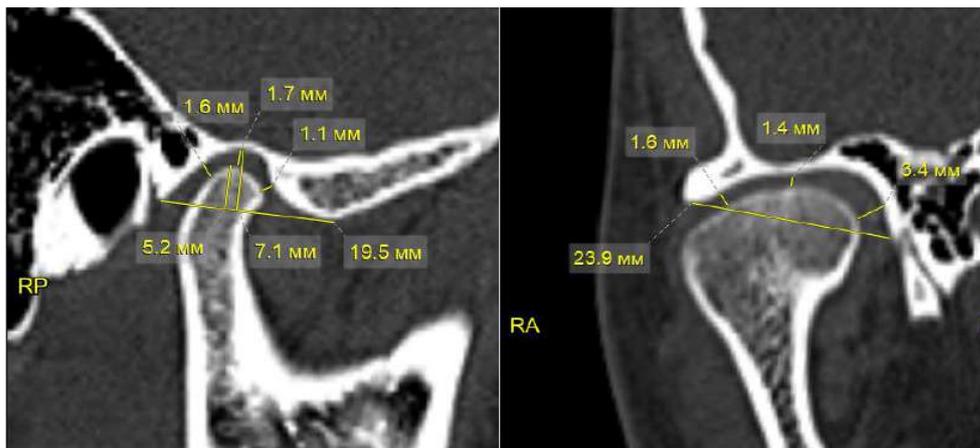


Рисунок 45 - Измерение линейных параметров ВНЧС в кососагиттальной плоскости (а) и в трансверсальной плоскости (б) (пояснения – в тексте) у пациента со СФМО

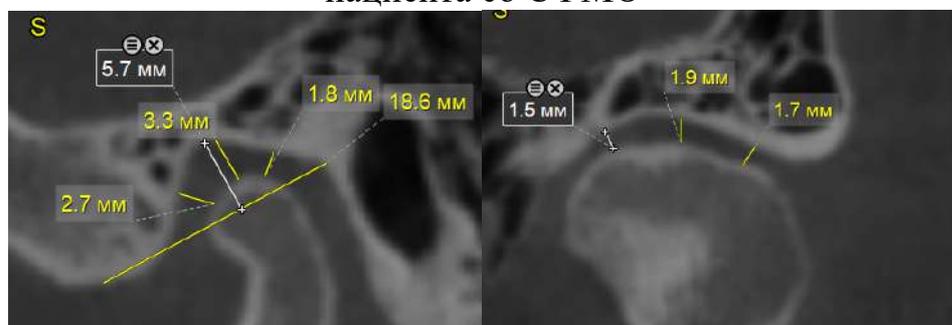


Рисунок 46 - Измерение линейных параметров ВНЧС в кососагиттальной плоскости (а) и в трансверсальной плоскости (б) (пояснения – в тексте) у пациента со СФДО

Таблица 14- Морфометрические параметры ВНЧС по данным КЛКТ у пациентов с дистальной (ДО) и мезиальной (МО) окклюзией ($M \pm m$, мм)

Сагиттальная плоскость

| Параметр | Сторона | ДО (n=51) | МО (n=35) | p-value |
|-------------------------|---------|--------------------|--------------------|------------------|
| Длина суставной ямки | Левая | 18,34 ± 0,76 | 20,34 ± 0,76 | 0,898 |
| | Правая | 18,22 ± 0,71 | 21,22 ± 0,71 | 0,256 |
| Высота суставной ямки | Левая | 5,94 ± 0,80 | 7,94 ± 0,80 | 0,876 |
| | Правая | 5,18 ± 0,46 | 7,18 ± 0,46 | 0,493 |
| Передняя суставная щель | Левая | 2,88 ± 0,19 | 1,88 ± 0,19 | <0,001 |
| | Правая | 3,16 ± 0,30 | 2,16 ± 0,30 | <0,001 |
| Средняя суставная щель | Левая | 3,14 ± 0,28 | 3,14 ± 0,28 | 0,799 |
| | Правая | 3,08 ± 0,41 | 3,08 ± 0,41 | 0,554 |
| Задняя суставная щель | Левая | 1,58 ± 0,44 | 2,58 ± 0,44 | <0,001 |
| | Правая | 1,56 ± 0,32 | 2,56 ± 0,32 | <0,001 |

Корональная плоскость

| Параметр | Сторона | ДО (n=51) | МО (n=35) | P-value |
|---------------------------|---------|-------------|-------------|---------|
| Внутренняя суставная щель | Левая | 2,64 ± 0,29 | 3,44 ± 0,31 | 0,447 |
| | Правая | 2,72 ± 0,57 | 3,52 ± 0,59 | 0,866 |
| Средняя суставная щель | Левая | 3,20 ± 0,43 | 4,00 ± 0,45 | 0,523 |
| | Правая | 2,62 ± 0,33 | 3,42 ± 0,35 | 0,772 |
| Наружная суставная щель | Левая | 2,60 ± 0,25 | 3,40 ± 0,27 | 0,646 |
| | Правая | 2,04 ± 0,18 | 2,84 ± 0,20 | 0,828 |

При анализе размеров суставной ямки выявлена отчётливая тенденция к увеличению всех параметров в группе пациентов с мезиальной окклюзией. Длина ямки при МО составила 20,34–21,22 мм по сравнению с 18,22–18,34 мм при ДО; высота ямки — 7,18–7,94 мм по сравнению с 5,18–5,94 мм соответственно. Морфометрический анализ ВНЧС выявил статистически значимые различия в параметрах суставной щели между группами дистальной и мезиальной окклюзии ($p < 0,001$). В группе ДО наблюдалось расширение передней суставной щели (2,88–3,16 мм) и сужение задней (1,56–1,58 мм), что соответствует дистальному положению мышечка. В группе МО, напротив, отмечено сужение передней щели (1,88–2,16 мм) и расширение задней (2,56–2,58 мм), что отражает переднее положение головки нижней челюсти. Средняя суставная щель оставалась стабильной в обеих группах (3,08–3,14 мм; $p > 0,05$).

У 12 пациентов (23,5%) в группе ДО было выявлено привычное переднее положение нижней челюсти (разница между привычной окклюзией и центральным соотношением ≥ 3 мм). Параметры ВНЧС у этих пациентов демонстрировали смещение головок кпереди, что сближало показатели с группой МО. Однако при статистическом анализе с учётом данного феномена основные закономерности сохранялись ($p < 0,05$). Привычное переднее положение нижней челюсти у части пациентов с ДО может быть связано с компенсаторными механизмами, направленными на улучшение проходимости дыхательных путей (Bailey, 2013; Okeson, 2013). Данный феномен, описанный в литературе как «ложная прогнатия», влияет на положение головок ВНЧС в суставной ямке, сближая параметры суставных щелей между группами ДО и МО и объясняя некоторую вариабельность полученных данных. Тем не менее, статистически значимые различия по ключевым параметрам сохраняются, что подтверждает преобладание типичной биомеханической картины для каждой из исследуемых скелетных форм.

Важно подчеркнуть, что выявленные изменения носят адаптивный, а не дегенеративный характер, что подтверждается отсутствием клинических симптомов дисфункции и минимальной частотой структурных изменений (менее 12%).

Открытием настоящего исследования явилось выделение внутри дистальной окклюзии двух подгрупп с противоположным положением головок нижней челюсти:

1. Подгруппа с передним положением головки ($n=12$; 23,5%): ассоциирована с привычным передним положением нижней челюсти. У этих пациентов отмечалась тенденция к вертикальному типу роста и более выраженной протрузии нижних резцов.
2. Подгруппа с дистальным положением головки ($n=39$; 76,5%): включала пациентов с типичным для дистальной окклюзии задним положением мышечков, что соответствовало классической биомеханической картине.

Выявленные две различные компенсаторные стратегии при дистальной окклюзии отражают гетерогенность данной патологии и обосновывают необходимость дифференцированного подхода к планированию ортодонтической подготовки и ортогнатической хирургии.

Таким образом, положение ВНЧС является маркером глубинных биомеханических различий внутри диагноза «дистальная окклюзия»: не «дистальная окклюзия», а её конкретный патогенетический подтип определяет положение ВНЧС. Переднее положение головки — это маркер выраженного мышечного дисбаланса, который требует особого внимания при ортодонтической подготовке и планировании хирургического вмешательства.

3.3.3. Результаты МРТ-исследования височно-нижнечелюстных суставов у пациентов со скелетными формами ЗЧА

Для исключения органической патологии ВНЧС (артроз, анкилоз, опухоли), подтверждения отсутствия дислокаций диска, оценки позиции головки и диска всем пациентам было выполнено МРТ ВНЧС (Таблица 15).

МРТ-исследование ВНЧС подтвердило преобладание дистального положения головки нижней челюсти в группе ДО (82,4%) и переднего положения в группе МО (80,0%). У 23,3% пациентов выявлены бессимптомные нарушения соотношения диск–головка (частичные или полные дислокации с вправлением), не сопровождавшиеся клиническими признаками ДВНЧС. Частота всех изменений была сопоставима в группах ДО и МО ($p > 0,05$) и не превышала 12%, что соответствует возрастной норме для данной категории пациентов.

Таким образом, МРТ-данные не противоречили критерию отсутствия ДВНЧС, основанному на клиническом обследовании, и подтвердили адаптивный характер изменений ВНЧС у пациентов со скелетными формами зубочелюстных аномалий.

Таблица 15 - Результаты МРТ-исследования височно-нижнечелюстных суставов у пациентов со скелетными формами ЗЧА без признаков дисфункции (n=86)

| МРТ-признак | Вариант | ДО (n=51) | МО (n=35) | Всего (n=86) | p |
|--------------------------------|--------------------------------------|------------|------------|--------------|--------|
| Положение головки | Дистальное | 42 (82,4%) | 2 (5,7%) | 44 (51,2%) | <0,001 |
| | Центральное | 8 (15,7%) | 5 (14,3%) | 13 (15,1%) | |
| | Переднее | 1 (2,0%) | 28 (80,0%) | 29 (33,7%) | <0,001 |
| Соотношение диск–головка | Нормальное | 38 (74,5%) | 28 (80,0%) | 66 (76,7%) | |
| | Частичная дислокация с вправлением | 9 (17,6%) | 5 (14,3%) | 14 (16,3%) | |
| | Полная дислокация с вправлением | 4 (7,8%) | 2 (5,7%) | 6 (7,0%) | |
| | Без вправления | 0 | 0 | 0 | — |
| Дегенеративные изменения диска | Отсутствуют | 45 (88,2%) | 31 (88,6%) | 76 (88,4%) | |
| | Присутствуют (уплощение, истончение) | 6 (11,8%) | 4 (11,4%) | 10 (11,6%) | |
| Внутрисуставная жидкость | Норма | 45 (88,2%) | 32 (91,4%) | 77 (89,5%) | |
| | Умеренное увеличение | 6 (11,8%) | 3 (8,6%) | 9 (10,5%) | |
| Гипермобильность | Нет | 47 (92,2%) | 32 (91,4%) | 79 (91,9%) | |
| | Есть | 4 (7,8%) | 3 (8,6%) | | |

3.3.4. Результаты оценки состояния альвеолярной кости в области зубов верхней и нижней челюсти

Проведённый сравнительный анализ толщины альвеолярной кости на этапе Т0 выявил статистически значимые различия между группами пациентов с

дистальной (ДО, n=51) и мезиальной (МО, n=35) окклюзией. Результаты измерений представлены в Таблице 16.

Таблица 16 - Исходная толщина альвеолярной кости у пациентов с дистальной (ДО) и мезиальной (МО) окклюзией, $M \pm m$, мм

| Группа | Сегмент | Уровень от ЦЭС | Сторона | T0 ($M \pm m$) | p |
|--------|-------------------------------------|----------------|---------------|------------------|-------|
| 1А ДО | Верхние резцы (1.1, 2.1) | 3 мм | Вестибулярная | $1,2 \pm 0,06$ | 0,015 |
| | Верхние резцы (1.1, 2.1) | 3 мм | Нёбная | $0,90 \pm 0,07$ | 0,055 |
| | Верхние резцы (1.1, 2.1) | 6 мм | Вестибулярная | $0,70 \pm 0,04$ | 0,055 |
| | Верхние резцы (1.1, 2.1) | 6 мм | Нёбная | $2,50 \pm 0,10$ | 0,055 |
| | Верхние резцы (1.1, 2.1) | 9 мм | Вестибулярная | $0,60 \pm 0,03$ | 0,062 |
| | Верхние резцы (1.1, 2.1) | 9 мм | Нёбная | $5,00 \pm 0,20$ | 0,450 |
| | Верхние клыки (1.3, 2.3) | 3 мм | Вестибулярная | $0,45 \pm 0,08$ | 0,065 |
| | Верхние клыки (1.3, 2.3) | 3 мм | Нёбная | $0,50 \pm 0,04$ | 0,072 |
| | Верхние клыки (1.3, 2.3) | 6 мм | Вестибулярная | $0,85 \pm 0,07$ | 0,041 |
| | Верхние клыки (1.3, 2.3) | 6 мм | Нёбная | $1,6 \pm 0,08$ | 0,004 |
| | Верхние клыки (1.3, 2.3) | 9 мм | Вестибулярная | $0,60 \pm 0,03$ | 0,058 |
| | Верхние клыки (1.3, 2.3) | 9 мм | Нёбная | $3,80 \pm 0,15$ | 0,063 |
| | Верхние премоляры (1.4,2.4;1.5,2.5) | 3 мм | Вестибулярная | $0,90 \pm 0,06$ | 0,067 |
| | Верхние премоляры (1.4,2.4;1.5,2.5) | 3 мм | Нёбная | $0,30 \pm 0,06$ | 0,071 |
| | Верхние премоляры (1.4,2.4;1.5,2.5) | 6 мм | Вестибулярная | $1,90 \pm 0,09$ | 0,048 |

| | | | | |
|-------------------------------------|------|---------------|-----------------|-------|
| Верхние премоляры (1.4,2.4;1.5,2.5) | 6 мм | Нёбная | $1,80 \pm 0,13$ | 0,077 |
| Верхние премоляры(1.4,2.4;1.5,2.5) | 9 мм | Вестибулярная | $1,40 \pm 0,08$ | 0,120 |
| Верхние премоляры (1.4,2.4;1.5,2.5) | 9 мм | Нёбная | $4,40 \pm 0,15$ | 0,380 |
| Нижние резцы (3.1, 4.1) | 3 мм | Вестибулярная | $0,80 \pm 0,06$ | 0,055 |
| Нижние резцы (3.1, 4.1) | 3 мм | Язычная | $0,70 \pm 0,04$ | 0,028 |
| Нижние резцы (3.1, 4.1) | 6 мм | Вестибулярная | $0,65 \pm 0,03$ | 0,058 |
| Нижние резцы (3.1, 4.1) | 6 мм | Язычная | $0,95 \pm 0,07$ | 0,016 |
| Нижние резцы (3.1, 4.1) | 9 мм | Вестибулярная | $1,10 \pm 0,04$ | 0,067 |
| Нижние резцы (3.1, 4.1) | 9 мм | Язычная | $0,65 \pm 0,08$ | 0,069 |
| Нижние клыки (3.3, 4.3) | 3 мм | Вестибулярная | $0,60 \pm 0,08$ | 0,061 |
| Нижние клыки (3.3, 4.3) | 3 мм | Язычная | $0,55 \pm 0,09$ | 0,059 |
| Нижние клыки (3.3, 4.3) | 6 мм | Вестибулярная | $0,70 \pm 0,06$ | 0,052 |
| Нижние клыки (3.3, 4.3) | 6 мм | Язычная | $1,20 \pm 0,11$ | 0,052 |
| Нижние клыки (3.3, 4.3) | 9 мм | Вестибулярная | $0,90 \pm 0,07$ | 0,052 |
| Нижние клыки (3.3, 4.3) | 9 мм | Язычная | $1,80 \pm 0,11$ | 0,062 |
| Нижние премоляры (3.4,4.4;3.5,4.5) | 3 мм | Вестибулярная | $0,65 \pm 0,05$ | 0,059 |
| Нижние премоляры (3.4,4.4;3.5,4.5) | 3 мм | Язычная | $0,70 \pm 0,08$ | 0,067 |
| Нижние премоляры (3.4,4.4;3.5,4.5) | 6 мм | Вестибулярная | $0,80 \pm 0,06$ | 0,063 |
| Нижние премоляры | 6 мм | Язычная | $4,70 \pm 0,22$ | 0,250 |

| | | | | | |
|--------------|---|------|--------------------|-----------------|-------|
| | (3.4,4.4;3.5,4.5) | | | | |
| | Нижние премоляры (3.4,4.4;3.5,4.5) | 9 мм | Вестибу- лярная | $0,90 \pm 0,07$ | 0,067 |
| | Нижние премоляры (3.4,4.4;3.5,4.5) | 9 мм | Язычная | $3,80 \pm 0,18$ | 0,069 |
| 1Б МО | Верхние резцы (1.1, 2.1) | 3 мм | Вестибу- лярная | $0,5 \pm 0,03$ | 0,055 |
| | Верхние резцы (1.1, 2.1) | 3 мм | Нёбная | $2,95 \pm 0,12$ | 0,098 |
| | Верхние резцы (1.1, 2.1) | 6 мм | Вестибу- лярная | $0,70 \pm 0,04$ | 0,048 |
| | Верхние резцы (1.1, 2.1) | 6 мм | Нёбная | $3,10 \pm 0,11$ | 0,055 |
| | Верхние резцы (1.1, 2.1) | 9 мм | Вестибу- лярная | $0,75 \pm 0,06$ | 0,058 |
| | Верхние резцы (1.1, 2.1) | 9 мм | Нёбная | $4,00 \pm 0,14$ | 0,210 |
| | Верхние клыки (1.3, 2.3) | 3 мм | Вестибу- лярная | $0,70 \pm 0,05$ | 0,095 |
| | Верхние клыки (1.3, 2.3) | 3 мм | Нёбная | $0,85 \pm 0,08$ | 0,068 |
| | Верхние клыки (1.3, 2.3) | 6 мм | Вестибу- лярная | $0,75 \pm 0,05$ | 0,051 |
| | Верхние клыки (1.3, 2.3) | 6 мм | Нёбная | $2,65 \pm 0,13$ | 0,014 |
| | Верхние клыки (1.3, 2.3) | 9 мм | Вестибу- лярная | $0,45 \pm 0,03$ | 0,067 |
| | Верхние клыки (1.3, 2.3) | 9 мм | Нёбная | $3,30 \pm 0,14$ | 0,061 |
| | Верхние премоляры (1.4,2.4;1.5,2.5) | 3 мм | Вестибу- лярная | $0,50 \pm 0,07$ | 0,059 |
| | Верхние премоляры (1.4,2.4;1.5,2.5) | 3 мм | Нёбная | $0,70 \pm 0,05$ | 0,068 |
| | Верхние премоляры (1.4,2.4;1.5,2.5) | 6 мм | Вестибу- лярная | $0,90 \pm 0,07$ | 0,042 |
| | Верхние премоляры (1.4,2.4;1.5,2.5) | 6 мм | Нёбная | $1,70 \pm 0,11$ | 0,075 |
| | Верхние | 9 мм | Вестибу | $0,58 \pm 0,04$ | 0,085 |

| | | | | | |
|---|------|--------------------|--------|-----------------|-------|
| премоляры (1.4,2.4;1.5,2.5) | | | | | |
| | | | лярная | | |
| Верхние премоляры (1.4,2.4;1.5,2.5) | 9 мм | Нёбная | | $3,60 \pm 0,12$ | 0,450 |
| Нижние резцы (3.1, 4.1) | 3 мм | Вестибу- лярная | | $0,60 \pm 0,03$ | 0,030 |
| Нижние резцы (3.1, 4.1) | 3 мм | Язычная | | $0,65 \pm 0,06$ | 0,060 |
| Нижние резцы (3.1, 4.1) | 6 мм | Вестибу- лярная | | $0,55 \pm 0,05$ | 0,030 |
| Нижние резцы (3.1, 4.1) | 6 мм | Язычная | | $0,78 \pm 0,05$ | 0,055 |
| Нижние резцы (3.1, 4.1) | 9 мм | Вестибу- лярная | | $0,65 \pm 0,09$ | 0,065 |
| Нижние резцы (3.1, 4.1) | 9 мм | Язычная | | $1,10 \pm 0,08$ | 0,051 |
| Нижние клыки (3.3, 4.3) | 3 мм | Вестибу- лярная | | $0,50 \pm 0,02$ | 0,023 |
| Нижние клыки (3.3, 4.3) | 3 мм | Язычная | | $0,45 \pm 0,02$ | 0,048 |
| Нижние клыки (3.3, 4.3) | 6 мм | Вестибу- лярная | | $0,50 \pm 0,06$ | 0,065 |
| Нижние клыки (3.3, 4.3) | 6 мм | Язычная | | $1,10 \pm 0,09$ | 0,095 |
| Нижние клыки (3.3, 4.3) | 9 мм | Вестибу- лярная | | $0,50 \pm 0,07$ | 0,001 |
| Нижние клыки (3.3, 4.3) | 9 мм | Язычная | | $1,60 \pm 0,13$ | 0,058 |
| Нижние премоляры (3.4,4.4;3.5,4.5) | 3 мм | Вестибу- лярная | | $0,55 \pm 0,06$ | 0,034 |
| Нижние премоляры (3.4,4.4;3.5,4.5) | 3 мм | Язычная | | $0,60 \pm 0,07$ | 0,058 |
| Нижние премоляры (3.4,4.4;3.5,4.5) | 6 мм | Вестибу- лярная | | $0,70 \pm 0,07$ | 0,059 |
| Нижние премоляры (3.4,4.4;3.5,4.5) | 6 мм | Язычная | | $2,85 \pm 0,14$ | 0,180 |
| Нижние премоляры | 9 мм | Вестибу- лярная | | $0,75 \pm 0,08$ | 0,064 |

| | | | | | |
|--|--|------|---------|-----------------|-------|
| | (3.4,4.4;3.5,4.5) | | | | |
| | Нижние премоляры (3.4,4.4;3.5,4.5) | 9 мм | Язычная | $3,20 \pm 0,15$ | 0,062 |

Наиболее выраженные различия между группами в отношении толщины альвеолярной кости отмечались в области верхних резцов. У пациентов с мезиальной окклюзией толщина вестибулярной пластинки на уровне 3 мм была значимо меньше, чем при дистальной окклюзии ($0,82 \pm 0,04$ мм против $1,15 \pm 0,05$ мм, $p < 0,001$) (Рисунок 47).

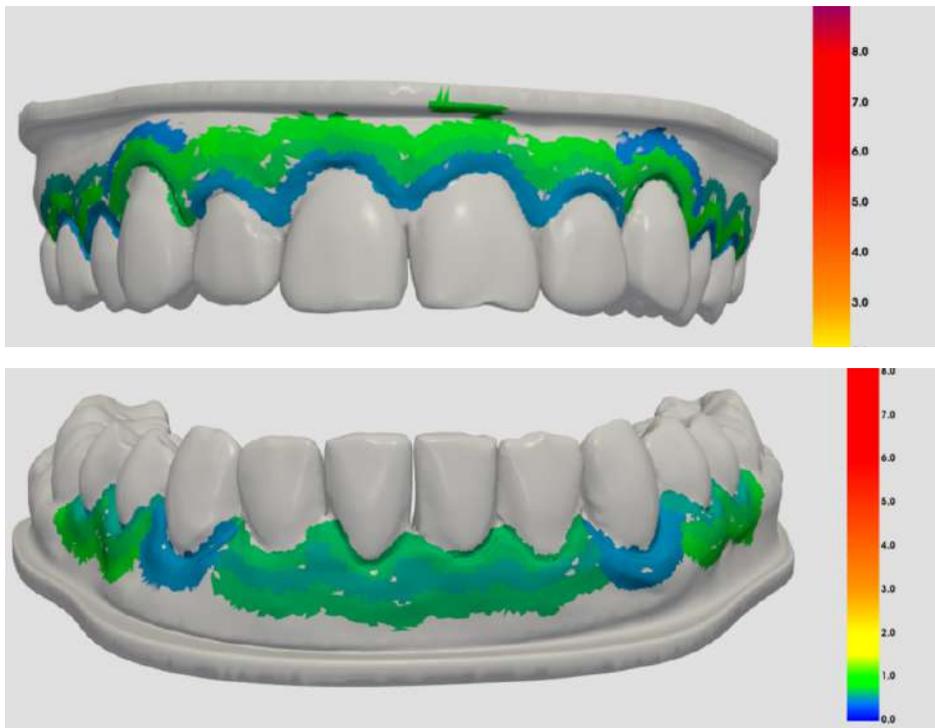


Рисунок 47 - Тепловая карта толщины альвеолярной кости в области зубов верхней и нижней челюсти при МО

При этом толщина нёбной пластинки на этом же уровне, напротив, была существенно больше при МО ($2,95 \pm 0,12$ мм против $1,25 \pm 0,06$ мм при ДО, $p < 0,001$) (Рисунок 48, 49).

Кросс-секции области зубов 2.1-2.5, 3.1-3.5 (II, III квадрант)

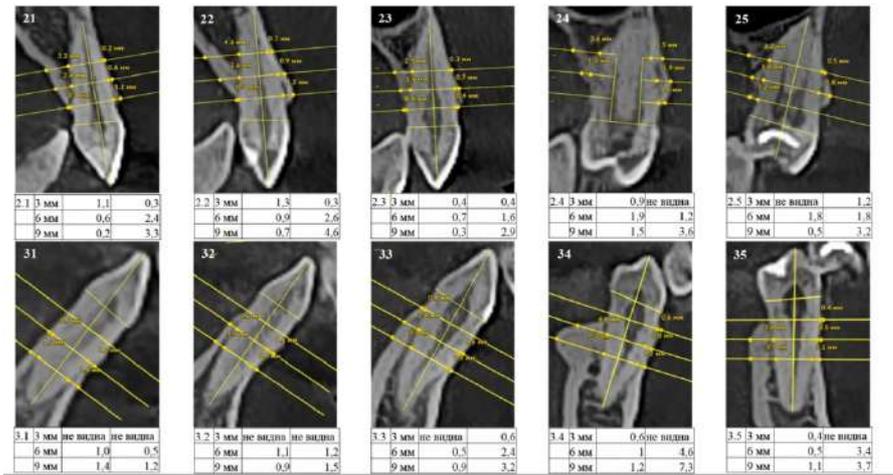


Рисунок 48 - Посрезовой анализ толщины кости в области зубов у пациента со СФДО

Кросс-секции области зубов 2.1-2.5, 3.1-3.5 (II, III квадрант)

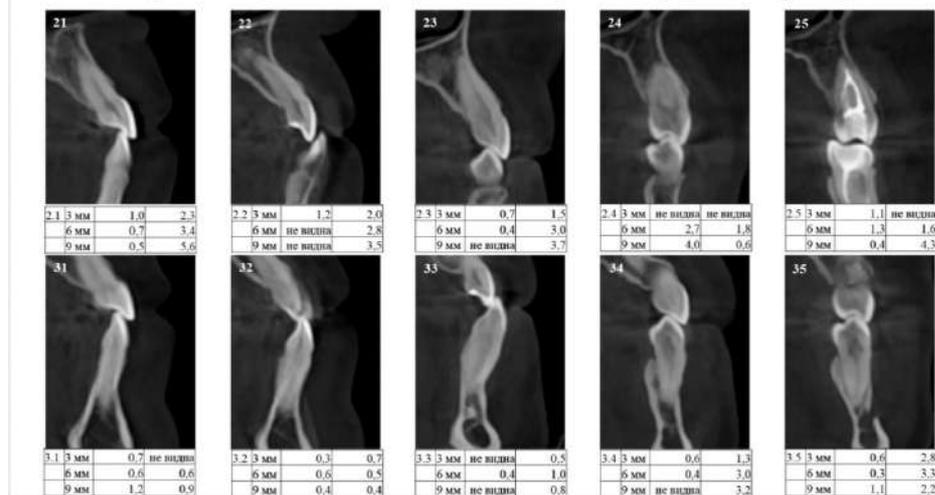


Рисунок 49 - Посрезовой анализ толщины кости в области зубов у пациента со СФМО

На уровне 6 мм сохранялась аналогичная тенденция: вестибулярная кость была тоньше при МО ($0,70 \pm 0,04$ мм и $0,90 \pm 0,06$ мм, $p < 0,05$), а нёбная — толще ($3,10 \pm 0,11$ мм и $2,50 \pm 0,10$ мм, $p < 0,001$). На уровне 9 мм вестибулярная кость была сопоставима в обеих группах ($0,75-0,80$ мм, $p > 0,05$), тогда как с небной стороны кость при ДО значительно превышала таковую при МО ($5,00 \pm 0,20$ мм против $4,00 \pm 0,14$ мм, $p < 0,001$). В области верхних клыков наиболее значимые различия зафиксированы на уровне 6 мм: при МО вестибулярная кость была тоньше ($0,75 \pm 0,05$ мм против $1,05 \pm 0,07$ мм при ДО, $p < 0,001$), а нёбная — толще ($2,65 \pm 0,13$ мм против $1,60 \pm 0,08$ мм, $p < 0,001$). На уровне 9 мм вестибулярная кость при МО также была тоньше ($0,45 \pm 0,03$ мм против $0,60 \pm$

0,03 мм, $p < 0,001$). В области нижних резцов толщина вестибулярной кости на уровне 3 мм была меньше при МО ($0,60 \pm 0,03$ мм против $0,80 \pm 0,06$ мм при ДО, $p < 0,01$). На уровне 9 мм выявлена разнонаправленная динамика: при ДО вестибулярная кость была толще ($1,10 \pm 0,04$ мм против $0,65 \pm 0,09$ мм при МО, $p < 0,001$), а язычная кость, напротив, была толще при МО ($1,10 \pm 0,08$ мм против $0,65 \pm 0,08$ мм, $p < 0,001$).

Наиболее критическая ситуация выявлена в области **нижних клыков на уровне 9 мм**: толщина вестибулярной кости при МО составляла всего $0,50 \pm 0,07$ мм, что достоверно ниже, чем при ДО ($0,90 \pm 0,07$ мм, $p < 0,001$). Данный сегмент следует рассматривать как **зону наивысшего риска** при планировании ортодонтической декомпенсации у пациентов с мезиальной окклюзией.

Проведённый анализ позволил выявить принципиально разные костные фенотипы при дистальной и мезиальной окклюзии:

ДО Толстая вестибулярная кость в области верхних резцов и клыков, толстая язычная кость в области нижних резцов и премоляров, умеренная толщина нёбной кости

МО Выраженный дефицит вестибулярной кости во всех сегментах, особенно в области нижних клыков (0,50 мм), компенсаторно утолщенная нёбная кость в области верхних резцов

Толщина кости менее 1 мм **в области нижних резцов** была выявлена у пациентов обеих групп, что определяет данный сегмент как **зону повышенного риска** независимо от типа окклюзии. Критическое истончение вестибулярной кости ($< 0,6$ мм) в области нижних клыков при МО требует особого внимания и, вероятно, превентивного применения методов костной пластики при планировании ортодонтической декомпенсации.

3.4. Результаты оценки микроциркуляции в тканях пародонта с применением ЛДФ

Для объективной оценки гемодинамических изменений в тканях пародонта в процессе ортодонтической декомпенсации проведено исследование

микроциркуляции методом лазерной доплеровской флоуметрии (ЛДФ). Исследование выполнялось в области нижней челюсти — в области фронтальных (31–32; 41–42) и боковых (34–35; 44–45) зубов — на пяти временных точках: исходно, через 3, 6, 9 и 12 месяцев от начала лечения.

В группе пациентов с дистальной окклюзией исходные показатели перфузии варьировали в пределах 28–36 ПМ, что соответствует физиологической норме для тканей пародонта (Приложение). Наименьшие значения отмечены в области премоляров слева (34–35: $28,14 \pm 1,12$ ПМ), что может отражать исходную асимметрию жевательной нагрузки. Определена **асимметрия реакции**: правая сторона демонстрировала значительно более активную гиперемическую реакцию (особенно в области 44–45), что может быть связано с правосторонним доминированием жевания у пациентов с ДО.

3.5. Результаты оценки БЭА жевательных и височных мышц у пациентов со скелетными формами зубочелюстных аномалий

Проведён анализ биоэлектрической активности (БЭА) височных и жевательных мышц у 86 пациентов (51 с ДО, 35 с МО). Регистрация выполнялась в покое (q-) и при максимальном волевом смыкании (m-). Оценивались средние (ave) и максимальные (max) значения амплитуды (мкВ) (Таблица 17, Рисунок 50, 51).

Таблица 17 - Анализ биоэлектрической активности (БЭА) височных и жевательных мышц у пациентов со скелетными формами зубочелюстных аномалий

| | ДО | | | МО | | | ДО vs МО |
|--------------------|--------|-------|----------------|--------|-------|----------------|----------|
| | mean | m | M ± m | mean | m | M ± m | p_value |
| q_temporalis_D_ave | 64,75 | 11,28 | 64,75 ± 11,28 | 49,77 | 1,11 | 49,77 ± 1,11 | 0,00059 |
| q_masseter_D_ave | 56,90 | 6,59 | 56,9 ± 6,59 | 43,29 | 1,10 | 43,29 ± 1,1 | 0,07761 |
| q_temporalis_S_ave | 64,51 | 9,93 | 64,51 ± 9,93 | 50,60 | 2,24 | 50,6 ± 2,24 | 0,18012 |
| q_masseter_S_ave | 52,18 | 6,03 | 52,18 ± 6,03 | 41,51 | 0,48 | 41,51 ± 0,48 | 0,31727 |
| m_temporalis_D_ave | 192,22 | 19,39 | 192,22 ± 19,39 | 172,54 | 13,91 | 172,54 ± 13,91 | 0,89161 |
| m_masseter_D_ave | 163,88 | 15,82 | 163,88 ± 15,82 | 133,14 | 11,94 | 133,14 ± 11,94 | 0,36747 |
| m_temporalis_S_ave | 187,92 | 14,96 | 187,92 ± 14,96 | 171,03 | 14,91 | 171,03 ± 14,91 | 0,50400 |
| m_masseter_S_ave | 139,78 | 12,32 | 139,78 ± 12,32 | 130,83 | 13,44 | 130,83 ± 13,44 | 0,55579 |

Установлена высокая межиндивидуальная вариабельность (коэффициент вариации CV до 80–200%), особенно выраженная при МВС. Это указывает на необходимость анализа не средних значений, а **показателей симметрии и координации**.

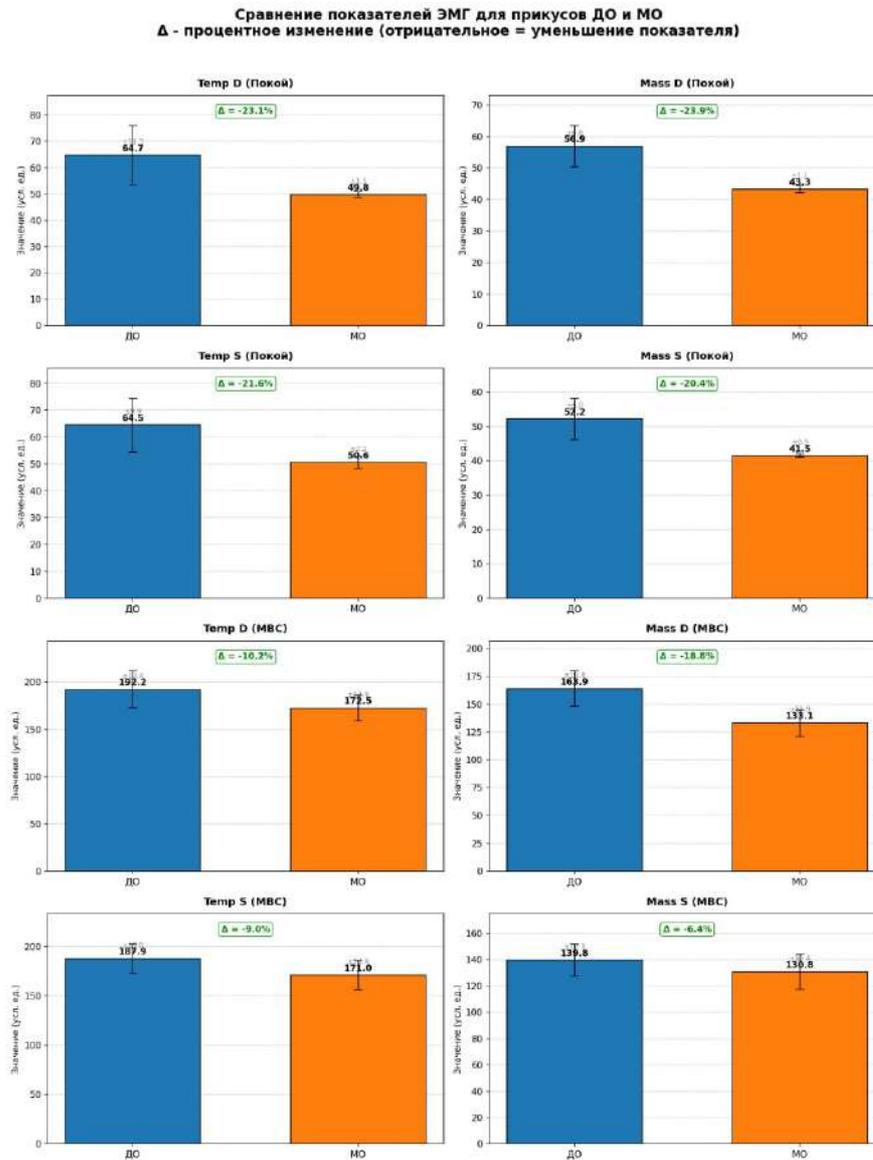


Рисунок 50 - Столбиковые диаграммы сравнения средних показателей ЭМГ для прикусов ДО и МО в покое и при МВС

Сравнение показателей ЭМГ для прикусов ДО и МО

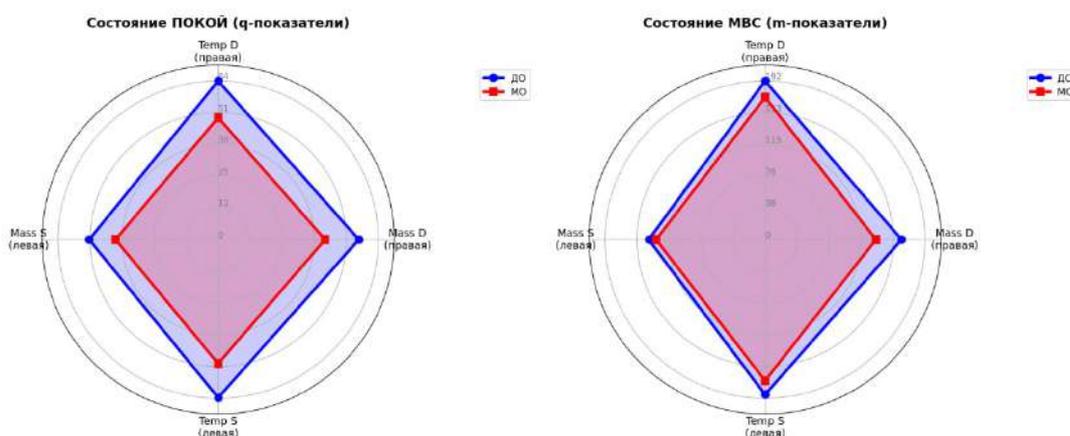


Рисунок 51- Радарные диаграммы сравнения показателей ЭМГ для прикусов ДО и МО

Проведен детальный анализ индексов, отражающих различные аспекты мышечной координации (Таблица 18).

Таблица 18 - Основные индексы функциональной симметрии ($M \pm m$)

| Индекс / Показатель | Дистальная окклюзия (ДО) | Мезиальная окклюзия (МО) | p |
|---------------------------------|--------------------------|--------------------------|-------------|
| ИСЖМ (жевательные мышцы) | | | |
| Покой (q_{ave}) | 89,1 ± 1,8 | 91,7 ± 1,8 | 0,14 |
| МВС (m_{max}) | 72,9 ± 2,9 | 66,5 ± 3,2 | 0,05 |
| ИСВМ (височные мышцы) | | | |
| МВС (m_{max}) | 70,7 ± 2,4 | 77,5 ± 3,3 | 0,02 |
| МИ (Массинерционный) | | | |
| МВС (m_{max}) | 67,3 ± 2,8 | 58,8 ± 3,1 | 0,05 |

Анализ индексов выявил принципиальные различия в функциональной организации мышц в зависимости от типа окклюзии:

1. В состоянии покоя у всех пациентов наблюдается приемлемая симметрия, однако пациенты с **МО** демонстрируют даже более высокую исходную симметрию жевательных мышц (ИСЖМ), чем пациенты с **ДО**. Это может быть следствием адаптивного повышения тонуса для стабилизации нижней челюсти.
2. При функциональной нагрузке (МВС) картина кардинально меняется: у пациентов с **МО** происходит **критическое падение симметрии** жевательных мышц (с 91.7 до 66.5). У пациентов с **ДО** симметрия жевательных мышц

остаётся относительно стабильной, но выявляется более низкая симметрия височных мышц (ИСВМ) и более стабильное положение **массинерционного центра (МИ)**. Это говорит о формировании устойчивого, хотя и патологического, паттерна жевания. Торсионный индекс (ТОРС) отражает сбалансированность работы мышечных пар, работающих по диагонали: правой височной с левой жевательной и левой височной с правой жевательной. Этот показатель является интегральным маркером **сложной координации всего жевательного аппарата**.

Анализ ТОРС выявил ряд важных закономерностей:

1. **Высокая корреляция между средними и максимальными значениями ($r = 0.81$)**. Это свидетельствует о стабильности индивидуального паттерна перекрестной координации.
2. **В состоянии покоя** значения ТОРС близки к идеальной симметрии (90–91%) и не различаются между группами. Это подтверждает, что базальный тонус не является дифференциальным признаком.
3. **У 16.3% пациентов** зафиксированы выраженные нарушения симметрии в обоих состояниях.

Корреляционный анализ выявил **умеренно положительную связь между ТОРС и ИСЖМ при нагрузке ($r = 0.58$)**. Это означает, что у пациентов, сохраняющих хорошую латеральную симметрию жевательных мышц, чаще наблюдается и более сбалансированная перекрестная координация.

Для количественной оценки различий мышечной активности между сторонами был рассчитан **коэффициент асимметрии (Кас)** по формуле:

$$\text{Кас} = \frac{\text{Активность левой мышцы}}{\text{Активность правой мышцы}}$$
, где за 1.0 принимается идеальная симметрия. Значения **Кас > 1.0** указывают на доминирование левой стороны, **Кас < 1.0** — на доминирование правой стороны (Таблица 19).

Полученные данные демонстрируют принципиально различные паттерны мышечного доминирования в зависимости от типа окклюзии:

1. В состоянии покоя коэффициенты асимметрии в обеих группах близки к 1.0 (0.98–1.02), что подтверждает отсутствие значимых функциональных нарушений в базальном тонусе.
2. При максимальной нагрузке (МВС) картина кардинально меняется:
 - В группе дистальной окклюзии выявлено стойкое правостороннее доминирование жевательных мышц ($K_{ас} = 0.84 \pm 0.21$). Это означает, что у пациентов с ДО правая жевательная мышца работает значительно интенсивнее левой, создавая асимметричную нагрузку на зубочелюстную систему.
 - В группе мезиальной окклюзии, напротив, наблюдается левостороннее доминирование височных мышц ($K_{ас} = 1.12 \pm 0.20$). Височные мышцы слева берут на себя компенсаторную нагрузку, пытаясь стабилизировать нижнюю челюсть в условиях измененной окклюзии.

Таблица 19 - Коэффициенты асимметрии жевательных и височных мышц ($M \pm SD$)

| Мышца / Проба | Дистальная окклюзия (ДО) | Мезиальная окклюзия (МО) | Интерпретация |
|-------------------------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|--|
| Жевательные мышцы (masseter) | | | |
| <i>В покое (q ave)</i> | $0,98 \pm 0,09$ | $1,01 \pm 0,08$ | Симметрия в покое в обеих группах |
| <i>При нагрузке (m max)</i> | $0,84 \pm 0,21$ | $0,96 \pm 0,24$ | ДО: выраженное правостороннее доминирование ($K < 1.0$) |
| Височные мышцы (temporalis) | | | |
| <i>В покое (q ave)</i> | $1,02 \pm 0,07$ | $0,99 \pm 0,07$ | Симметрия в покое в обеих группах |
| <i>При нагрузке (m max)</i> | $0,97 \pm 0,18$ | $1,12 \pm 0,20$ | МО: выраженное левостороннее доминирование ($K > 1.0$) |

В рамках многомерного анализа (FA/PCA) было установлено, что коэффициенты асимметрии жевательных и височных мышц при нагрузке имеют наибольшие факторные нагрузки по Factor 3 (координационный баланс). Это подтверждает, что $K_{ас}$ является ключевым, легко интерпретируемым маркером латентного фактора, отражающего межстороннюю координацию (Таблица 20).

Таблица 20 - Классификация функциональных типов (с пороговыми значениями Кас)

| Тип | Factor 3 | Кас (masseter, МВС) | Кас (temporalis, МВС) | Клинический профиль | Тактика |
|---------------------------------|----------------|---------------------|------------------------------|---|---|
| Гиперкомпенсаторный (I) | Высокий (>0.5) | <0,80 | > 1,20 | Мощный, но несбалансированный ответ, выраженная асимметрия. Чаще МО. | Приоритетная миофункциональная коррекция перед лечением. |
| Адаптивный (II) | Умеренный | 0,90–1,10 | 0,90–1,10 | Относительно сбалансированная работа. Характерен для ДО. | Миотерапия параллельно с лечением, контроль. |
| Гипофункциональный (III) | Низкий | > 1,10* | <0,90* | Сниженная активность, возможная гипотрофия. | Акцент на миостимуляцию и функциональный тренинг. |
| Дизкоординатный (IV) | Высокий (>0.5) | 0,90–1,10 | <0,80 или >1,20 | Изолированное нарушение координации височных мышц. | Углубленный анализ, специальные упражнения. |

** — при низком Factor 1 (общей активности)*

ЭМГ-исследование с применением многомерного анализа не просто подтвердило наличие мышечной дисфункции у пациентов со скелетными аномалиями, но и позволило математически описать два различных типа адаптации.

Визуализации ЭМГ-показателей по виду окклюзии

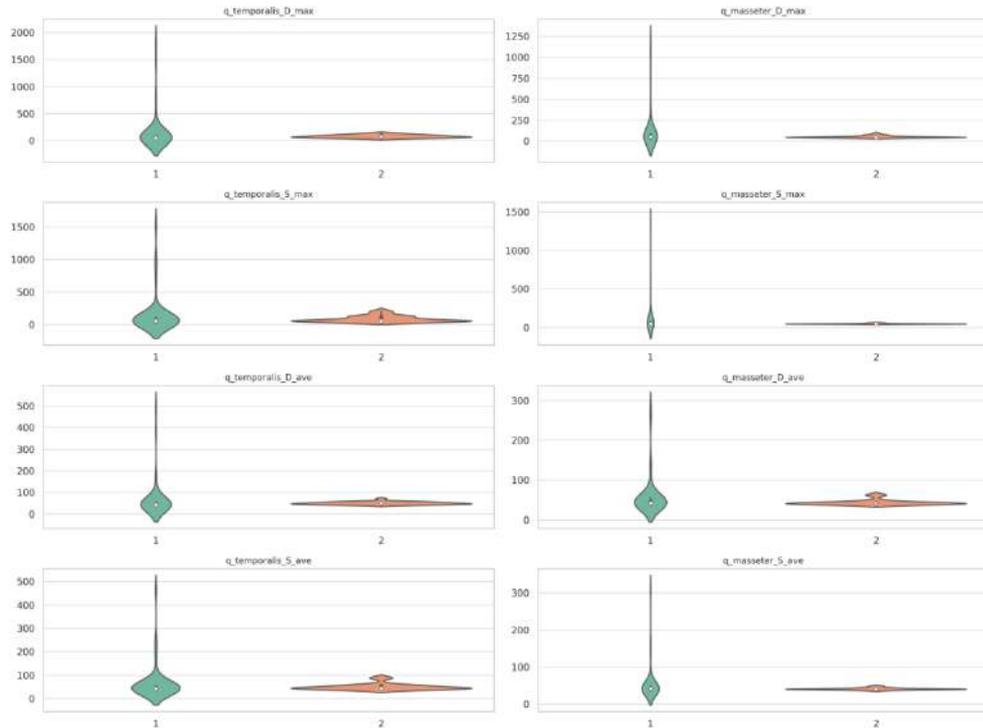


Рисунок 51 – Скрипачные диаграммы распределения ЭМГ-признаков в состоянии покоя по виду окклюзии: ДО (зеленый) и МО (оранжевый)

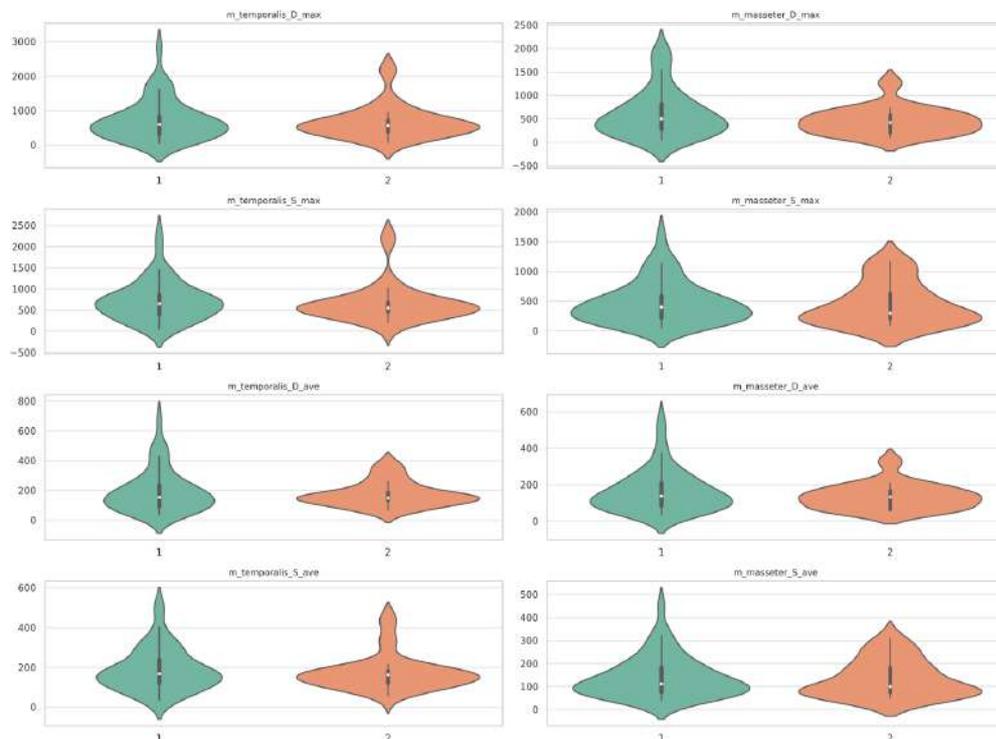


Рисунок 52 - Сочетание диаграмм размаха и графиков плотности (толстая черная полоса в центре - межквартильный диапазон; черная линия - доверительные интервалы с 95%-ной вероятностью; белая точка – медиана) 1-дистальная окклюзия, 2- мезиальная окклюзия

Анализ распределения 16 ЭМГ-признаков в разрезе ДО и МО выявил как общие тенденции, так и выраженные различия между группами. Для большинства показателей характерна умеренная симметрия распределений, однако, для ряда признаков наблюдаются смещения медиан и различия в дисперсиях, что указывает на потенциальные биомеханические различия в активности жевательной мускулатуры в зависимости от вида ЗЧА (Рисунок 51,52). Последний график показывает умеренное различие между группами, особенно в хвостах распределения, что может быть следствием индивидуальных особенностей биомеханики. Такая визуализация позволила детально сравнить активность каждой мышцы по группам прикуса, выявить биомеханические закономерности и сформировать основу для дальнейших статистических и клинических выводов.

В рамках группы с ДО (прикус 1) выполнено сравнение ЭМГ-показателей между мужчинами и женщинами. Визуализация в виде violin-графиков (скрипачных) выявила гендерные различия по ряду признаков, преимущественно касающиеся амплитуд при МВС, особенно в жевательных мышцах. Некоторые параметры демонстрируют более высокую медианную и максимальную активность у мужчин, что может указывать на половые особенности в мышечной активации. В рамках МО (прикус 2) проведён сравнительный анализ распределения ЭМГ-показателей между мужчинами и женщинами. Результаты демонстрируют наличие различий по полу для ряда признаков, преимущественно в амплитудных показателях при максимальном волевом смыкании. Особенно выражены различия по жевательным мышцам, что может отражать анатомо-функциональные особенности мускулатуры в зависимости от пола.

Для всех переменных была построена **матрица парных корреляций по Пирсону**, на основе которой создана **кластерная тепловая карта** с иерархической агрегацией признаков методом Уорда (Рисунок 53). Корреляционная матрица продемонстрировала наличие **множества выраженных положительных связей** между сходными по смыслу признаками.

Наиболее сильные корреляции ($r > 0.98$) выявлены между максимальными и средними значениями одного и того же параметра на одной и той же стороне: $q_masseter_S_max \leftrightarrow q_masseter_S_ave$ ($r = 0.995$), $q_temporalis_D_max \leftrightarrow q_temporalis_D_ave$ ($r = 0.991$), $m_masseter_S_max \leftrightarrow m_masseter_S_ave$ ($r = 0.981$), $m_temporalis_D_max \leftrightarrow m_temporalis_D_ave$ ($r = 0.975$).

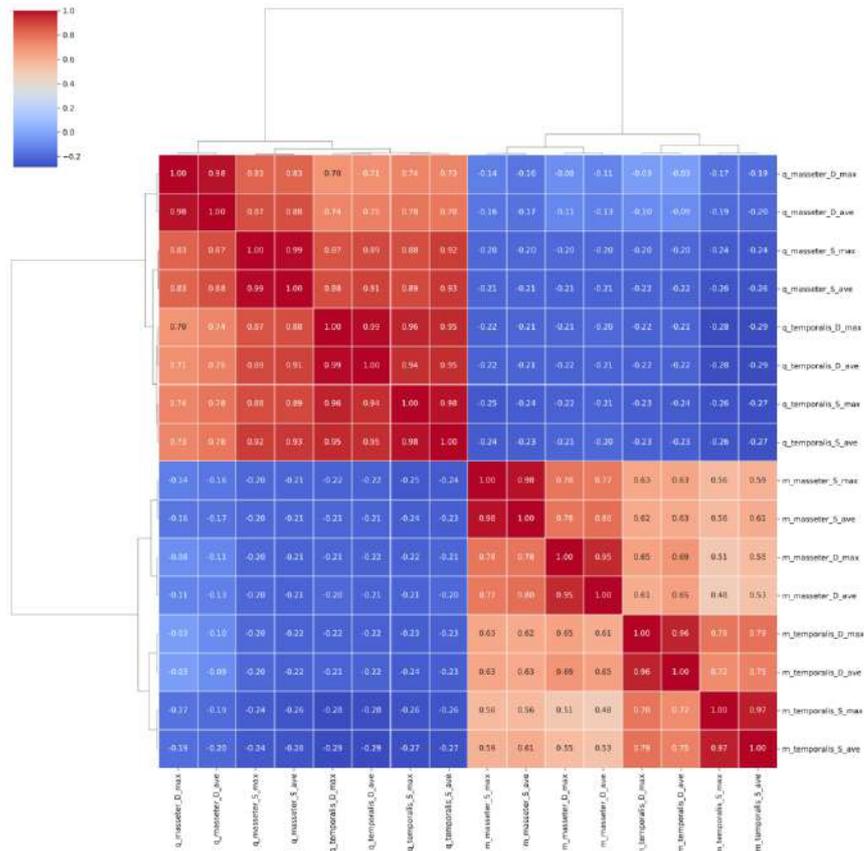


Рисунок 53 - Тепловая карта взаимосвязей ЭМГ-показателей

Такая высокая степень корреляции указывает на **стабильность и однородность физиологического сигнала** в соответствующих мышечных группах. В то же время корреляции между показателями **разных мышц**, а также между **левой и правой сторонами**, варьировались от низких до умеренных ($r = 0.2-0.6$), что может отражать **индивидуальные различия в паттернах активации мышц**.

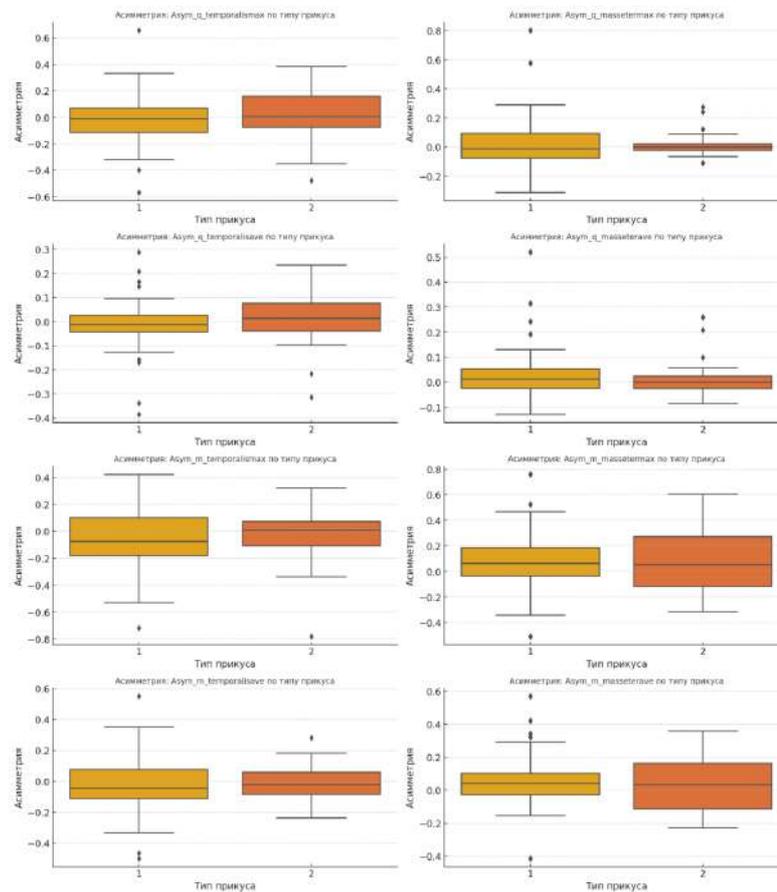


Рисунок 54 - Диаграммы “box plot” типов функциональной асимметрии мышечной активности

Построенные графики позволяют сделать заключение о том, что **вид окклюзии оказывает влияние на выраженность функциональной асимметрии** мышечной активности, особенно в условиях мышечного напряжения (Рисунок 54).

В состоянии покоя асимметрия минимальна и клинически незначима. Средние значения индексов близки к идеальной симметрии (100%): · $Asym_q_masseterave = +0.026$ (слегка вправо) · $Asym_q_temporalisave = -0.006$ (практически полная симметрия). Стандартные отклонения низкие (0.096–0.113), что подтверждает стабильность тонуса у большинства пациентов. При максимальной нагрузке (МВС) асимметрия становится выраженной и статистически значимой, особенно для жевательных мышц: · $Asym_m_massetermax = +0.082$ — указывает на устойчивое правостороннее доминирование жевательной мышцы при усилении. В состоянии покоя

статистически значимых различий между мужчинами и женщинами не выявлено.

Проведённый анализ не только подтвердил гипотезу о влиянии вида окклюзии на функцию мышц, но и позволил количественно определить пороговые значения ключевых параметров (индекса асимметрии, коэффициента вариации, нагрузок латентных факторов). Эти цифры служат основой для разработки объективных критериев диагностики мышечной дисфункции и оценки эффективности лечения.

В состоянии покоя у пациентов как с дистальным, так и с мезиальным прикусом отсутствуют статистически значимые отклонения в тонической активности жевательных и височных мышц. Значения индексов симметрии (ИСВМ, ИСЖМ) близки к 100%, что свидетельствует о физиологическом мышечном покое без выраженной асимметрии. Базальный тонус не может служить дифференциальным признаком для различения типов прикуса. При максимальном волевом сокращении выявлены клинически значимые паттерны, позволяющие стратифицировать пациентов. Проба МВС является ключевой диагностической нагрузкой для выявления окклюзионно-мышечных дисфункций. Асимметрия при МВС — ранний маркер функциональной дезадаптации. Оценка по трём факторам позволяет перейти от анализа отдельных мышц к оценке функциональной системы жевания в целом. О типологии пациентов по результатам кластеризации на основе нагрузочных параметров выделены три клинически значимых фенотипа: 1. Гиперкомпенсаторный тип (высокий Фактор 3) — выраженная асимметрия, характерна для декомпенсированных форм аномалий прикуса. 2. Адаптивный тип (сбалансированные факторы) — умеренная асимметрия, частичная компенсация. 3. Гипофункциональный тип (низкие значения всех факторов) — сниженная мышечная активность, возможная вторичная гипотрофия. Такая типология позволяет персонализировать план реабилитации: · Для 1-го типа — приоритет миофункциональной коррекции перед ортодонтическим лечением. ·

Для 2-го типа — комбинированный подход. · Для 3-го типа — акцент на миостимуляции и функциональном тренинге.

Анализ специализированных индексов выявил статистически значимые различия в функциональной симметрии жевательной мускулатуры и позиции нижней челюсти между пациентами с дистальной (ДО) и мезиальной (МО) окклюзией. **В покое (q_ИСЖМ_ave):** у пациентов с МО отмечается более высокая симметрия (91.72 ± 1.8) по сравнению с ДО (89.1 ± 1.8), что свидетельствует о лучшем функциональном балансе жевательных мышц в состоянии покоя при мезиальной окклюзии. **При максимальном сокращении (q_ISJM_max):** различие усиливается (90.06 ± 1.97 при МО против 80.4 ± 2.63 при ДО), однако **при функциональной нагрузке (m_ISJM_max)** наблюдается обратная картина: у пациентов с ДО выше симметрия (72.93 ± 2.9 против 66.55 ± 3.23 при МО) (Таблица 21).

Таблица 21 - Средние значения индексов при ДО и МО (M ± m, мкВ)

| Индекс/проба/амплитуда | ДО | МО | p_value (bite 1 vs 2) |
|------------------------|--------------|--------------|-----------------------|
| q_ИСВМ_ave | 87,8 ± 1,78 | 85,26 ± 2,11 | 0,289351168 |
| q_ISVM_max | 78,64 ± 2,57 | 74,62 ± 3,48 | 0,484611608 |
| m_ISVM_ave | 77,66 ± 2,41 | 82,43 ± 1,91 | 0,267992277 |
| m_ISVM_max | 70,72 ± 2,4 | 77,49 ± 3,32 | 0,023323724 |
| q_ИСЖМ_ave | 89,1 ± 1,8 | 91,72 ± 1,8 | 0,141528054 |
| q_ISJM_max | 80,4 ± 2,63 | 90,06 ± 1,97 | 0,003859281 |
| m_ISJM_ave | 80,82 ± 2,49 | 76,07 ± 2,47 | 0,050961281 |
| m_ISJM_max | 72,93 ± 2,9 | 66,55 ± 3,23 | 0,112556516 |
| q_TOPC_ave | 89,43 ± 1,49 | 90,46 ± 1,52 | 0,68266446 |
| q_TORS_max | 80,99 ± 2,33 | 81,39 ± 2,67 | 0,785212434 |
| m_TORS_ave | 84,46 ± 1,98 | 85,32 ± 1,58 | 0,57367627 |
| m_TORS_max | 80,59 ± 2,38 | 77,5 ± 2,19 | 0,115580579 |
| q_MИ_ave | 87,51 ± 2,06 | 85,37 ± 1,77 | 0,081727345 |
| q_MIC_max | 74,25 ± 2,97 | 65,02 ± 3,12 | 0,019363271 |
| m_MIC_ave | 72,38 ± 2,47 | 68,31 ± 2,64 | 0,17579141 |
| m_MIC_max | 67,29 ± 2,84 | 58,79 ± 3,12 | 0,05203776 |

Пациенты с МО демонстрируют лучшую исходную симметрию жевательных мышц, но при функциональной нагрузке их симметрия значительно ухудшается, тогда как у пациентов с ДО отмечается относительная стабильность симметрии при переходе от покоя к нагрузке. **В покое**

(**q_ISVM_ave**): более высокая симметрия у пациентов с ДО (87.8 ± 1.78 против 85.26 ± 2.11 при МО). **При максимальном сокращении (m_ISVM_max)**: у пациентов с МО отмечается лучшая симметрия (77.49 ± 3.32 против 70.72 ± 2.4 при ДО).

Выявлены противоположные тенденции для височных мышц: при ДО лучше симметрия в покое, при МО — при максимальном сокращении, что отражает различные паттерны нейромышечной адаптации.

Показатели в целом сходны между группами, однако, отмечается тенденция к лучшей стабильности при максимальном сокращении у пациентов с ДО (**m_TORS_max**: 80.59 ± 2.38 против 77.5 ± 2.19 при МО).

Наиболее выраженные различия: у пациентов с ДО **значительно лучше симметрия при максимальном сокращении** (**q_MIC_max**: 74.25 ± 2.97 против 65.02 ± 3.12 при МО; **m_MIC_max**: 67.29 ± 2.84 против 58.79 ± 3.12).

У пациентов с ДО наблюдается более стабильное положение центра жевательного давления при функциональной нагрузке, тогда как у пациентов с МО отмечается выраженная асимметрия распределения жевательной нагрузки.

При дистальной окклюзии формируется **функционально стабильный паттерн** с относительным сохранением симметрии при переходе от покоя к нагрузке, особенно в отношении положения массинерционного центра. **При мезиальной окклюзии** отмечается **парадоксальная динамика**: хорошая исходная симметрия в покое значительно ухудшается при функциональной нагрузке, что указывает на **скрытую декомпенсацию** нейромышечной системы.

Критическим параметром является поведение массинерционного центра: его значительная асимметрия при МО (особенно **m_MIC_max**: 58.79 ± 3.12) свидетельствует о нарушении биомеханических условий жевания.

При максимальном сокращении у **всех пациентов** снижена симметрия жевательных мышц, особенно выражено при МО (66.55%), определена **выраженная асимметрия височных мышц**, у пациентов с МО определяется патологическое боковое смещение.

Более **половины** пациентов (54.7%) демонстрируют **устойчиво хорошую симметрию** при обоих режимах нагрузки—как при среднем, так и максимальном уровне мышечной активности. **29.1%** пациентов имеют **ухудшение** торсионной симметрии при максимальной активации—это может быть признаком мышечной дискоординации при пиковой нагрузке. **16.3%** показывают выраженные **нарушения симметрии в обоих режимах**, что требует дополнительной клинической оценки. Почти **половина (48.8%)** пациентов демонстрирует **симметрию ≥ 0.8** как в покое, так и при МВС. Однако у **37.2%** симметрия **ухудшается при МВС**, что может свидетельствовать о **перегрузке одной из жевательных мышц** при активной функции. Только **8.1%** демонстрируют улучшение при МВС (восстановление баланса). У **5.8%** пациентов выявлены выраженные асимметрии **в обоих состояниях**—потенциально клинически значимое нарушение. **Состояние покоя** у значительного числа пациентов выглядит более благоприятным, чем состояние при МВС, что может быть следствием защитных компенсаторных механизмов в покое и перегрузки одной из сторон при активной функции. **Почти треть пациентов демонстрируют ухудшение симметрии при МВС**, что может быть показанием для дополнительного функционального обследования и коррекции окклюзии/жевательной нагрузки.

Полученные результаты демонстрируют умеренную степень симметрии височных мышц в покое и при МВС. Уровень корреляции между этими состояниями составил **0.16**, что указывает на слабую положительную связь. В среднем, показатель симметрии **ниже при МВС** по сравнению с покоем (средняя разница – **0.072**). Только **около 34% пациентов** демонстрируют улучшение симметрии при переходе МВС, что указывает на наличие скрытых функциональных нарушений у части пациентов. Почти **47.7%** обследуемых демонстрировали удовлетворительную симметрию в обоих состояниях.

Корреляция между m_ISJM_ave и m_TORS_ave : $r = 0.582$.

Умеренно положительная корреляция между двумя индексами свидетельствует о том, что при улучшении латеральной симметрии жевательных

мышц чаще наблюдается также и повышение диагональной симметрии, особенно при функциональной нагрузке (МВС).

Почти **половина** пациентов при МВС сохраняет удовлетворительную симметрию как по латеральному, так и по торсионному индексу. У **почти четверти** наблюдаются нарушения по обоим индексам—такие пациенты требуют **особого внимания**, в том числе, функциональной диагностики и коррекции. Снижение симметрии при МВС по сравнению с покоем указывает на **функциональную нестабильность** жевательных мышц, особенно, в условиях нагрузки. Высокая доля изолированных нарушений (в первую очередь латеральной симметрии) подчеркивает необходимость детального анализа мышечной координации (Рисунок 55).

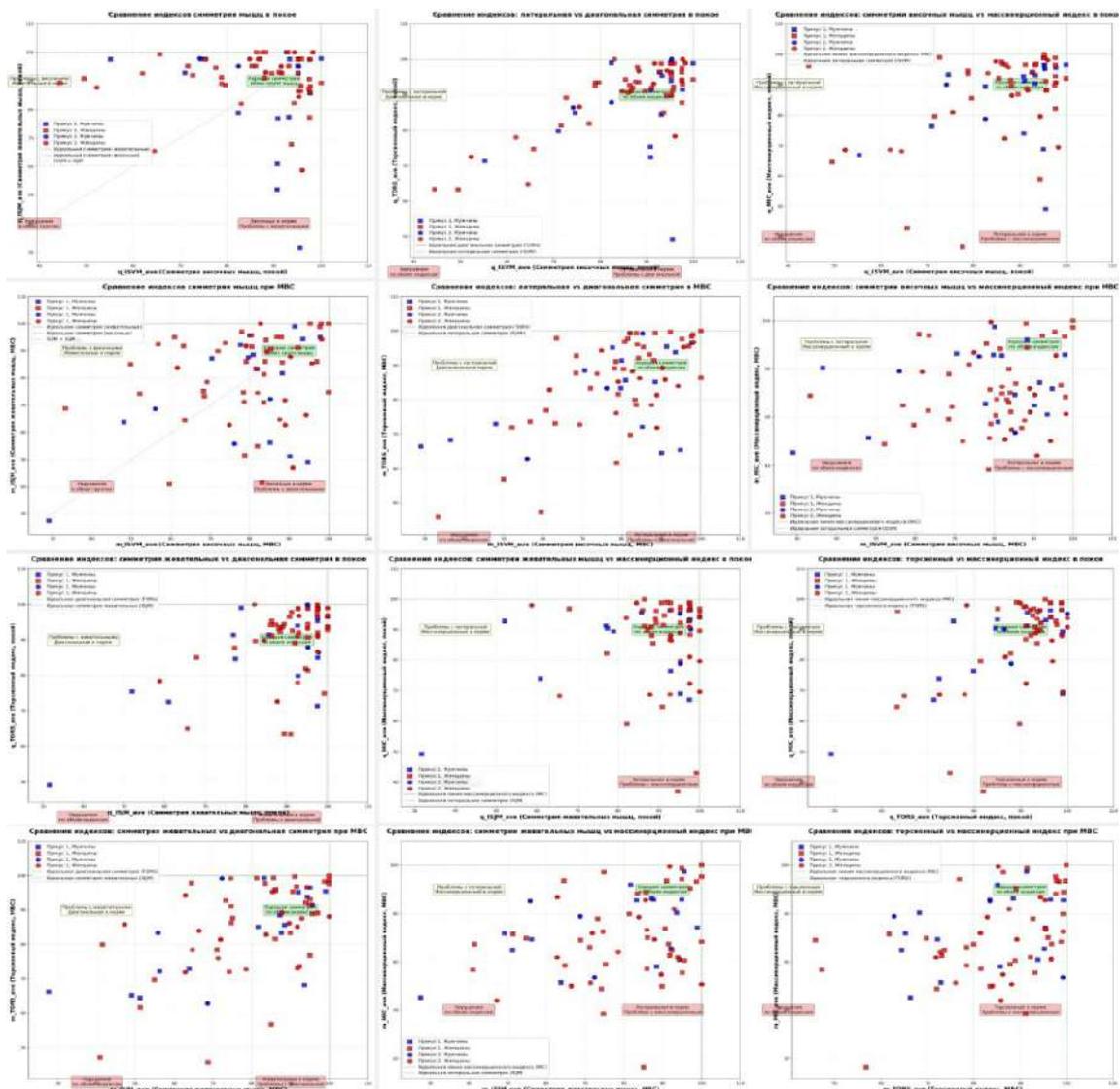


Рисунок 55 - Исследование взаимосвязи показателей симметрии жевательных мышц по диаграммам scatterplot

ЭМГ-исследование с применением многомерного анализа является клинически значимым методом объективной оценки функционального состояния жевательных мышц. Оно позволило: 1. Выявить доклинические формы мышечной дисфункции у пациентов с зубочлустными аномалиями. 2. Определить тип функциональной адаптации (компенсация/декомпенсация). 3. Обосновать необходимость миофункционального этапа в комплексном лечении. 4. Контролировать динамику на фоне ортодонтического лечения.

Тип окклюзии оказывает статистически значимое влияние на параметры мышечной активации, особенно, при нагрузке. В состоянии покоя различия между группами минимальны, что свидетельствует о схожем базальном тоне независимо от окклюзионных нарушений. При максимальном волевом сокращении (МВС) выявлены достоверные различия: Пациенты с аномалиями прикуса демонстрируют более выраженную асимметрию активации жевательных мышц. Наблюдается повышенная вариабельность нагрузочного ответа, что может указывать на компенсаторные механизмы или функциональную дезадаптацию. Наиболее чувствительным маркером влияния прикуса является асимметрия жевательных мышц при МВС ($Asym_m_massetermax$). Выявлена высокая межиндивидуальная вариабельность ЭМГ-показателей, требующая персонализированного подхода. Широкий разброс значений, особенно при МВС, указывает на существенные индивидуальные различия в мышечной активности. Кластерный анализ (K-means) позволил выделить три функциональных типа пациентов: 1. Гиперактивный тип — высокий нагрузочный ответ, возможная гиперфункция. 2. Сбалансированный тип — умеренная активность с хорошей симметрией. 3. Гипофункциональный тип — сниженная активация, возможная мышечная слабость. Это обосновывает необходимость типологического подхода в диагностике и планировании лечения. 4. Гендерные различия проявляются преимущественно в нагрузочных пробах. В состоянии покоя значимых различий между мужчинами и женщинами не выявлено. При МВС мужчины демонстрируют статистически более высокие значения амплитуд, особенно в

жевательных мышцах, что может быть связано с анатомо-физиологическими особенностями. 5. Приоритет нагрузочных проб: наиболее информативными для выявления дисфункций являются параметры МВС, а не покоя. Для оценки функционального статуса рекомендуется использовать не отдельные показатели, а их комбинации (латентные факторы, индексы асимметрии).

Проведённое исследование подтверждает гипотезу о существовании устойчивых функциональных паттернов активности жевательных мышц, ассоциированных с типом прикуса. Установлено, что наибольшее диагностическое значение имеют не абсолютные значения амплитуд, а параметры асимметрии и координации при нагрузке. Полученные данные обосновывают целесообразность включения ЭМГ-анализа с применением многомерных методов в комплексную диагностику пациентов с окклюзионными нарушениями для объективной оценки функционального состояния зубочелюстной системы и индивидуализации лечебно-реабилитационных мероприятий (Таблица 22).

Таблица 22 - Ключевые различия между группами:

| Параметр / Наблюдение | Дистальная окклюзия (прикус 1) | Мезиальная окклюзия (прикус 2) |
|------------------------------------|--|--|
| Общая тенденция при МВС | Более выраженная правосторонняя асимметрия, особенно в жевательных мышцах. | Менее выраженная асимметрия по сравнению с дистальной, но также склонность к нестабильности мышечного баланса. |
| Наиболее чувствительный показатель | Asym_m_massestermax — показывает наибольший сдвиг вправо при максимальном сжатии. | Также чувствителен, но с меньшим разбросом значений. |
| Разброс значений (вариативность) | Более широкий интервал разброса в покое и при МВС, особенно по жевательным мышцам. | Вариативность также выше нормы, но может быть менее выраженной, чем при дистальной окклюзии. |
| Височные мышцы при МВС | Менее выраженная левосторонняя тенденция по сравнению с мезиальной группой. | Чаще наблюдается левостороннее доминирование височных мышц при МВС (Asym_m_temporalis). |
| Сбалансированность в покое | Менее сбалансирована, чаще наблюдается функциональная асимметрия даже в покое. | В покое может быть ближе к норме, но при нагрузке проявляется асимметрия. |
| Клиническая интерпретация | Возможны адаптационные перегрузки правой | Может отражать компенсаторные |

| | | |
|--|---|---|
| | стороныжевательных мышц из-за морфологических особенностей прикуса. | паттерны с вовлечением височных мышц для стабилизации нижней челюсти. |
|--|---|---|

1. При дистальной окклюзии:
 - Наблюдается более выраженная правосторонняя асимметрия жевательных мышц при максимальном напряжении.
 - Высокая вариативность указывает на нестабильность мышечного контроля и возможные компенсаторные механизмы.
 - Височные мышцы менее активны при МВС
2. При мезиальной окклюзии:
 - Чаще наблюдается левостороннее доминирование височных мышц при МВС.
 - Асимметрия жевательных мышц менее выражена, но также присутствует.
 - Более высокий тонус в покое, что может указывать на хроническое напряжение мышц
 - Височные мышцы более активны
3. Общее для обеих групп:
 - Обе группы демонстрируют более высокую асимметрию и вариативность
 - Наиболее информативными показателями для дифференциации являются:
 - Asym_m_massetermax (правосторонняя асимметрия при дистальной окклюзии),
 - Asym_m_temporalis (левосторонняя тенденция при мезиальной окклюзии).

Скелетные аномалии окклюзии — это не только костные деформации, но и специфические нарушения мышечной функции, требующие дифференцированного подхода к предоперационной подготовке

Выраженная нижняя ретрогнатия создает устойчивую биомеханическую нестабильность. Нервно-мышечная система отвечает на эту задачу хроническим повышением тонуса жевательных и височных мышц, что объективно подтверждается данными ЭМГ (повышение активности в покое) и приводит к характерному переднему смещению суставных головок.

Мы выделили паттерн, объединяющий нижнюю ретрогнатия, вертикальный тип роста, протрузию резцов, гипертонус и переднее положение головок ВНЧС, как наиболее сложный для ортодонтической подготовки и последующего хирургического лечения.

3.6. Результаты компьютеризированной оценки окклюзии с применением системы Т-скан

Проведён анализ окклюзионных взаимоотношений у 86 пациентов (51 с ДО, 35 с МО) с использованием системы Т-скан. Оценивались: время достижения максимального межбугоркового контакта (МмБК), окклюзионный баланс, распределение нагрузки по сегментам и сила на первых молярах. Результаты представлены в Таблице 23.

Таблица 23 - Показатели состояния окклюзии по данным Т-Scan у пациентов с дистальной и мезиальной окклюзией ($M \pm m$)

| Параметр | Дистальная окклюзия (ДО, n=51) | Мезиальная окклюзия (МО, n=35) | p |
|---------------------------------|--------------------------------|--------------------------------|--------|
| Сагиттальная щель (Overjet), мм | +6,2 ± 1,6 | -2,5 ± 1,1 | <0,001 |
| Время МмБК, сек | 4,2 ± 0,8 | 3,5 ± 0,6 | <0,01 |
| Окклюзионный баланс | | | |
| Слева, % | 48,5 ± 4,5 | 52,0 ± 4,2 | |
| Справа, % | 51,5 ± 4,5 | 48,0 ± 4,2 | |
| Асимметрия, %* | 3,0 ± 0,8 | 4,0 ± 1,2 | <0,05 |
| Распределение нагрузки | | | |
| Передний сегмент, % | 5,0 ± 3,0 | 10,0 ± 4,0 | <0,001 |
| Задний сегмент, % | 95,0 ± 3,0 | 90,0 ± 4,0 | <0,001 |
| Сила на первых молярах, % | 28,0 ± 5,0 | 25,0 ± 5,0 | |

* — рассчитана как отклонение от 50% ($|\text{правая} - 50\%|$)*

МмБК-Максимальный межбугорковый контакт (независимый признак)

Время достижения максимального межбугоркового контакта (МмБК) является интегральным показателем, отражающим стабильность окклюзии. У пациентов с дистальной окклюзией этот показатель составил **4,2 ± 0,8 сек**, что статистически значимо выше, чем в группе мезиальной окклюзии (**3,5 ± 0,6 сек**; $p < 0,01$). Увеличение времени МмБК при ДО на 0,7 сек (20%) указывает на: отсутствие четких ориентиров для быстрого смыкания челюстей, необходимость дополнительного времени для нахождения устойчивого положения, при сагиттальной резцовой дизокклюзии (overjet +6,2 мм) передние зубы не участвуют в стабилизации окклюзии. При мезиальной окклюзии, несмотря на

наличие обратного резцового перекрытия, время МмБК оказалось меньше, что может свидетельствовать о более стабильном положении нижней челюсти.

Анализ распределения нагрузки между правой и левой сторонами выявил **зеркально противоположную направленность асимметрии:**

- При **дистальной окклюзии** нагрузка смещена **вправо** (51,5% справа, 48,5% слева)
- При **мезиальной окклюзии** нагрузка смещена **влево** (48,0% справа, 52,0% слева) (Рисунок 56).



Рисунок 56 - Диаграмма распределения показателей Т-скан в зависимости от вида окклюзии: красная линия-ДО, синий пунктир - МО

Абсолютная величина асимметрии, рассчитанная как отклонение от идеального баланса (50%), составила $3,0 \pm 0,8\%$ в группе ДО и $4,0 \pm 1,2\%$ в группе МО ($p < 0,05$). Хотя эти значения находятся в пределах клинически приемлемых ($< 5-6\%$), статистически значимое различие в направленности смещения имеет важное диагностическое значение.

Выявленная разнонаправленная асимметрия может служить дополнительным дифференциально-диагностическим признаком и, вероятно, отражает адаптационные изменения, связанные с:

- Асимметрией мышечной активности (подтвержденной данными ЭМГ, где при ДО доминирует правая жевательная мышца)
- Формированием привычного паттерна жевания на доминирующей стороне

- Компенсаторными смещениями нижней челюсти
Обе группы демонстрируют выраженный **задний тип окклюзионной схемы**, характерный для скелетных форм зубочелюстных аномалий. Однако степень вовлеченности переднего сегмента принципиально различается:
- При **дистальной окклюзии** нагрузка на передний сегмент минимальна — всего **5,0 ± 3,0%**. Это объясняется наличием сагиттальной резцовой дизокклюзии (6,2 мм): верхние и нижние резцы не контактируют, что минимизирует их участие в окклюзионной поддержке.
- При **мезиальной окклюзии** нагрузка на передний сегмент в 2 раза выше — **10,0 ± 4,0%** ($p < 0,001$). Несмотря на обратную резцовую дизокклюзию (-2,5 мм), резцы находятся в обратном перекрытии или прямом контакте, что создает точку опоры и увеличивает регистрируемую нагрузку.

Этот феномен имеет важные биомеханические последствия. У пациентов с МО наличие фронтальных контактов создает дополнительную точку опоры, что может стабилизировать положение нижней челюсти (что объясняет меньшее время МмБК).

Первые моляры остаются основной зоной окклюзионной нагрузки независимо от типа скелетной аномалии. Небольшое увеличение в группе ДО может косвенно подтверждать тезис о большей опоре на задние зубы при отсутствии контактов во фронтальном отделе.

Выявленные окклюзионные паттерны полностью согласуются с данными ЭМГ и цефалометрии, формируя целостную картину функциональных нарушений при скелетных формах ЗЧА.

3.7. Результаты стабилотрии

Для оценки влияния скелетных форм зубочелюстных аномалий на постуральную устойчивость всем пациентам (51 с дистальной окклюзией, 35 с мезиальной) на этапе T0 проведено стабилотрическое исследование с использованием компьютерной стабилотрии. Оценка проводилась в двух функциональных пробах: с открытыми глазами (сохраненная сенсорная

афферентация) и с закрытыми глазами (исключение зрительного контроля). Анализировались пять ключевых параметров: площадь статокинезиограммы (S), длина траектории центра давления (L), средняя скорость колебаний (V), сагиттальное смещение центра давления (X) и фронтальное смещение (Y). Результаты представлены в Таблице 24.

Таблица 24 - Исходные стабилметрические показатели у пациентов с дистальной и мезиальной окклюзией ($M \pm m$)

| Проба | Параметр | Дистальная окклюзия (ДО, n=51) | Мезиальная окклюзия (МО, n=35) | p |
|---------------|--------------------|--------------------------------|--------------------------------|-----------------|
| Глаза открыты | S, мм ² | 198,7 ± 16,2 | 151,3 ± 13,0 | 0,012 |
| | L, мм | 267,4 ± 12,0 | 254,8 ± 11,2 | >0,05 |
| | V, мм/с | 8,9 ± 0,39 | 8,5 ± 0,37 | >0,05 |
| | X, мм | -0,8 ± 0,96 | +0,2 ± 0,84 | <0,05 |
| | Y, мм | 54,2 ± 2,36 | 57,1 ± 2,43 | >0,05 |
| Глаза закрыты | S, мм ² | 234,6 ± 18,1 | 175,4 ± 13,8 | <0,01 |
| | L, мм | 376,2 ± 15,2 | 315,9 ± 14,5 | <0,01 |
| | V, мм/с | 12,5 ± 0,50 | 10,5 ± 0,47 | <0,05 |
| | X, мм | -0,9 ± 0,95 | +0,1 ± 0,83 | <0,05 |
| | Y, мм | 58,7 ± 2,45 | 59,8 ± 2,52 | >0,05 |

Площадь статокинезиограммы является интегральным показателем, отражающим общую устойчивость пациента (меньшая площадь соответствует лучшей устойчивости). В исходном состоянии выявлены **статистически значимые различия** между группами:

- При пробе с открытыми глазами: S = 198,7 ± 16,2 мм² при ДО против 151,3 ± 13,0 мм² при МО (p=0,012)
- При пробе с закрытыми глазами: S = 234,6 ± 18,1 мм² при ДО против 175,4 ± 13,8 мм² при МО (p<0,01)

Пациенты с дистальной окклюзией демонстрируют **значимо худшую поструральную устойчивость**, чем пациенты с мезиальной окклюзией. Площадь статокинезиограммы при ДО на 31% больше при открытых глазах и на 34% больше при закрытых глазах. Это может свидетельствовать о меньших

компенсаторных возможностях постуральной системы при ДО, возможной связи с мышечным гипертонусом, выявленным при ЭМГ-исследовании

Выявлено зеркально противоположное направление сагиттального смещения: при **дистальной окклюзии** центр давления смещен **кзади** ($X = -0,8 \pm 0,96$ мм при открытых глазах, $-0,9 \pm 0,95$ мм при закрытых). При **мезиальной окклюзии** центр давления смещен **кпереди** ($X = +0,2 \pm 0,84$ мм при открытых глазах, $+0,1 \pm 0,83$ мм при закрытых)

Различия статистически значимы ($p < 0,05$) и сохраняются при обеих пробах.

Данный феномен отражает **прямую биомеханическую связь** между положением челюстей и общим постуральным балансом. Нижняя ретрогнатия при ДО ассоциировано с компенсаторным смещением центра тяжести кзади, тогда как прогнатия при МО — со смещением кпереди. Это подтверждает гипотезу о влиянии краниофациальной морфологии на постуральный контроль. Фронтальное смещение (Y) не выявило статистически значимых различий между группами ($p > 0,05$). Значения Y в обеих группах были существенно смещены вперед (54–60 мм), что может отражать общую для всех пациентов со скелетными аномалиями особенность — передний наклон туловища как компенсаторный механизм.

У всех пациентов при переходе от пробы с открытыми глазами к пробе с закрытыми глазами наблюдалось закономерное ухудшение всех стабилметрических показателей, однако степень этого ухудшения различалась между группами. Более выраженное ухудшение показателей в группе ДО при исключении зрительного контроля свидетельствует о **большей зависимости постуральной устойчивости от зрительной афферентации** у пациентов с дистальной окклюзией.

Пациенты с дистальной окклюзией требуют более пристального внимания к постуральному статусу в рамках комплексной реабилитации. Выявленные закономерности обосновывают необходимость междисциплинарного подхода, включающего не только ортодонтическую и хирургическую коррекцию, но и мероприятия по нормализации постурального баланса.

Выявленные различия в поструральном статусе согласуются с данными ЭМГ (мышечный дисбаланс, более выраженный при ДО) и цефалометрии (разное положение челюстей), формируя целостную картину системных нарушений при скелетных формах ЗЧА.

ГЛАВА 4. РАЗРАБОТКА И АПРОБАЦИЯ АВТОРСКОЙ ТЕХНОЛОГИИ ПЛАНИРОВАНИЯ КОМПЛЕКСНОГО ОРТОДОНТО-ХИРУРГИЧЕСКОГО ЛЕЧЕНИЯ

Планирование комплексного ортодонтно-хирургического лечения проводилось путем сопоставления файлов КЛКТ и цифровых моделей зубных рядов с использованием программного обеспечения Бонабайт и Amira. Разработанный и запатентованный «Способ планирования комплексного ортодонтно-хирургического лечения» (патент РФ № 2855915 С1) включает три последовательных этапа:

1. Симуляция хирургического лечения – виртуальное перемещение челюстей в гармоничное положение.
2. Создание цифровой имитационной модели (ЦИМ) – интеграция данных о положении челюстей, зубов, костной ткани и мягкотканых контуров.
3. Симуляция ортодонтического и ортопедического лечения – виртуальное перемещение зубов, планирование ортопедических конструкций.

Пошаговый алгоритм цифрового планирования

На первом этапе врач-ортодонт или челюстно-лицевой хирург выполняет:

- Фотографирование пациента в различных проекциях при естественном положении головы
- Сканирование зубных рядов с применением внутриротового сканера (или снятие оттисков с последующим сканированием гипсовых моделей) – получение файлов в формате STL, Компьютерную томографию черепа (DICOM).

Создание комплексной цифровой модели.

В программном обеспечении врачом-челюстно-лицевым хирургом проводится:

1. Сшивка файлов зубных рядов (STL) с данными КЛКТ (DICOM)
2. Построение модели контуров мягких тканей
3. Ориентация модели согласно фотографиям и данным клинического осмотра

Таким образом создается комплексная цифровая модель черепа с интегрированными моделями зубных рядов и контурами мягких тканей.

Из КЛКТ получают 2D-мультипланарные реформации:

- Сагиттальный срез черепа
- Панорамный срез ЗЧС

Проводится двумерный и трехмерный цефалометрический анализ (Рисунок 57).

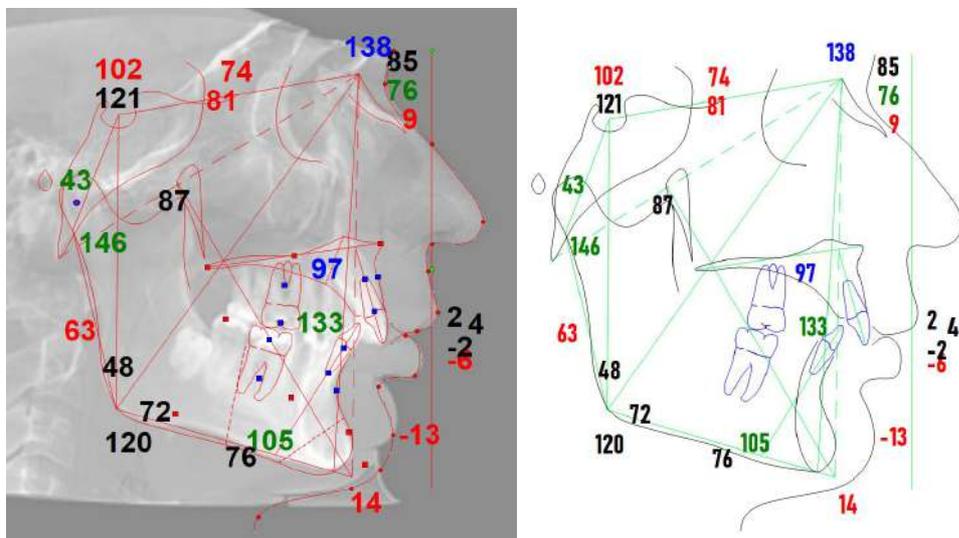


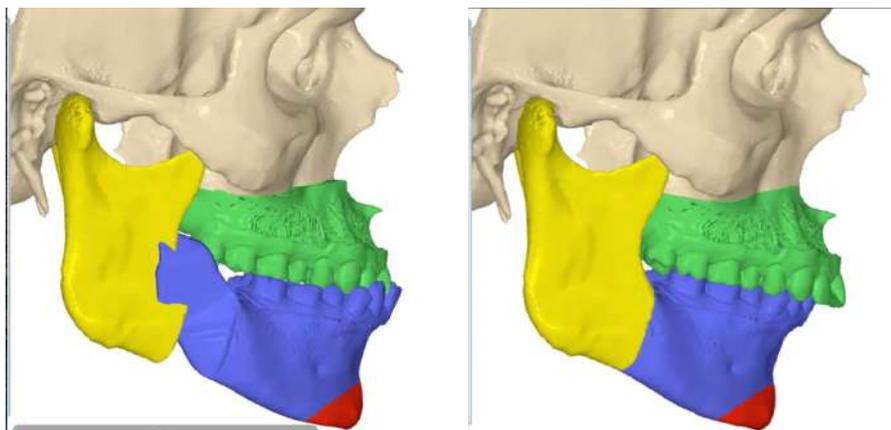
Рисунок 57 – Трассированные сагиттальные срезы черепа

На его основе выполняется симуляция хирургического лечения на комплексной 3D-модели:

1. Перемещение базисов челюстей в гармоничное положение (без учета инклинации резцов и положения зубов)
2. Коррекция в трансверсальной плоскости – совмещение центров челюстей с центром лица, выравнивание окклюзионной плоскости
3. Выравнивание контура нижней челюсти и положения верхней челюсти в аксиальной проекции
4. Создание цифровой имитационной модели (ЦИМ)

Результатом вышеперечисленных манипуляций является формирование цифровой имитационной 3D-модели зубочелюстного комплекса (ЦИМ), включающей:

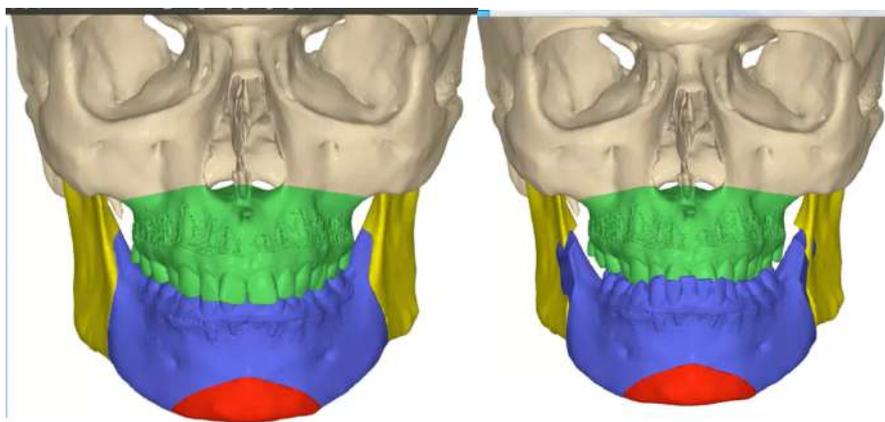
- Перемещенные в правильное положение челюсти (Рисунок 58, 59)



А

Б

Рисунок 58 - КЛКТ черепа, сегментированная в ПО для планирования остеотомии -А; выполнено виртуальное хирургическое вмешательство (сагиттальная проекция) -Б



• Рисунок 59 - КЛКТ черепа, сегментированная в ПО для планирования остеотомии: А-Фронтальная проекция до операции Б-После операции

- Зубы и кости лицевого скелета
- Контуры мягких тканей лица (Рисунок 60)

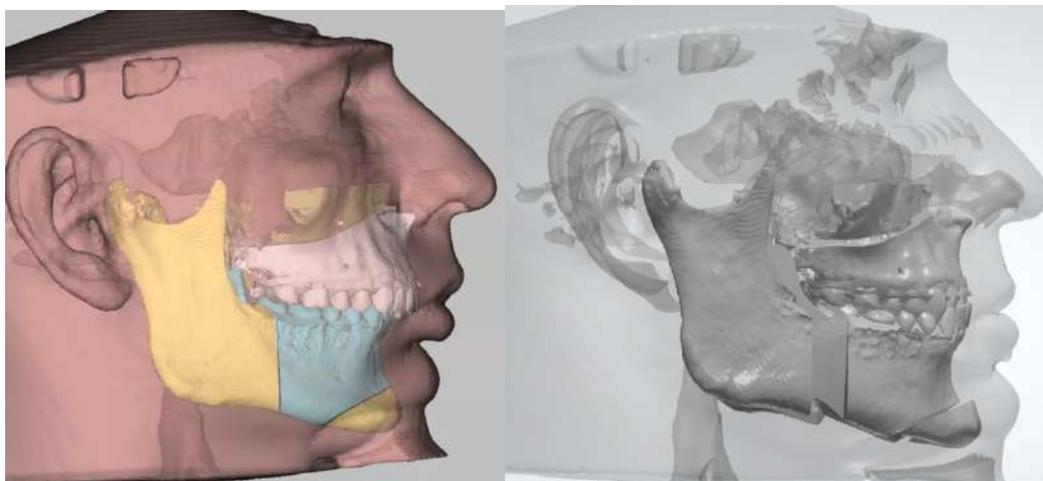


Рисунок 60 - Комплексная цифровая модель зубочелюстного комплекса со склеенными моделями зубных рядов и контурами мягких тканей

ЦИМ экспортируется в формате STL для передачи врачу-ортодонту и врачу-стоматологу-ортопеду (Рисунок 61).

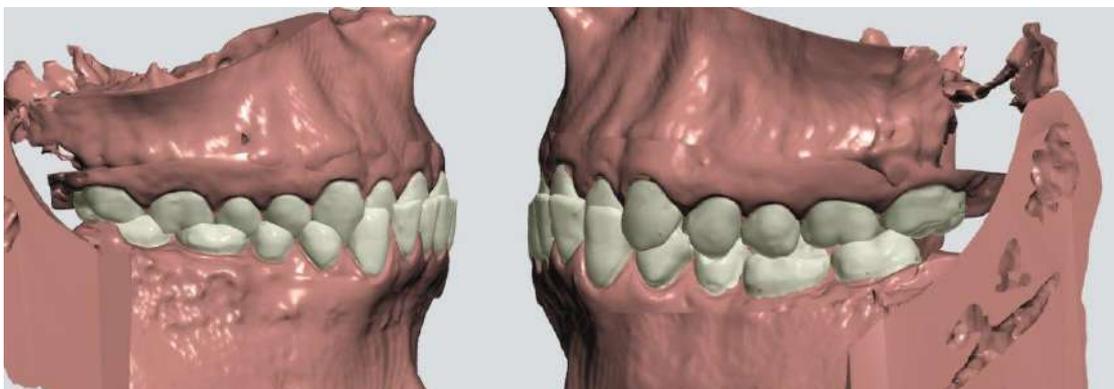


Рисунок 61 – Цифровые модели челюстей после моделирования ортогнатической хирургии

Планирование ортодонтического лечения на основе ЦИМ

Общие принципы:

Врач-ортодонт на полученной ЦИМ проводит симуляцию перемещения зубов для достижения оптимальной окклюзии в трехмерном пространстве:

- Множественных фиссурно-бугорковых контактов
- Оптимального резцового перекрытия
- Оптимальной ширины зубных рядов
- Гармоничных вертикальных взаимоотношений

Подготовка моделей к виртуальному перемещению

1. Сегментация костной ткани и корней зубов из первичной КЛКТ (в ПО Амира и Бонабайт) (Рисунок 62,63):

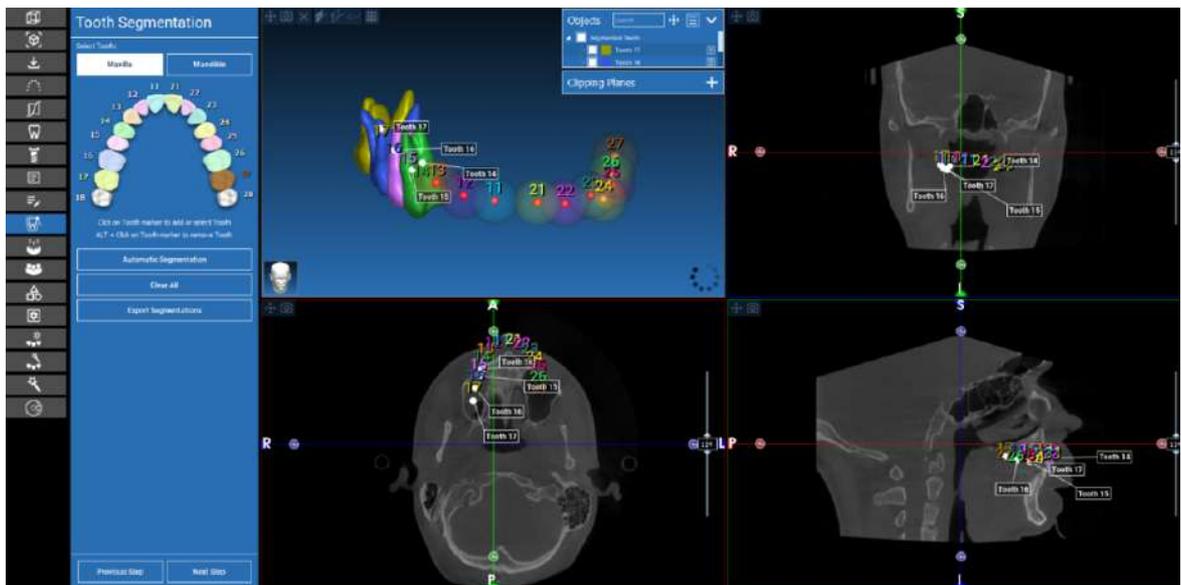


Рисунок 62 - Интерфейс программы для моделирования ортодонтического лечения (виртуальный setup): сегментация костной ткани челюстей и корней зубов (начальный этап)

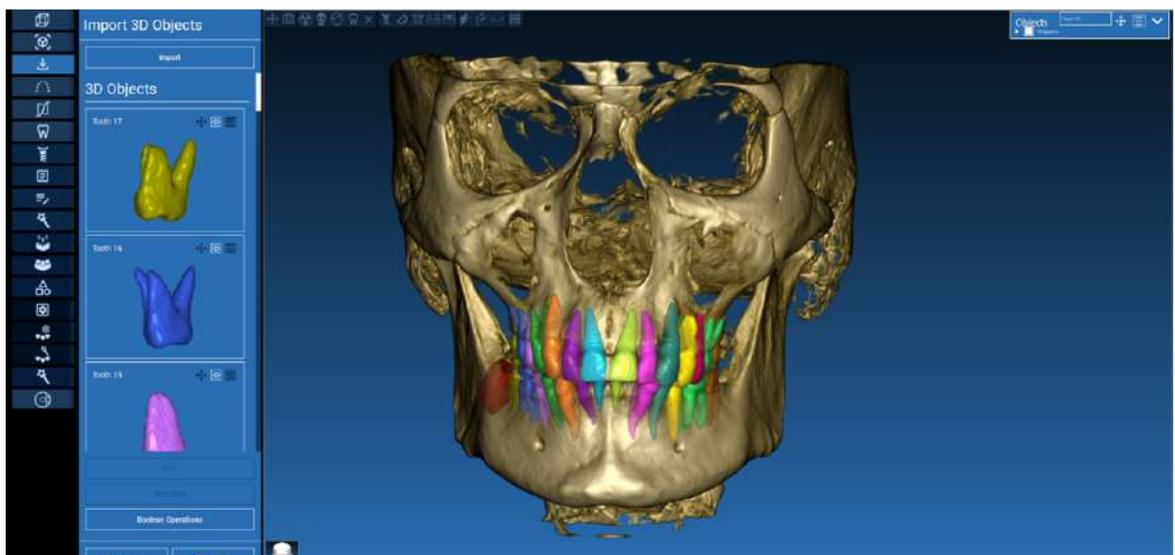


Рисунок 63 – Сегментация зубов, кости в программе-моделировщике

- Костная ткань верхней челюсти (STL)
 - Костная ткань нижней челюсти (STL)
 - Зубы верхней челюсти (STL)
 - Зубы нижней челюсти (STL)
2. Загрузка полученных файлов в программу-моделировщик вместе с ЦИМ
 3. Выделение коронковых частей зубов – нумерация и обозначение границ каждого перемещаемого зуба (Рисунок 64)

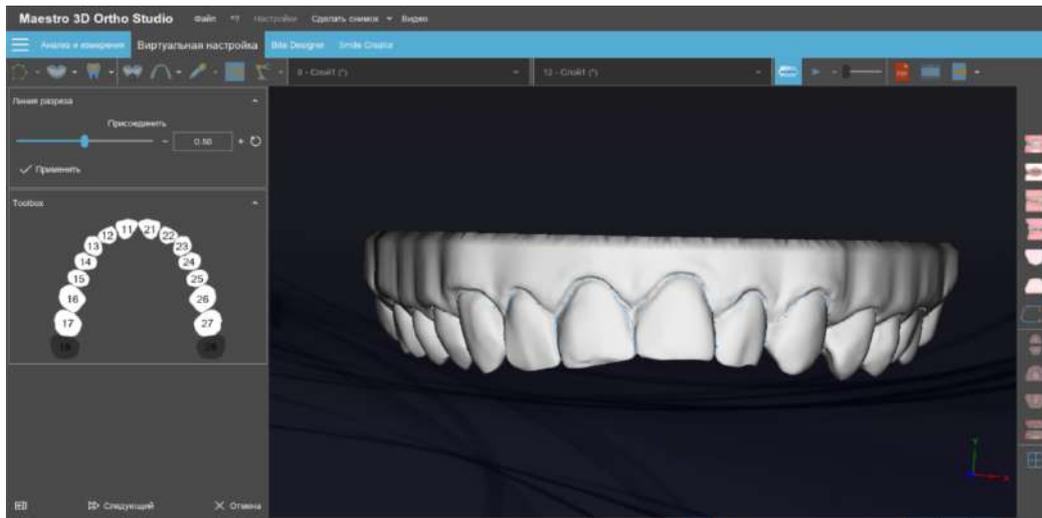


Рисунок 64 - Выделение коронковых частей зубов для нумерации и обозначения границ каждого перемещаемого зуба

4. Расстановка индивидуальных виртуальных осей для каждого зуба (Рисунок 65):
 - От середины режущего края (резцы)
 - От середины фиссуры (премоляры, моляры)
 - Через верхушку корня (однокорневые зубы) или бифуркацию (многокорневые)

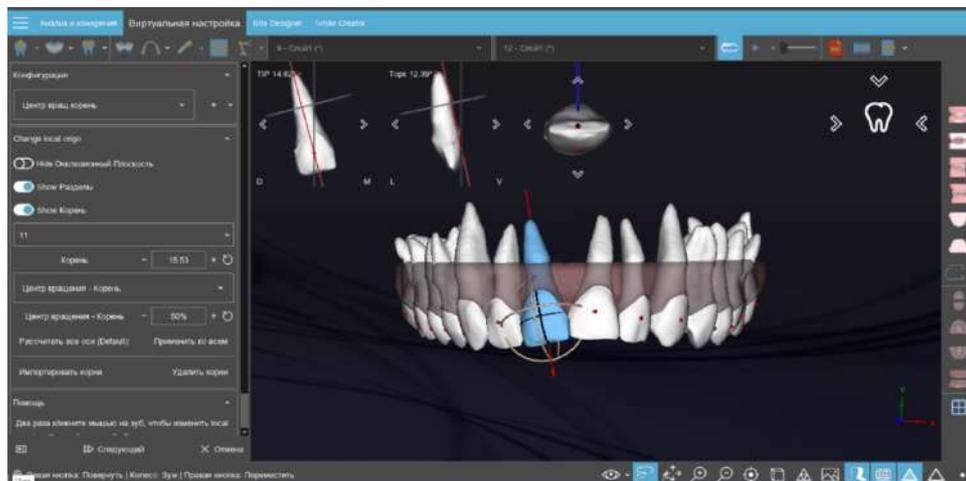


Рисунок 65 - Для каждого зуба расставляется индивидуальная виртуальная ось

5. Сопоставление данных КЛКТ и моделей зубов по контрольным точкам.

После выполненной подготовки врач-ортодонт на основе цефалометрических параметров (нормальных углов наклонов резцов) при перемещенных базисах челюстей выполнил перемещение зубов для достижения оптимальных межжюклизонных взаимоотношений с учетом объема костной ткани и положения корней зубов (Рисунок 66, 67, 68).



Рисунок 66 - Этап планирования перемещений зубов. Setup проводится с учетом анатомических особенностей костной ткани и положения корней.



Рисунок 67 – Результат моделирования результата ортодонтического предхирургического лечения – целевая окклюзия.

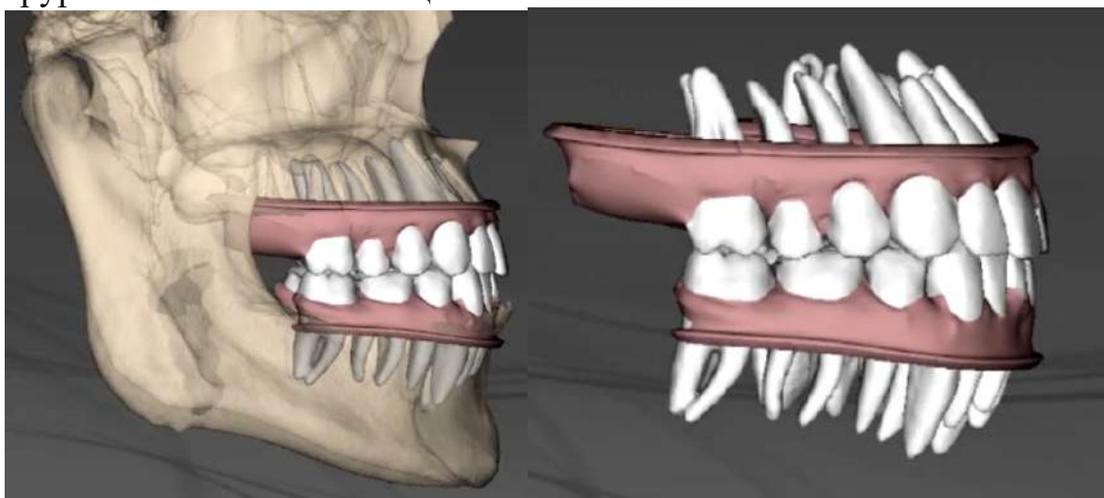
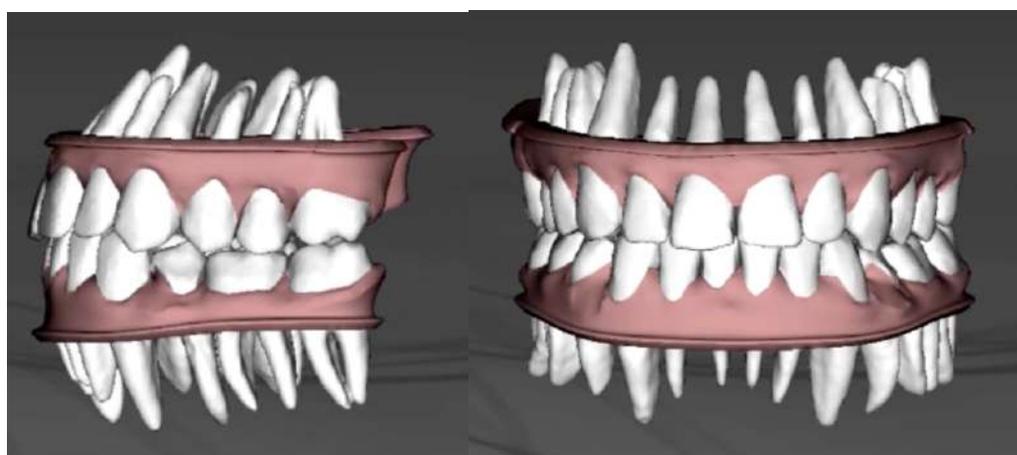


Рисунок 68 - Результат цифрового планирования – комплексная имитационная модель

Программа позволяет перемещать каждый зуб по 6 степеням свободы, оценивая окклюзионные контакты и положение корней относительно костной ткани. По итогам виртуального set-up формируется отчет в виде таблицы, содержащей запланированные перемещения для каждого зуба, и итоговая модель с новым положением зубов (Таблица 25, Рисунок 69).

Таблица 25 - Значения планируемого объема перемещений зубов по 6 степеням свободы

| Tooth number | Ротация | Под углом | Ангюляция | Вправо/ влево | Экструзия/ Интрузия | Вперед/ Назад |
|--------------|------------|------------|-----------|---------------|---------------------|---------------|
| 17 | 18.16 deg | 1.37 deg | -4.34 deg | 3.67 mm | 1.02 mm | 1.62 mm |
| 16 | 13.04 deg | -1.02 deg | 8.89 deg | 3.77 mm | 1.25 mm | 0.35 mm |
| 15 | 2.94 deg | -1.15 deg | 12.29 deg | 3.47 mm | 2.08 mm | 0.22 mm |
| 14 | -4.03 deg | 0.03 deg | 14.86 deg | 3.21 mm | 2.23 mm | -0.44 mm |
| 13 | -13.39 deg | 0.52 deg | 12.44 deg | 2.08 mm | 1.97 mm | -0.65 mm |
| 12 | -9.05 deg | -2.63 deg | 12.75 deg | 2.05 mm | 1.70 mm | -1.11 mm |
| 11 | -6.39 deg | -5.31 deg | 13.83 deg | 2.15 mm | -0.07 mm | -2.97 mm |
| 21 | 5.78 deg | 0.52 deg | 10.12 deg | -0.55 mm | -0.58 mm | -2.82 mm |
| 22 | -16.73 deg | 1.06 deg | 10.00 deg | -0.25 mm | 1.00 mm | -0.72 mm |
| 23 | 4.37 deg | -8.80 deg | 7.84 deg | 2.03 mm | 1.88 mm | -0.48 mm |
| 24 | -22.48 deg | -2.04 deg | 5.67 deg | 1.93 mm | 2.56 mm | -0.20 mm |
| 25 | -5.87 deg | -0.01 deg | 5.24 deg | 1.25 mm | 2.40 mm | 0.27 mm |
| 26 | 6.43 deg | -1.42 deg | 6.75 deg | 1.48 mm | 1.19 mm | 0.94 mm |
| 27 | 15.11 deg | 7.28 deg | 4.47 deg | 0.52 mm | -0.26 mm | 0.55 mm |
| 37 | 4.08 deg | -6.38 deg | -7.13 deg | -1.73 mm | 0.02 mm | -0.01 mm |
| 36 | 8.00 deg | -4.26 deg | -4.62 deg | -1.96 mm | -2.77 mm | 0.13 mm |
| 35 | 7.91 deg | -4.56 deg | 14.25 deg | -1.20 mm | -1.88 mm | 0.06 mm |
| 34 | 19.68 deg | -2.80 deg | 5.68 deg | -1.99 mm | -0.64 mm | -0.08 mm |
| 33 | -21.13 deg | 0.60 deg | 0.92 deg | -3.62 mm | 1.11 mm | -0.43 mm |
| 32 | -9.23 deg | -1.78 deg | -3.87 deg | -2.40 mm | 2.54 mm | -1.37 mm |
| 31 | 13.60 deg | 2.71 deg | -8.87 deg | -1.70 mm | 2.61 mm | -0.38 mm |
| 41 | 0.91 deg | 0.12 deg | -1.94 deg | 0.56 mm | 2.40 mm | -1.69 mm |
| 42 | -7.99 deg | -0.54 deg | -1.91 deg | -0.04 mm | 1.54 mm | -1.41 mm |
| 43 | -10.48 deg | -3.65 deg | 1.82 deg | 0.49 mm | 0.10 mm | -1.25 mm |
| 44 | 5.07 deg | -1.60 deg | 3.35 deg | 0.54 mm | -1.53 mm | 0.15 mm |
| 45 | 6.20 deg | -2.97 deg | 7.08 deg | 1.17 mm | -1.16 mm | 0.04 mm |
| 46 | 0.99 deg | -10.48 deg | 6.27 deg | 2.51 mm | -1.01 mm | -0.33 mm |
| 47 | 3.22 deg | -4.77 deg | -0.79 deg | 2.25 mm | 1.14 mm | -0.08 mm |



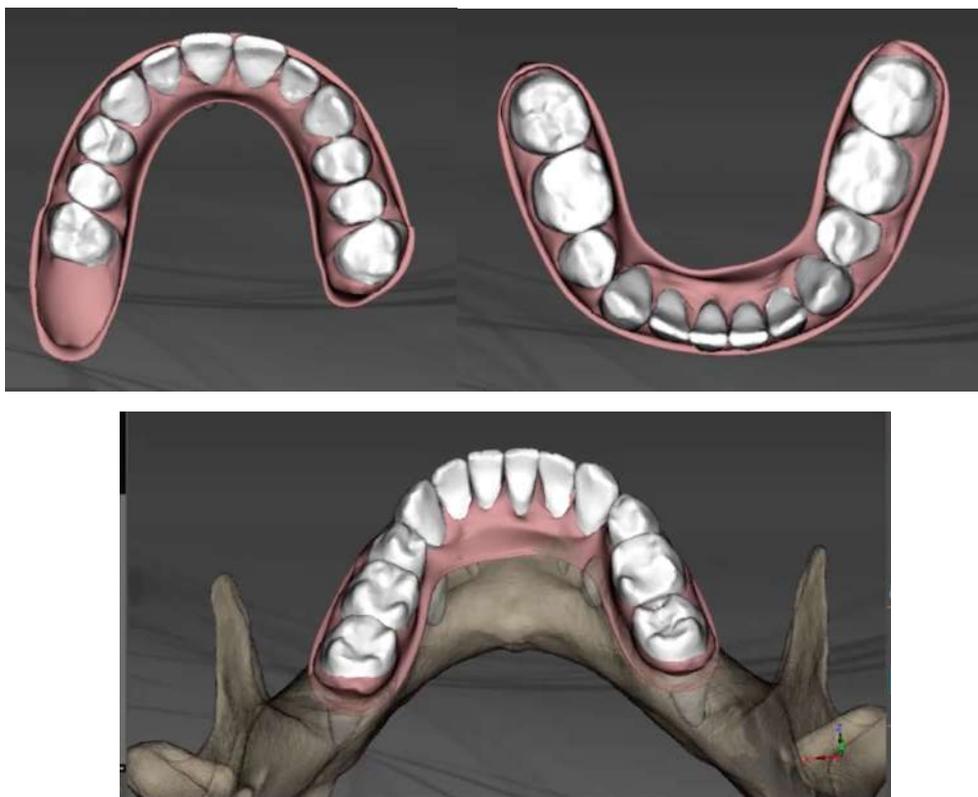


Рисунок 69 - Цифровые модели зубных рядов после выполнения виртуальной ортодонтической подготовки (целевая окклюзия)

При выявлении в процессе планирования сложных клинических ситуаций реализуется междисциплинарный подход:

- При сужении зубных рядов, обусловленном сужением челюстей, совместно с хирургом принимается решение о хирургически-ассистированном расширении верхней челюсти либо подготовке к мультисегментной остеотомии.
- При выраженных асимметриях, когда после виртуальной операции сохраняются зоны гиперконтактов или вертикальная дизокклюзия, не устранимые ортодонтически, врач-ортодонт выполняет максимально возможные перемещения и передает модель врачу-стоматологу-ортопеду.
- Врач-стоматолог-ортопед анализирует ЦИМ для:
 - Оптимизации окклюзионных взаимоотношений
 - Восстановления анатомии зубов
 - Планирования дентальной имплантации
 - Устранения вертикальной дизокклюзии с помощью искусственных коронок, вкладок или накладок

Финальная ЦИМ утверждается консилиумом в составе врача-челюстно-лицевого хирурга, врача-ортодонта, врача-стоматолога-ортопеда.

По разработанной технологии выполнено планирование лечения 86 пациентам (51 с дистальной окклюзией, 35 с мезиальной).

На основе выполненного планирования 86 пациентов и анализа объема перемещений зубов для достижения целей ортодонтической подготовки были определены показания к удалению отдельных зубов у пациентов с ДО и МО. Данные сгруппированы в Таблицы 26-30.

Таблица 26 - Средние параметры перемещений зубов верхней челюсти у пациентов с дистальной окклюзией (ДО) при предхирургической ортодонтической подготовке без удаления отдельных зубов ($M \pm SD$) (Δ – изменения от исходного положения)

| Зуб | Δ Торк (То), ° Вест. (+) / Лингв. (-) | Δ Сагитталь, мм Протр. (+) / Ретр. (-) | Δ Вертикаль, мм Экстр. (+) / Интр. (-) | Δ Ангуляция , ° Мез. (+) / Дист. (-) | Клиническая цель |
|------------------------|---|---|---|--|---|
| ВЕРХНЯЯ ЧЕЛЮСТЬ | | | | | |
| 17 | $-4,3 \pm 1,0$ | $-1,6 \pm 0,5$ | $+1,0 \pm 0,3$ | $-3,0 \pm 0,5$ | Дистализация, стабилизация торка |
| 16 | $+2,9 \pm 1,5$ | $0 \pm 0,3$ | $+1,3 \pm 0,4$ | $+5,0 \pm 1,0$ | Вестибулярный торк, экструзия |
| 15 | $+3,3 \pm 2,0$ | $0 \pm 0,3$ | $+2,1 \pm 0,5$ | $+8,0 \pm 1,5$ | экструзия, вестибулярный торк |
| 14 | $4,9 \pm 2,0$ | $+0,8 \pm 0,3$ | $+2,2 \pm 0,5$ | $+8,0 \pm 1,5$ | Вестибулярный торк, экструзия, легкая протрузия |
| 13 | $+10,4 \pm 2,0$ | $+1,5 \pm 0,3$ | $+2,0 \pm 0,5$ | $-5,0 \pm 1,0$ | Протрузия, экструзия, вестибулярный торк |
| 12 | $+12,8 \pm 2,0$ | $+2,0 \pm 0,4$ | $+1,7 \pm 0,4$ | $-8,0 \pm 1,5$ | Протрузия, экструзия, вестибулярный торк |
| 11 | $+13,8 \pm 2,0$ | $+3,0 \pm 0,6$ | $0 \pm 0,3$ | $-10,0 \pm 2,0$ | Протрузия, вестибулярный торк |

| | | | | | |
|-----------------------|-------------|------------|------------|-------------|--|
| 21 | +10,1 ± 1,5 | +2,8 ± 0,5 | 0 ± 0,3 | -8,0 ± 1,5 | Протрузия, вестибулярный торк |
| 22 | +10,0 ± 1,5 | +2,0 ± 0,4 | +1,0 ± 0,3 | -10,0 ± 2,0 | Протрузия, экструзия, вестибулярный торк |
| 23 | +7,8 ± 1,5 | +1,5 ± 0,3 | +1,9 ± 0,4 | -5,0 ± 1,0 | Протрузия, экструзия, вестибулярный торк |
| 24 | +5,7 ± 1,0 | +0,8 ± 0,3 | +2,6 ± 0,5 | +5,0 ± 1,0 | Экструзия, вестибулярный торк |
| 25 | +5,2 ± 1,0 | 0 ± 0,3 | +2,4 ± 0,5 | +3,0 ± 0,5 | Экструзия, стабилизация |
| 26 | +2,8 ± 1,5 | +0,9 ± 0,3 | +1,2 ± 0,3 | -3,0 ± 0,5 | Легкая протрузия, экструзия, вестибулярный торк |
| 27 | -4,5 ± 1,0 | -0,6 ± 0,2 | 0 ± 0,3 | -5,0 ± 1,0 | Легкая протрузия, вестибулярный торк |
| НИЖНЯЯ ЧЕЛЮСТЬ | | | | | |
| 47 | -0,8 ± 0,3 | 0 ± 0,3 | +1,1 ± 0,3 | +5,0 ± 1,0 | Экструзия, стабилизация |
| 46 | +6,3 ± 1,5 | 2 ± 0,3 | -1,0 ± 0,3 | 0 ± 0,5 | Вестибулярный торк, интрузия |
| 45 | +7,1 ± 1,5 | 3 ± 0,3 | -1,2 ± 0,3 | 0 ± 0,5 | Вестибулярный торк, интрузия |
| 44 | +3,4 ± 1,0 | 1 ± 0,3 | -1,5 ± 0,4 | +3,0 ± 0,5 | Интрузия, стабилизация |
| 43 | +0,8 ± 0,5 | 0,3 ± 0,4 | 0 ± 0,3 | +3,0 ± 0,5 | |
| 42 | -7,9 ± 0,5 | -4,0 ± 0,4 | +1,5 ± 0,4 | +5,0 ± 1,0 | Лингвальный торк, ретрузия, экструзия |
| 41 | -5,9 ± 0,5 | -3,7 ± 0,5 | +2,4 ± 0,5 | +3,0 ± 0,5 | Лингвальный торк, ретрузия, экструзия |
| 31 | -8,9 ± 1,5 | -4,3 ± 0,2 | +2,6 ± 0,5 | +8,0 ± 1,5 | Лингвальный торк, легкая ретрузия, экструзия |
| 32 | -6,9 ± 1,0 | -3,4 ± 0,4 | +2,5 ± 0,5 | +3,0 ± 0,5 | Лингвальныйторк , ретрузия, экструзия |
| 33 | +0,9 ± 0,3 | +0,4 ± 0,2 | +1,1 ± 0,3 | +3,0 ± 0,5 | Легкая ретрузия, экструзия |
| 34 | +5,7 ± 1,5 | 2 ± 0,3 | -0,6 ± 0,2 | 0 ± 0,5 | Вестибулярный торк, легкая интрузия |
| 35 | +4,3 ± 2,5 | 2 ± 0,3 | -1,9 ± 0,4 | 0 ± 0,5 | Вестибулярный |

| | | | | | |
|----|-------------------|-----------|-------------------|-------------------|-------------------------------|
| | | | | | торк, интрузия |
| 36 | +4,6 ± 1,0 | 2,3 ± 0,3 | -2,8 ± 0,5 | +5,0 ± 1,0 | Лингвальный торк, интрузия |
| 37 | -0,9 ± 1,5 | 0 ± 0,3 | 0 ± 0,3 | | |

Сводные целевые показатели для ДО без удаления:

- Торк передних зубов: **+11,8 ± 1,6°**
- Протрузия верхних резцов (11,21): **+3,0 ± 0,6 мм**
- Экструзия верхних премоляров (14,15,24,25): **+2,3 ± 0,3 мм**
- Ретрузия нижних резцов (31,41): **-4,3 ± 0,5 мм**
- Экструзия нижних моляров: **+1,1 ± 0,3 мм** (вертикальный контроль)

Таблица 27 - Средние параметры перемещений зубов при ортодонтической подготовке к ортогнатическим операциям у пациентов с дистальной окклюзией с удалением зубов ($M \pm SD$)(Δ – изменения от исходного положения)

| Зуб | Δ Торк (То), ° Вест. (+) / Лингв. (-) | Δ Сагитталь, мм Протр. (+) / Ретр. (-) | Δ Вертикаль, мм Экстр. (+) / Интр.(-) | Δ Ангуля- ция, ° Мез. (+) / Дист. (-) | Клиническая цель |
|------------------------|--|---|--|--|--|
| ВЕРХНЯЯ ЧЕЛЮСТЬ | | | | | |
| 17 | -4,0 ± 1,0 | -1,5 ± 0,5 | +0,8 ± 0,3 | -2,0 ± 0,5 | Стабилизация, легкая дистализация |
| 16 | +6,5 ± 1,5 | +0,5 ± 0,2 | +1,2 ± 0,4 | +4,0 ± 1,0 | Вестибулярный торк, экструзия |
| 15 | +8,0 ± 2,0 | 3,0 ± 0,5 | +1,8 ± 0,5 | +6,0 ± 1,5 | Вестибулярный торк, дистализация, экструзия |
| 14 | Удаление | — | — | — | Создание пространства |
| 13 | +8,0 ± 2,0 | 4,5 ± 0,5 (дист.) | +1,5 ± 0,4 | -4,0 ± 1,0 | Экструзия |
| 12 | +6,0 ± 1,5 | 3,0 ± 0,4 | -1,2 ± 0,3 | -6,0 ± 1,0 | интрузия |
| 11 | +4,6 ± 1,0 | 2,3 ± 0,5 | -2,9 ± 0,5 (интр.) | -8,0 ± 1,5 | интрузия |
| 21 | +4,6 ± 1,0 | 2,8 ± 0,5 (| -2,8 ± 0,5 (интр.) | -7,0 ± 1,5 | интрузия |
| 22 | +6,0 ± 1,5 | 3,0 ± 0,4 | -1,0 ± 0,3 | -6,0 ± 1,0 | интрузия |
| 23 | +10,0 ± 2,0 | 4,5 ± 0,5 (дист.) | +1,5 ± 0,4 | -4,0 ± 1,0 | Дистализация в промежутке, экструзия |
| 24 | Удаление | — | — | — | Создание пространства |
| 25 | +10,0 ± 2,0 | 4,0 ± 0,5 (дист.) | +1,8 ± 0,5 | +6,0 ± 1,5 | Вестибулярный торк, дистализация, |

| | | | | | |
|-----------------------|-----------------|--------------------------|------------------------|----------------|---|
| | | | | | экструзия |
| 26 | $+6,5 \pm 1,5$ | $+0,5 \pm 0,2$ | $+1,2 \pm 0,4$ | $+4,0 \pm 1,0$ | Вестибулярный торк, экструзия |
| 27 | $-4,0 \pm 1,0$ | $-1,5 \pm 0,5$ | $+0,8 \pm 0,3$ | $-2,0 \pm 0,5$ | |
| НИЖНЯЯ ЧЕЛЮСТЬ | | | | | |
| 47 | $+2,0 \pm 0,5$ | $+0,5 \pm 0,2$ | $+1,0 \pm 0,3$ | $+4,0 \pm 1,0$ | Стабилизация, экструзия |
| 46 | $+6,0 \pm 1,5$ | $-1,0 \pm 0,3$ (дист.) | $-1,2 \pm 0,3$ (интр.) | $+3,0 \pm 0,5$ | Вестибулярный торк, дистализация, интрузия |
| 45 | Удаление | — | — | — | Создание пространства |
| 44 | $+3,0 \pm 1,0$ | $-1,5 \pm 0,4$ (дист.) | $-1,5 \pm 0,4$ (интр.) | $+2,0 \pm 0,5$ | Дистализация, интрузия |
| 43 | $+1,5 \pm 0,5$ | $-3,6 \pm 0,8$ (дист.) | $-3,1 \pm 0,6$ (интр.) | $+3,0 \pm 0,5$ | Максимальная дистализация, интрузия |
| 42 | $-15,0 \pm 2,0$ | $-6,5 \pm 0,4$ (ретруз.) | $-2,5 \pm 0,5$ (интр.) | $+2,0 \pm 0,5$ | Лингвальный торк, ретрузия, интрузия |
| 41 | $-14,0 \pm 2,5$ | $-6,9 \pm 0,5$ (ретруз.) | $-2,9 \pm 0,5$ (интр.) | $+2,0 \pm 0,5$ | Максимальный лингвальный торк, ретрузия, интрузия |
| 31 | $-14,9 \pm 2,5$ | $-7,8 \pm 0,5$ (ретруз.) | $-2,9 \pm 0,5$ (интр.) | $+2,0 \pm 0,5$ | Максимальный лингвальный торк, ретрузия, интрузия |
| 32 | $-15,0 \pm 2,0$ | $-7,5 \pm 0,4$ (ретруз.) | $-2,5 \pm 0,5$ (интр.) | $+2,0 \pm 0,5$ | Лингвальный торк, ретрузия, интрузия |
| 33 | $+1,5 \pm 0,5$ | $-3,6 \pm 0,8$ (дист.) | $-3,1 \pm 0,6$ (интр.) | $+3,0 \pm 0,5$ | Максимальная дистализация, интрузия |
| 34 | $+3,0 \pm 1,0$ | $-1,5 \pm 0,4$ (дист.) | $-1,5 \pm 0,4$ (интр.) | $+2,0 \pm 0,5$ | Дистализация, интрузия |
| 35 | Удаление | — | — | — | Создание пространства |
| 36 | $+6,0 \pm 1,5$ | $-1,0 \pm 0,3$ (дист.) | $-1,2 \pm 0,3$ (интр.) | $+3,0 \pm 0,5$ | Вестибулярный торк, дистализация, интрузия |
| 37 | $+2,0 \pm 0,5$ | $+0,5 \pm 0,2$ | $+1,0 \pm 0,3$ | | |

Сводные целевые показатели для ДО с удалением отдельных зубов:

- Максимальная ретрузия нижних резцов (31,41): $-7,8 \pm 0,5$ мм
- Интрузия нижних резцов: $-2,9 \pm 0,5$ мм
- Дистализация нижних клыков (33,43): $-3,6 \pm 0,8$ мм

Таким образом, выбор тактики лечения (с удалением или без) определяет не только объём сагиттальных перемещений, но и принципиально различный подход к вертикальному контролю. При удалении зубов и закрытии промежутков необходима их **интрузия** в сочетании с максимальной ретрузией.

Таблица 28 - Протокол для СФМО без удаления (целевые изменения от исходного состояния)

| Зуб | Δ Торк (То), ° | Δ Ангуляция (Ti), ° | Δ В/Л, мм | Δ Верт. (Е/Л), мм | Δ Сагитталь (M/D), мм | Клиническая задача |
|-----|-----------------------|----------------------------|------------------|--------------------------|------------------------------|--------------------------------|
| 17 | $0,0 \pm 0,5$ | $0,0 \pm 1,0$ | $0,0 \pm 0,3$ | $+0,8 \pm 0,3$ | $+0,3 \pm 0,2$ | Стабилизация, лёгкая экструзия |
| 16 | $0,0 \pm 0,5$ | $+1,0 \pm 0,5$ | $0,0 \pm 0,3$ | $+1,1 \pm 0,5$ | $+0,2 \pm 0,1$ | Стабилизация, экструзия |
| 15 | $-2,3 \pm 1,0$ | $0,0 \pm 1,0$ | $0,0 \pm 0,3$ | $+0,6 \pm 0,3$ | $-0,8 \pm 0,4$ | Небный наклон, дистализация |
| 14 | $0,0 \pm 0,5$ | $0,0 \pm 1,0$ | $+0,2 \pm 0,1$ | $+0,1 \pm 0,1$ | $+0,8 \pm 0,4$ | Стабилизация |
| 13 | $-6,3 \pm 1,5$ | $-10,2 \pm 2,5$ | $-1,6 \pm 0,3$ | $0,0 \pm 0,5$ | $+0,5 \pm 0,3$ | Ключевая декомпенсация клыка |
| 12 | $0,0 \pm 0,5$ | $-2,5 \pm 1,2$ | $-2,8 \pm 0,5$ | $0,0 \pm 0,5$ | $+0,3 \pm 0,2$ | Декомпенсация резца |
| 11 | $-4,8 \pm 1,0$ | $0,0 \pm 1,0$ | $-2,3 \pm 0,5$ | $+0,5 \pm 0,3$ | $+0,4 \pm 0,2$ | Декомпенсация резца |
| 21 | $-4,5 \pm 1,0$ | $0,0 \pm 1,0$ | $-1,4 \pm 0,3$ | $-0,3 \pm 0,2$ | $+0,6 \pm 0,3$ | Декомпенсация резца |
| 22 | $0,0 \pm 0,5$ | $0,0 \pm 1,0$ | $-1,4 \pm 0,3$ | $0,0 \pm 0,5$ | $+0,5 \pm 0,2$ | Лингвализация резца |
| 23 | $+2,1 \pm 0,5$ | $+4,5 \pm 1,5$ | $0,0 \pm 0,3$ | $+0,7 \pm 0,3$ | $+0,2 \pm 0,1$ | Мезиализация клыка |
| 24 | $0,0 \pm 0,5$ | $-7,8 \pm 2,0$ | $0,0 \pm 0,3$ | $0,0 \pm 0,5$ | $+0,2 \pm 0,1$ | Дистальный наклон |
| 25 | $+4,0 \pm 1,0$ | $-0,2 \pm 0,5$ | $0,0 \pm 0,3$ | $+0,2 \pm 0,1$ | $+0,7 \pm 0,3$ | Вестибулярный наклон |
| 26 | $+0,4 \pm 0,3$ | $+1,7 \pm 0,8$ | $+2,2 \pm 0,5$ | $+0,3 \pm 0,2$ | $+1,0 \pm 0,4$ | Стабилизация |
| 27 | $+5,9 \pm 1,5$ | $0,0 \pm 1,0$ | $0,0 \pm 0,3$ | $+1,8 \pm 0,5$ | $+0,4 \pm 0,2$ | Вестибулярный наклон |
| 47 | $+0,5 \pm 0,3$ | $+0,3 \pm 0,2$ | $+0,5 \pm 0,2$ | $+0,4 \pm 0,2$ | $+0,8 \pm 0,3$ | Стабилизация |
| 46 | $+0,5 \pm 0,3$ | $+0,9 \pm 0,5$ | $+0,3 \pm 0,2$ | $0,0 \pm 0,5$ | $+0,2 \pm 0,1$ | Стабилизация |
| 45 | $+14,2 \pm 3,0$ | $+0,4 \pm 0,3$ | $+0,6 \pm 0,3$ | $+0,9 \pm 0,4$ | $+0,4 \pm 0,2$ | Вестибулярный наклон |
| 44 | $+11,2 \pm 2,5$ | $+0,4 \pm 0,3$ | $0,0 \pm 0,3$ | $+0,0 \pm 0,3$ | $+0,2 \pm 0,1$ | Вестибулярный наклон |
| 43 | $+0,9 \pm 0,5$ | $+1,7 \pm 0,8$ | $+0,0 \pm 0,2$ | $+0,1 \pm 0,1$ | $+0,2 \pm 0,1$ | Стабилизация |

| | | | | | | |
|----|--------------------|------------|------------|-------------------|-------------------|----------------------|
| 42 | +6,5 ± 1,5 | +1,0 ± 0,6 | +0,0 ± 0,3 | +0,3 ± 0,2 | +0,0 ± 0,1 | Вестибулярный наклон |
| 41 | +10,3 ± 2,0 | 0,0 ± 0,5 | +0,8 ± 0,3 | +0,5 ± 0,3 | +0,1 ± 0,1 | Декомпенсация резца |
| 31 | +11,1 ± 2,0 | +3,4 ± 1,0 | +0,7 ± 0,3 | +0,6 ± 0,3 | +0,2 ± 0,1 | Декомпенсация резца |
| 32 | +8,3 ± 1,7 | +3,4 ± 1,0 | +1,0 ± 0,4 | +0,1 ± 0,1 | +0,1 ± 0,1 | Вестибулярный наклон |
| 33 | +1,0 ± 0,5 | +0,3 ± 0,2 | +0,3 ± 0,2 | +0,1 ± 0,1 | +0,6 ± 0,3 | Стабилизация |
| 34 | +9,8 ± 2,0 | +0,3 ± 0,2 | +0,3 ± 0,2 | +0,0 ± 0,3 | +0,2 ± 0,1 | Вестибулярный наклон |
| 35 | +11,2 ± 2,5 | +0,1 ± 0,1 | +0,0 ± 0,3 | +0,6 ± 0,3 | +0,4 ± 0,2 | Вестибулярный наклон |
| 36 | +0,4 ± 0,3 | +0,2 ± 0,1 | +0,7 ± 0,3 | +0,2 ± 0,1 | +1,0 ± 0,4 | Стабилизация |
| 37 | +7,0 ± 1,5 | +0,5 ± 0,3 | 0,0 ± 0,3 | +1,0 ± 0,4 | +1,4 ± 0,5 | Вестибулярный наклон |

Таблица 29 - Протокол для СФМО с удалением (целевые изменения от исходного состояния)

| Зуб | Δ Торк (То),° | Δ Ангуляция (Тi),° | Δ В/L, мм | Δ Верт, (Е/І), мм | Δ Сагиттал ь (М/D), мм | Клиническая задача |
|-----|----------------------|---------------------------|-------------------|--------------------------|-------------------------------|---------------------------|
| 17 | +1,0 ± 0,9 | 0,0 ± 1,0 | 0,0 ± 0,3 | +1,0 ± 0,5 | +1,0 ± 0,5 | Стабилизация |
| 16 | -1,0 ± 1,0 | 0,0 ± 1,0 | +0,5 ± 0,3 | +1,5 ± 0,7 | +1,5 ± 0,7 | Мезиализация |
| 15 | +3,0 ± 2,0 | 0,0 ± 1,0 | +1,0 ± 0,5 | +0,5 ± 0,3 | -2,0 ± 0,7 | Дистализация |
| 13 | -8,0 ± 2,0 | 0,0 ± 1,0 | -1,0 ± 0,5 | 0,0 ± 0,5 | -3,5 ± 1,0 | Дистализация в промежутке |
| 12 | -17,0 ± 2,5 | 0,0 ± 1,0 | -2,0 ± 0,5 | -1,0 ± 0,3 | -2,5 ± 0,5 | ретрузия |
| 11 | -17,0 ± 2,5 | 0,0 ± 1,0 | -2,0 ± 0,5 | -1,0 ± 0,3 | -2,5 ± 0,5 | ретрузия |
| 21 | -17,0 ± 2,5 | 0,0 ± 1,0 | -2,0 ± 0,5 | -1,0 ± 0,3 | -2,5 ± 0,5 | ретрузия |
| 22 | -17,0 ± 2,5 | 0,0 ± 1,0 | -2,0 ± 0,5 | -1,0 ± 0,3 | -2,5 ± 0,5 | ретрузия |
| 23 | -8,0 ± 2,0 | 0,0 ± 1,0 | -1,0 ± 0,5 | 0,0 ± 0,5 | -3,5 ± 1,0 | Дистализация в промежутке |
| 25 | +3,0 ± 2,0 | 0,0 ± 1,0 | +1,0 ± 0,5 | +0,5 ± 0,3 | -2,0 ± 0,7 | Дистализация |
| 26 | -1,0 ± 1,0 | 0,0 ± 1,0 | +0,5 ± 0,3 | +1,5 ± 0,7 | +1,5 ± 0,7 | Мезиализация |
| 27 | +1,0 ± 0,8 | 0,0 ± 1,0 | 0,0 ± 0,3 | +1,0 ± 0,5 | +1,0 ± 0,5 | Стабилизация |

| Зуб | Δ Торк (То),° | Δ Ангуляция (Тi),° | Δ В/L, мм | Δ Верт. (ЕІІ), мм | Δ Сагитталь (MD), мм | Клиническая задача |
|-----|----------------------|---------------------------|------------------|--------------------------|-----------------------------|--------------------|
|-----|----------------------|---------------------------|------------------|--------------------------|-----------------------------|--------------------|

| | | | | | | |
|----|-------------|-----------|------------|------------|------------|--------------------------------|
| 47 | +2,0 ± 1,0 | 0,0 ± 1,0 | +0,3 ± 0,2 | -0,5 ± 0,3 | +0,5 ± 0,3 | Стабилизация |
| 46 | +2,0 ± 1,0 | 0,0 ± 1,0 | +0,3 ± 0,2 | -0,5 ± 0,3 | +0,5 ± 0,3 | Стабилизация |
| 45 | +5,0 ± 2,0 | 0,0 ± 1,0 | +0,3 ± 0,2 | -0,5 ± 0,3 | +0,5 ± 0,3 | Стабилизация |
| 44 | +5,0 ± 2,0 | 0,0 ± 1,0 | +0,3 ± 0,2 | -0,5 ± 0,3 | +0,5 ± 0,3 | Стабилизация |
| 43 | +11,0 ± 2,0 | 0,0 ± 1,0 | -1,0 ± 0,5 | 0,0 ± 0,5 | -1,5 ± 0,7 | Усиленный вестибулярный наклон |
| 42 | +13,0 ± 2,0 | 0,0 ± 1,0 | -1,0 ± 0,3 | +0,5 ± 0,3 | -2,0 ± 0,5 | Гиперторк + ретрузия |
| 41 | +13,0 ± 2,0 | 0,0 ± 1,0 | -1,0 ± 0,3 | +0,5 ± 0,3 | -2,0 ± 0,5 | Гиперторк + ретрузия |
| 31 | +13,0 ± 2,0 | 0,0 ± 1,0 | -1,0 ± 0,3 | +0,5 ± 0,3 | -2,0 ± 0,5 | Гиперторк + ретрузия |
| 32 | +13,0 ± 2,0 | 0,0 ± 1,0 | -1,0 ± 0,3 | +0,5 ± 0,3 | -2,0 ± 0,5 | Гиперторк + ретрузия |
| 33 | +11,0 ± 2,0 | 0,0 ± 1,0 | -1,0 ± 0,5 | 0,0 ± 0,5 | -1,5 ± 0,7 | Усиленный вестибулярный наклон |
| 34 | +5,0 ± 2,0 | 0,0 ± 1,0 | +0,3 ± 0,2 | -0,5 ± 0,3 | +0,5 ± 0,3 | Стабилизация |
| 35 | +5,0 ± 2,0 | 0,0 ± 1,0 | +0,3 ± 0,2 | -0,5 ± 0,3 | +0,5 ± 0,3 | Стабилизация |
| 36 | +2,0 ± 1,0 | 0,0 ± 1,0 | +0,3 ± 0,2 | -0,5 ± 0,3 | +0,5 ± 0,3 | Стабилизация |
| 37 | +2,0 ± 1,0 | 0,0 ± 1,0 | +0,3 ± 0,2 | -0,5 ± 0,3 | +0,5 ± 0,3 | Стабилизация |

Цель в отношении резцов и клыков при подготовке пациентов с МО с удалением отдельных зубов: максимальная декомпенсация, включающая значительное изменение торка (-15° до -20°), интрузию (до -3 мм) и дистализацию (-2.3 до -3.6 мм) для устранения протрузии резцов верхней челюсти.

Провели анализ в отношении тактики лечения пациентов (Таблица 30).

Таблица 30 - Распределение пациентов по тактике лечения и примененным методам

| Стратегия лечения | Дистальная окклюзия (n=51) | Мезиальная окклюзия (n=35) | Всего (n=86) |
|---|----------------------------|----------------------------|------------------|
| Всего пациентов в протоколе, n (%) | 51 (100%) | 35 (100%) | 86 (100%) |
| 1. Лечение с удалением отдельных зубов, n (%) | 17 (33,3%) | 9 (25,7%) | 26 (30,2%) |
| Премоляры на ВЧ | 11 (64,7% от 17) | 7 (77,8% от 9) | 18 (69,2% от 26) |
| Премоляры на НЧ | 8 (47,1% от 17) | 2 (22,2% от 9) | 10 (38,5% от 26) |
| Моляры, резцы | 2 (11,8% от 17) | 0 | 2 (7,7% от 26) |

| | | | |
|--|------------------|------------------|------------------|
| 2. Лечение без удаления зубов, n (%) | 34 (66,7%) | 26 (74,3%) | 60 (69,8%) |
| Применение сепарации, n (% от группы) | 11 (32,4% от 34) | 15 (57,7% от 26) | 26 (43,3% от 60) |
| Применение дистализации, n (% от группы) | 15 (44,1% от 34) | 18 (69,2% от 26) | 33 (55,0% от 60) |
| 3. Хирургически-ассистированное расширение ВЧ, n | 15 | 17 | 32 |

1. В обеих группах преобладало лечение без удаления постоянных зубов:
 - ДО: 66,7% (34 из 51)
 - МО: 74,3% (26 из 35)
2. При удалении зубов (26 пациентов, 30,2% от общей выборки):
 - В группе ДО чаще удалялись премоляры на нижней челюсти (47,1% от удалений в группе)
 - В группе МО преобладала тактика удаления зубов на верхней челюсти (77,8% от удалений в группе)
 - Удаление моляров или резцов применялось только в единичных случаях при ДО (2 пациента)
3. Среди методов без удаления:
 - В группе МО значительно чаще применялась дистализация зубов (69,2% против 44,1% при ДО)
 - Сепарация также чаще использовалась при МО (57,7% против 32,4% при ДО)
4. Хирургически-ассистированное расширение верхней челюсти выполнено:
 - 15 пациентам с ДО (29,4% от группы)
 - 17 пациентам с МО (48,6% от группы)
 - Всего 32 пациента (37,2% от общей выборки)

Объем перемещений при декомпенсации значителен и в среднем составляет 13.5 мм на одного пациента. Применение индивидуальных дуг на основе целевого

сетапа и использование ортодонтических имплантатов— ключевые рекомендации для повышения эффективности и предсказуемости.

Ключевыми показателями являются:

- Изменения торка верхних резцов при МО: на -4.7° без удаления и на -17.0° с удалением. Изменение торка и интрузия нижних резцов при ДО с удалением: на -19.9° и -2.9 мм.

Выявленные значения отражают специфику конкретной клинической выборки и подчёркивают широкий диапазон варибельности необходимых вмешательств (Таблица 31).

Таблица 31 - Сравнительный анализ целевых параметров для различных протоколов

| Параметр | ДО без удаления | ДО с удалением | МО без удаления | МО с удалением |
|----------------------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|
| Торк верхних резцов | +13,8° | +4,6° | -4,8° | -17,0° |
| Торк нижних резцов | -6,0° | -19,9° | +10,3° | +13,0° |
| Интрузия/экструзия нижних резцов | -2,0 мм (интр.) | -2,9 мм (интр.) | +0,5 мм (экстр.) | +0,5 мм (экстр.) |
| Вертикальный контроль моляров | +1,3 мм (экстр.) | +1,5 мм (экстр.) | -0,5 мм (интр.) | -0,5 мм (интр.) |
| Дистализация нижних клыков | — | -3,6 мм | — | -1,5 мм |
| Ретрузия верхних резцов | -2,9 мм | -3,5 мм | — | -2,5 мм |

Разработанная и запатентованная авторская технология цифрового планирования позволяет реализовать принцип «обратного планирования», при котором конечная цель лечения (хирургически-корригированное положение челюстей) определяет все предшествующие этапы ортодонтической подготовки.

Созданы дифференцированные количественные протоколы для четырех основных клинических ситуаций: дистальная окклюзия без удаления зубов, дистальная окклюзия с удалением зубов, мезиальная окклюзия без удаления зубов, мезиальная окклюзия с удалением зубов.

Установлено, что направления перемещений при ДО и МО носят противоположный характер, что отражает разные биомеханические задачи: при ДО требуется создание пространства (интрузия моляров, ретрузия резцов), при МО — его рациональное использование (протрузия резцов,

вестибулярный торк). Разработанный протокол целевого позиционирования зубов представляет собой **количественное руководство** для врачей-ортодонтот, планирующих подготовку пациентов с дистальной и мезиальной окклюзией к ортогнатической операции. Протокол включает численные значения торка, сагиттальных и вертикальных перемещений для каждого зуба, что обеспечивает **предсказуемость результатов**.

Ортодонтическое лечение (декомпенсация) перед ортогнатической операцией. После составления индивидуального плана лечения, основывающегося на моделировании предстоящего хирургического вмешательства, и согласования врачом-челюстно-лицевым хирургом и врачом-ортодонтом целей лечения приступали к ортодонтической подготовке-декомпенсации – первому этапу лечения. На данном этапе нормализовывали форму и размер зубных рядов, инклинацию резцов и корректировали другие компенсаторные изменения. Индивидуальное формирование ортодонтических дуг осуществляли на моделях с предварительным моделированием – целевым сетапом (Рисунок 70). При необходимости интрузии применяли сегментарные дуги (например, ютилити), так как величина интрузии могла быть довольно выраженной.

Симуляция операции и коррекции резцов на боковой цефалограмме и на цифровой модели приобретает решающее значение. Осуществляя торк и контролируемое наклонное перемещение зубов, врач во время ортодонтической подготовки достигает нужного положения передних зубов и степени их наклона в сагиттальной плоскости. Помимо управления положением моляров в сагиттальной плоскости, необходим также вертикальный контроль во избежание нежелательной эктрузии.

Фазу выравнивания в случае лечения пациентов со СФДО и удалением премоляров на нижней челюсти при наличии у пациента скученного положения нижних резцов, перед тем, как выровнять нижние резцы, дистализировали клыки на расстояние, достаточное для того, чтобы выравнивание резцов не вызвало их протрузии. Это достигалось с помощью сегментарных дуг, или с

помощью модифицированной скользящей механики, или техники Твида-Меррифилда.

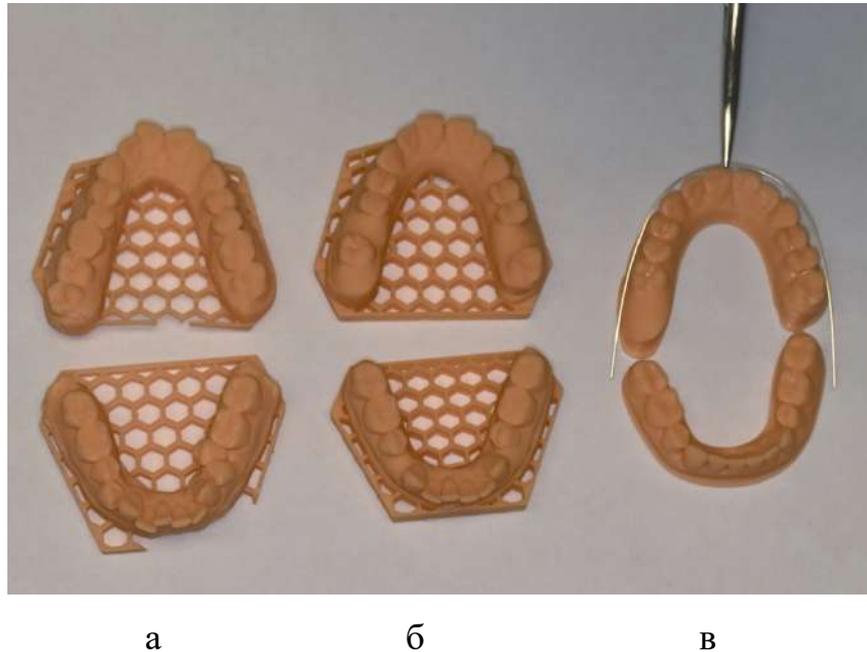


Рисунок 70 - Модели челюстей пациента на этапе диагностики (а), на промежуточном этапе ортодонтического лечения в соответствии с цифровым планом (сетапом) (б), модели челюстей демонстрируют целевое положение зубов и форму зубных рядов после виртуального планирования с индивидуально сформированной ортодонтической дугой на ВЧ (в)

При использовании техники прямой дуги фазу выравнивания начинали с применения нитиноловых дуг размером 0,012 или 0,014 дюйма. После дистализации клыков приступали к выравниванию резцов. Дуги с прямоугольным сечением 0,014x0,025 и 0.018x0,025 дюйма припасовывали к зубному ряду по ширине и, если было необходимо выровнять кривую Шпее, формировали на них реверсионные изгибы.

Для ретракции резцов использовали ретракционные дуги-ютилити (Рисунок 71, 72), либо временные ортодонтические имплантаты.



Рисунок 71 - Внутриротовая фотография демонстрирует этап ретракции резцов на верхней челюсти с применением дуги-ютилити ретракционной



Рисунок 72 - Внутриротовая фотография демонстрирует этап ретракции резцов на верхней и нижней челюсти с применением ретракционной дуги-ютилити на верхней челюсти и дуги с закрывающими петлями «closingloop» на нижней челюсти

Для обеспечения места для резцов, кроме удаления премоляров, использовали межпроксимальную редукцию эмали, дистализацию зубов с применением ортодонтических имплантатов.

Перед выполнением хирургического вмешательства за 4-6 недель до предполагаемого срока его выполнения в паз брекетов устанавливали стальную дугу: размером 0,017x0,025 дюйма при размере паза .018 или 0,019x0,025 при размере паза .022 дюйма. Консолидировали зубной ряд в дистальном отделе с помощью омега-петли или загибов. К дуге припаивали крючки или фиксировали лигатуры с крючками.

Биомеханические особенности ортодонтической декомпенсации при дистальной окклюзии отражены в Таблице 32.

Ортодонтическая декомпенсация при подготовке к ортогнатической операции у пациентов с мезиальной окклюзией имеет принципиальные отличия

от таковой при дистальной окклюзии. Как показано в Таблице 33, биомеханика лечения при СФМО направлена на устранение компенсаторной протрузии верхних резцов и ретрузии нижних резцов.

Таблица 32 - Биомеханика декомпенсации при СФДО

| Параметр / Действие | Дистальная окклюзия |
|--|---|
| Верхняя челюсть – трансверсальная плоскость | |
| Метод расширения | Быстрое расширение верхней челюсти с последующим небным торком боковых зубов |
| Положение верхних резцов | Сохранение или увеличение наклона |
| Нижняя челюсть – резцы | Нормализация инклинации, интрузия; удаление премоляров |
| Устранение скученности | Сегментарная дуга. Дистализация клыков скользящей механикой, ретрузия передних зубов скользящей механикой или ретракционной дугой |

Таблица 33 - Биомеханика декомпенсации при СФМО

| Параметр / Действие | МО без удаления | МО с удалением |
|--|--|---|
| Основная биомеханическая задача | Устранение компенсаторной протрузии верхних резцов, нормализация наклона нижних резцов | Максимальная декомпенсация, закрытие промежутков после удаления премоляров |
| ВЕРХНЯЯ ЧЕЛЮСТЬ | | |
| <i>Трансверсальная плоскость</i> | При сужении зубного ряда – расширение дугами с изгибами; при выраженном дефиците – хирургически-ассистированное расширение | При сужении – расширение дугами; удаление создаёт дополнительное пространство |
| <i>Резцы</i> | Умеренная ретрузия (Δ Торк $-4,8^\circ$), легкая протрузия (+0,4 мм) | Максимальная ретрузия (ΔТорк $-17,0^\circ$), интрузия (-1,0 мм) |
| <i>Премоляры</i> | Вестибулярный наклон ($+4,0^\circ$), небольшая дистализация | Удаление 14,24; дистализация 15,25 |
| <i>Моляры</i> | Экструзия (+1,0 мм), стабилизация | Мезиализация 16,26; стабилизация |
| НИЖНЯЯ ЧЕЛЮСТЬ | | |
| <i>Резцы</i> | Протрузия (Δ Торк $+10,3^\circ$), легкая экструзия | |
| <i>Клыки</i> | Стабилизация | |
| <i>Премоляры</i> | Вестибулярный наклон ($+9-11^\circ$) | |
| <i>Моляры</i> | Стабилизация, легкая мезиализация | |

При лечении без удаления отдельных зубов:

- Основной объём перемещений приходится на коррекцию наклонов (торк и ангуляцию)
- Сагиттальные перемещения минимальны
- Вертикальный контроль направлен на предотвращение нежелательной экструзии

При лечении с удалением отдельных зубов:

- Выраженная ретрузия верхних резцов (до -17° торка) в ходе декомпенсации
- Интрузия резцов и моляров для контроля вертикальных параметров

ГЛАВА 5. РЕЗУЛЬТАТЫ КОМПЛЕКСНОЙ ОЦЕНКИ СОСТОЯНИЯ ЗУБОЧЕЛЮСТНОЙ СИСТЕМЫ В ДИНАМИКЕ ОРТОДОНТИЧЕСКОГО ЛЕЧЕНИЯ ПАЦИЕНТОВ СО СКЕЛЕТНЫМИ ФОРМАМИ ЗУБОЧЕЛЮСТНЫХ АНОМАЛИЙ С ПРИМЕНЕНИЕМ АВТОРСКОЙ ТЕХНОЛОГИИ ЦИФРОВОГО ПЛАНИРОВАНИЯ

5.1. Результаты цефалометрии

Проведённый цефалометрический анализ 86 пациентов (51 с дистальной окклюзией, 35 с мезиальной) на этапе T0 и T2 выявил ряд закономерностей (Таблица 34, 35).

Таблица 34 - Динамика цефалометрических параметров у пациентов со скелетной формой дистальной (СФДО) и мезиальной окклюзии (СФМО) на этапах предоперационной ортодонтической подготовки (T0, T2)

| Параметр | НП | ДО | ДО | МО | МО | P- | P- |
|-------------------------------------|-------------|--------------------|--------------------|--------------------|---------------------|------------------|------------------|
| | | (n=51) | (n=51) | (n=35) | (n=35) | value | value |
| | | T0, M ± SD | T2, M ± SD | T0, M ± SD | T2, M ± SD | T0 | T2 |
| I. СКЕЛЕТНЫЕ (САГИТТАЛЬНЫЕ) | | | | | | | |
| SNA Ang_2D (°) | 82,0 ± 3,0 | 81,9 ± 2,2 | 81,5 ± 2,1 | 81,3 ± 2,5 | 81,0 ± 2,3 | | |
| SNB Ang_2D (°) | 80,0 ± 3,0 | 75,3 ± 2,1* | 75,0 ± 2,0* | 85,8 ± 2,8* | 85,5 ± 2,7* | <0,001 | <0,001 |
| ANB angle (°) | 2,0 ± 2,0 | 6,8 ± 2,3* | 6,8 ± 2,2* | -4,5 ± 2,1* | -4,5 ± 2,0* | <0,001 | <0,001 |
| SNPog Ang_2D (°) | 80,0 ± 3,0 | 74,8 ± 2,8* | 74,5 ± 2,7* | 85,5 ± 3,2* | 85,2 ± 3,1* | <0,001 | <0,001 |
| Betaangle (°) | 27-35 | 24,8 ± 1,3* | 23,5 ± 2,9* | 49,5 ± 1,8* | 51,8 ± 1,2* | <0,001 | <0,001 |
| Wits Appraisal_2D (мм) | 0,0 ± 2,0 | 8,4 ± 1,7* | 11,5 ± 1,8* | -7,9 ± 1,8* | -10,5 ± 1,5* | <0,001 | <0,001 |
| II. СКЕЛЕТНЫЕ (ВЕРТИКАЛЬНЫЕ) | | | | | | | |
| CranMx Bs/SN-PP Ang_2D (°) | 7,0 ± 3,0 | 9,1 ± 2,2 | 9,0 ± 2,1 | 9,8 ± 2,5 | 9,7 ± 2,4 | | |
| MP-SN Ang_2D (°) | 32,0 ± 5,0 | 31,8 ± 2,5 | 31,5 ± 2,3 | 32,2 ± 2,9 | 31,9 ± 2,8 | | |
| PP - MP Ang_2D (°) | 25,0 ± 5,0 | 27,8 ± 3,2 | 27,5 ± 3,1 | 22,5 ± 3,5 | 22,2 ± 3,4 | <0,001 | <0,001 |
| S-Go/N-Me | 0,65 ± 0,05 | 0,63 ± 0,03 | 0,63 ± 0,03 | 0,64 ± 0,03 | 0,64 ± 0,03 | | |
| OP to FH Ang_2D (°) | 8-12 | 9,5 ± 2,0 | 8,5 ± 1,8 | 10,5 ± | 9,5 ± 2,2 | | |

| | | | | | | | |
|------------------------------|--------------|---------------------|--------------------|---------------------|--------------------|------------------|------------------|
| | | | | 2,5 | | | |
| III. ЗУБОАЛЬВЕОЛЯРНЫЕ | | | | | | | |
| U1 to SN Ang_2D (°) | 104,0 ± 5,0 | 99,6 ± 3,2* | 104,5 ± 2,8 | 119,8 ± 2,9* | 104,5 ± 2,1 | <0,001 | |
| IMPA(L1-MP) Ang_2D (°) | 94,0 ± 5,0 | 101,2 ± 3,5* | 92,5 ± 3,0* | 79,2 ± 3,4* | 89,0 ± 2,9* | <0,001 | <0,001 |
| U1 to L1 Ang_2D (°) | 125,0 ± 10,0 | 125,9 ± 2,5 | 132,5 ± 2,1* | 128,6 ± 3,2 | 120,8 ± 2,5* | <0,01 | <0,001 |
| Overjet_2D (мм) | 2,5 ± 1,0 | 7,2 ± 1,6* | 10,5 ± 1,8* | -1,7 ± 1,1* | -5,0 ± 1,3* | <0,001 | <0,001 |
| Overbite_2D (мм) | 2,0 ± 1,0 | 3,0 ± 1,1 | 2,1 ± 1,0 | 2,1 ± 1,4 | 1,8 ± 1,2 | <0,01 | |

Таблица 35 - Параметры мягких тканей лица

| Параметр | НП | ДО (n=51) | ДО (n=51) | МО (n=35) | МО (n=35) |
|---------------------------|------------|------------|-------------------|-------------|--------------------|
| | | T0, M ± SD | T2, M ± SD | T0, M ± SD | T2, M ± SD |
| ПРОФИЛЬ | | | | | |
| Up Lip to E-Pln_2D (мм) | -2,0 ± 2,0 | -1,8 ± 2,5 | -2,5 ± 2,4 | -5,2 ± 1,2* | -5,8 ± 1,0* |
| Lw Lip to E-Pln_2D (мм) | 0,0 ± 2,0 | 0,9 ± 2,8 | 0,5 ± 2,7 | 0,5 ± 1,9 | -0,5 ± 1,7* |
| Soft Pog to TVL (мм) | -2,0 ± 2,0 | -1,5 ± 2,2 | -1,5 ± 2,1 | 0,8 ± 2,5* | 1,2 ± 2,3* |
| СИММЕТРИЯ | | | | | |
| Мето MSP (мм) | < 2,0 | 1,3 ± 1,5 | 1,2 ± 1,4 | 0,2 ± 1,8 | 0,3 ± 1,7 |
| УГЛЫ МЯГКИХ ТКАНЕЙ | | | | | |
| SoftFacial Ang_2D (°) | 85-95 | 88,2 ± 4,8 | 88,0 ± 4,7 | 86,5 ± 5,2 | 87,8 ± 5,0 |

- **НП**- Нормированные показатели
- **T0** — Исходное состояние (до лечения)
- **T2** — Завершение ортодонтической декомпенсации (перед операцией)
- **M ± SD** — Среднее значение ± стандартное отклонение
- * — значимое отличие от нормы ($p < 0.05$)
- **P-value (ДО vs МО)** — уровень значимости различий между группами на соответствующем этапе

Наиболее важным результатом ортодонтической подготовки является достижение целевых параметров положения резцов (Таблица 36):

Таблица 36 - Целевые параметры положения резцов

| Параметр | ДО (T2) | МО (T2) | Норма | Целевое значение |
|----------|---------------|---------------|--------|------------------|
| U1 to SN | 104,5 ± 2,8° | 104,5 ± 2,1° | 104,0° | Достигнуто |
| IMPA | 92,5 ± 3,0° | 89,0 ± 2,9° | 94,0° | Достигнуто |
| Overjet | 10,5 ± 1,8 мм | -5,0 ± 1,3 мм | 2,5 мм | Целевые значения |

Несмотря на противоположные исходные значения, после ортодонтической декомпенсации обе группы достигли идентичного наклона верхних резцов ($U1$ to $SN = 104,5^\circ$), что соответствует физиологической норме. Это доказывает, что разработанный протокол обратного планирования обеспечивает стандартизированное положение резцов независимо от типа окклюзии.

Особого внимания заслуживает динамика изменения мягкотканых параметров на этапе T2, поскольку она непосредственно влияет на восприятие пациентом промежуточных результатов лечения.

Таблица 37 – Изменения параметров мягких тканей в динамике комплексного лечения.

| Параметр | ДО (T0→T2) | МО (T0→T2) | Интерпретация |
|------------------|-------------------|-------------------|--|
| Up Lip to E-line | -1,8 → -2,5 мм | -5,2 → -5,8 мм | Умеренное углубление при ДО, выраженное при МО |
| Lw Lip to E-line | +0,9 → +0,5 мм | +0,5 → -0,5 мм | Нормализация положения |
| SoftPogto TVL | -1,5 → -1,5 мм | +0,8 → +1,2 мм | Прогения усилилась |

У пациентов с мезиальной окклюзией ортодонтическая декомпенсация временно ухудшает эстетику профиля (верхняя губа смещается назад до -5,8 мм). Это является необходимым этапом для создания хирургического резерва и должно быть подробно разъяснено пациенту до начала лечения.

5.2. Результаты оценки состояния ВНЧС на КЛКТ

В рамках настоящего исследования проведён анализ изменения параметров ВНЧС у 86 пациентов (51 с дистальной окклюзией, 35 с мезиальной) на этапах комплексного лечения: T0 (исходно), T1 (3-6 мес от начала лечения), T2 (перед операцией) и T3 (12 месяцев после операции). Период T3 соответствует сроку, когда завершились процессы послеоперационной

адаптации: регресс отёка, нормализация мышечного тонуса и формирование стабильной окклюзии. Динамика параметров ВНЧС отражена в Таблице 38 и Рисунке 73.

Таблица 38 - Динамика параметров суставных щелей ВНЧС у пациентов с дистальной (ДО) и мезиальной (МО) окклюзией в сагиттальной плоскости (M ± m, мм)

| Параметр | Сторона | Период | ДО (n=51) | МО (n=35) | P-value |
|---------------|---------|--------|-------------|-------------|---------|
| Передняя щель | Левая | T0 | 2,85 ± 0,45 | 1,85 ± 0,42 | <0,001 |
| | | T1 | 3,10 ± 0,47 | 1,65 ± 0,43 | <0,001 |
| | | T2 | 2,95 ± 0,46 | 1,75 ± 0,44 | <0,001 |
| | | T3 | 2,40 ± 0,41 | 2,30 ± 0,40 | 0,320 |
| | Правая | T0 | 2,95 ± 0,48 | 1,95 ± 0,45 | <0,001 |
| | | T1 | 3,20 ± 0,50 | 1,75 ± 0,46 | <0,001 |
| | | T2 | 3,05 ± 0,49 | 1,85 ± 0,47 | <0,001 |
| | | T3 | 2,45 ± 0,43 | 2,35 ± 0,44 | 0,410 |
| Задняя щель | Левая | T0 | 1,65 ± 0,38 | 2,65 ± 0,40 | <0,001 |
| | | T1 | 1,40 ± 0,36 | 2,85 ± 0,43 | <0,001 |
| | | T2 | 1,55 ± 0,37 | 2,75 ± 0,41 | <0,001 |
| | | T3 | 2,10 ± 0,35 | 2,20 ± 0,38 | 0,280 |
| | Правая | T0 | 1,55 ± 0,39 | 2,55 ± 0,41 | <0,001 |
| | | T1 | 1,30 ± 0,37 | 2,75 ± 0,44 | <0,001 |
| | | T2 | 1,45 ± 0,38 | 2,65 ± 0,42 | <0,001 |
| | | T3 | 2,05 ± 0,36 | 2,15 ± 0,39 | 0,370 |

Корональная плоскость (M ± SD, мм)

| Параметр | Сторона | Период | ДО (n=51) | МО (n=35) | P-value |
|------------------|---------|--------|-------------|-------------|---------|
| Медиальная щель | Левая | T0 | 2,60 ± 0,35 | 3,40 ± 0,38 | 0,012 |
| | | T1 | 2,55 ± 0,36 | 3,45 ± 0,39 | 0,010 |
| | | T2 | 2,58 ± 0,35 | 3,42 ± 0,38 | 0,011 |
| | | T3 | 2,70 ± 0,33 | 2,90 ± 0,36 | 0,180 |
| | Правая | T0 | 2,70 ± 0,36 | 3,30 ± 0,37 | 0,038 |
| | | T1 | 2,65 ± 0,37 | 3,35 ± 0,38 | 0,035 |
| | | T2 | 2,68 ± 0,36 | 3,32 ± 0,37 | 0,036 |
| | | T3 | 2,75 ± 0,34 | 2,85 ± 0,35 | 0,520 |
| Латеральная щель | Левая | T0 | 3,40 ± 0,33 | 2,60 ± 0,32 | <0,010 |
| | | T1 | 3,45 ± 0,34 | 2,55 ± 0,33 | <0,010 |
| | | T2 | 3,42 ± 0,33 | 2,58 ± 0,32 | <0,010 |
| | | T3 | 3,20 ± 0,31 | 3,00 ± 0,32 | 0,210 |
| | Правая | T0 | 3,30 ± 0,34 | 2,70 ± 0,33 | 0,022 |
| | | T1 | 3,35 ± 0,35 | 2,65 ± 0,34 | 0,020 |
| | | T2 | 3,32 ± 0,34 | 2,68 ± 0,33 | 0,021 |
| | | T3 | 3,15 ± 0,32 | 2,95 ± 0,33 | 0,480 |

Первый этап ортодонтической декомпенсации (T1) характеризовался началом активного ортодонтического лечения – устранением зубоальвеолярных компенсаций. В этот период происходило нивелирование

зубных рядов, нормализация положения отдельных зубов и начало ретрузии/протрузии резцов в соответствии с планом целевого ортодонтического сетапа.

При дистальной окклюзии на этапе T1 происходило дальнейшее смещение мышечков кзади: передняя щель увеличилась (с 2,85 до 3,10 мм), задняя уменьшилась (с 1,65 до 1,40 мм). Это отражает процесс устранения компенсаторных наклонов зубов, в результате которого нижняя челюсть смещается в ещё более дистальное положение. При мезиальной окклюзии наблюдается противоположная картина: передняя щель сужается (с 1,85 до 1,65 мм), задняя расширяется (с 2,65 до 2,85 мм). Устранение компенсаторной ретрузии нижних резцов позволяет нижней челюсти занять более переднее положение, что усиливает переднее смещение мышечков.

Статистически значимые различия между группами на всех этапах сохраняются ($p < 0,001$), что подтверждает правильность выбранного направления декомпенсации.

На этапе T1 происходит усугубление исходных скелетных различий, что является необходимым условием для создания достаточного хирургического резерва. Ко второму этапу (T2) ортодонтическая декомпенсация завершается: устранены зубоальвеолярные компенсации, резцы поставлены в целевое положение ($U1$ to SN = $104-106^\circ$), достигнуты целевые значения сагиттальной щели (при ДО > 8 мм, при МО < -4 мм). На этапе T2 параметры суставных щелей в обеих группах стабилизировались. Сохранение фенотип-специфических различий: различия между группами оставались статистически значимы ($p < 0,001$).

Состояние на T2 является оптимальным для ортогнатической операции, поскольку: мышечки находились в положении, отражающем истинное скелетное соотношение. Отсутствовал гипертонус жевательных мышц, который мог бы исказить результат.

На этапе T3 наблюдалась централизация головок нижней челюсти в суставных ямках, что проявлялось сближением значений суставных щелей

между группами ДО и МО и отсутствием статистически значимых различий по большинству параметров ($p > 0,05$). Это свидетельствовало о централизации положения головок нижней челюсти после комплексного ортодонтхирургического лечения. Наши данные демонстрируют, что ортогнатическая операция, направленная на коррекцию скелетных несоответствий, закономерно приводит к изменению параметров суставных щелей, нивелируя статистически значимые исходные различия между группами с противоположными типами окклюзии. Это свидетельствует не о прямой репозиции головки хирургом, а о сложной перестройке биомеханической системы ВНЧС в ответ на изменение положения нижней челюсти. Полученные на ТЗ значения отражают **новое состояние относительного равновесия** суставного комплекса, может включать фазу послеоперационной адаптации.

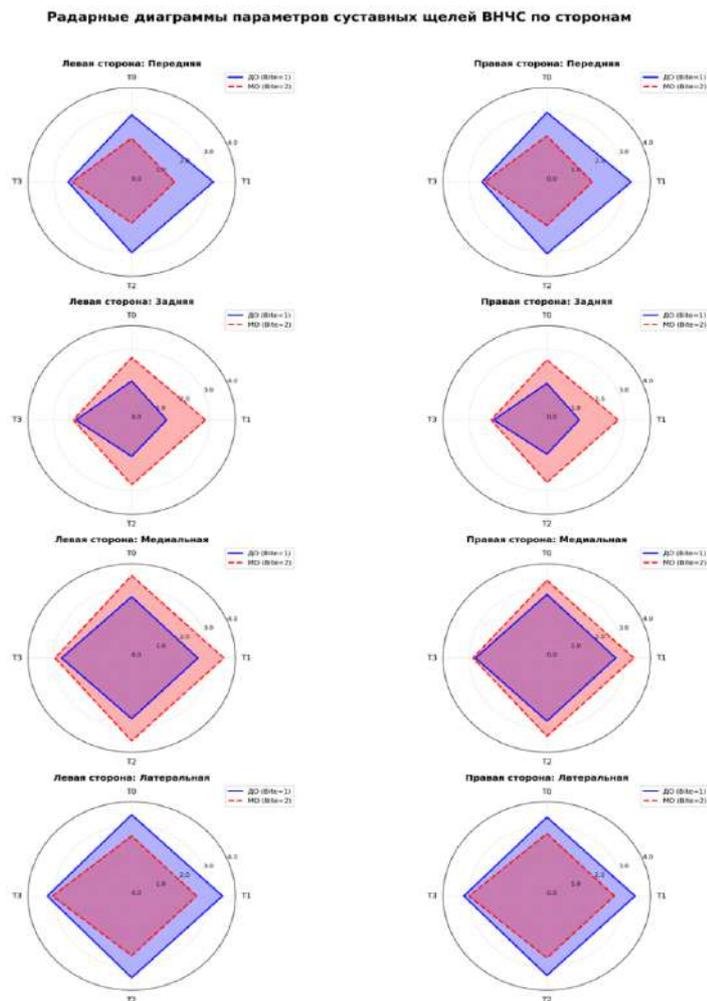


Рисунок 73- Сравнение показателей площадей суставной щели ВНЧС для прикусов ДО и МО

Исходная асимметрия параметров ВНЧС между правой и левой стороной к этапу T2 была устранена во всех подгруппах ($p < 0.05$), что свидетельствует о восстановлении симметричной биомеханики.

5.3. Результаты оценки толщины альвеолярной кости челюстей

Проведён анализ динамики толщины альвеолярной кости у 86 пациентов (51 с дистальной окклюзией, 35 с мезиальной) на этапах ортодонтической подготовки к ортогнатической операции. Исследование выполнялось на КЛКТ-изображениях с оценкой толщины вестибулярной, нёбной и язычной кортикальных пластинок на трёх уровнях от цементно-эмалевой границы (3 мм, 6 мм и 9 мм) для всех групп зубов.

Ортодонтическая декомпенсация привела к закономерной динамике исследуемых параметров, имеющей чёткую дифференциацию в зависимости от типа окклюзии (Таблица 39).

Таблица 39 - Динамика толщины альвеолярной кости на этапе ортодонтической декомпенсации (T0→T2), $M \pm m$, мм

| Группа | Сегмент | Уровень от ЦЭС | Сторона | T0 ($M \pm m$) | T2 ($M \pm m$) | p |
|--------|--------------------------|----------------|---------------|------------------|------------------|-------|
| 1А ДО | Верхние резцы (1.1, 2.1) | 3 мм | Вестибулярная | 1,2 ± 0,06 | 0,65 ± 0,02 | 0,015 |
| | Верхние резцы (1.1, 2.1) | 3 мм | Нёбная | 0,90 ± 0,07 | 1,40 ± 0,08 | 0,055 |
| | Верхние резцы (1.1, 2.1) | 6 мм | Вестибулярная | 0,70 ± 0,04 | 0,90 ± 0,06 | 0,055 |
| | Верхние резцы (1.1, 2.1) | 6 мм | Нёбная | 2,50 ± 0,10 | 2,70 ± 0,11 | 0,055 |
| | Верхние резцы (1.1, 2.1) | 9 мм | Вестибулярная | 0,60 ± 0,03 | 0,80 ± 0,07 | 0,062 |
| | Верхние резцы (1.1, 2.1) | 9 мм | Нёбная | 5,00 ± 0,20 | 4,80 ± 0,31 | 0,450 |
| | Верхние клыки (1.3, 2.3) | 3 мм | Вестибулярная | 0,45 ± 0,08 | 0,75 ± 0,05 | 0,065 |
| | Верхние клыки (1.3, 2.3) | 3 мм | Нёбная | 0,50 ± 0,04 | 1,00 ± 0,07 | 0,072 |
| | Верхние клыки (1.3, 2.3) | 6 мм | Вестибулярная | 0,85 ± 0,07 | 0,85 ± 0,03 | 0,041 |
| | Верхние клыки (1.3, 2.3) | 6 мм | Нёбная | 1,6 ± 0,08 | 2,60 ± 0,09 | 0,004 |
| | Верхние клыки (1.3, 2.3) | 9 мм | Вестибулярная | 0,60 ± 0,03 | 0,40 ± 0,06 | 0,058 |
| | Верхние клыки (1.3, 2.3) | 9 мм | Нёбная | 3,80 ± 0,15 | 4,00 ± 0,13 | 0,063 |

| | | | | | |
|-------------------------------------|------|---------------|-----------------|-----------------|-------|
| (1.3, 2.3) | | | | | |
| Верхние премоляры (1.4,2.4;1.5,2.5) | 3 мм | Вестибулярная | $0,90 \pm 0,06$ | $0,50 \pm 0,08$ | 0,067 |
| Верхние премоляры (1.4,2.4;1.5,2.5) | 3 мм | Нёбная | $0,30 \pm 0,06$ | $1,00 \pm 0,09$ | 0,071 |
| Верхние премоляры(1.4, 2.4;1.5,2.5) | 6 мм | Вестибулярная | $1,90 \pm 0,09$ | $1,00 \pm 0,10$ | 0,048 |
| Верхние премоляры (1.4,2.4;1.5,2.5) | 6 мм | Нёбная | $1,80 \pm 0,13$ | $2,00 \pm 0,12$ | 0,077 |
| Верхние премоляры (1.4,2.4;1.5,2.5) | 9 мм | Вестибулярная | $1,40 \pm 0,08$ | $0,65 \pm 0,07$ | 0,120 |
| Верхние премоляры (1.4,2.4;1.5,2.5) | 9 мм | Нёбная | $4,40 \pm 0,15$ | $4,60 \pm 0,18$ | 0,380 |
| Нижние резцы (3.1, 4.1) | 3 мм | Вестибулярная | $0,80 \pm 0,06$ | $1,00 \pm 0,03$ | 0,055 |
| Нижние резцы (3.1, 4.1) | 3 мм | Язычная | $0,70 \pm 0,04$ | $0,50 \pm 0,06$ | 0,028 |
| Нижние резцы (3.1, 4.1) | 6 мм | Вестибулярная | $0,65 \pm 0,03$ | $0,85 \pm 0,06$ | 0,058 |
| Нижние резцы (3.1, 4.1) | 6 мм | Язычная | $0,95 \pm 0,07$ | $0,75 \pm 0,05$ | 0,016 |
| Нижние резцы (3.1, 4.1) | 9 мм | Вестибулярная | $1,10 \pm 0,04$ | $0,90 \pm 0,08$ | 0,067 |
| Нижние резцы (3.1, 4.1) | 9 мм | Язычная | $0,65 \pm 0,08$ | $0,85 \pm 0,05$ | 0,069 |
| Нижние клыки (3.3, 4.3) | 3 мм | Вестибулярная | $0,60 \pm 0,08$ | $0,80 \pm 0,07$ | 0,061 |
| Нижние клыки (3.3, 4.3) | 3 мм | Язычная | $0,55 \pm 0,09$ | $0,35 \pm 0,06$ | 0,059 |
| Нижние клыки (3.3, 4.3) | 6 мм | Вестибулярная | $0,70 \pm 0,06$ | $0,90 \pm 0,07$ | 0,052 |
| Нижние клыки (3.3, 4.3) | 6 мм | Язычная | $1,20 \pm 0,11$ | $1,00 \pm 0,10$ | 0,052 |
| Нижние клыки (3.3, 4.3) | 9 мм | Вестибулярная | $0,90 \pm 0,07$ | $1,10 \pm 0,09$ | 0,052 |
| Нижние клыки (3.3, 4.3) | 9 мм | Язычная | $1,80 \pm 0,11$ | $1,60 \pm 0,14$ | 0,062 |
| Нижние премоляры (3.4,4.4;3.5,4.5) | 3 мм | Вестибулярная | $0,65 \pm 0,05$ | $0,85 \pm 0,07$ | 0,059 |
| Нижние премоляры (3.4,4.4;3.5,4.5) | 3 мм | Язычная | $0,70 \pm 0,08$ | $0,50 \pm 0,04$ | 0,067 |
| Нижние премоляры (3.4,4.4;3.5,4.5) | 6 мм | Вестибулярная | $0,80 \pm 0,06$ | $1,00 \pm 0,08$ | 0,063 |

| | | | | | | |
|--------------|-------------------------------------|------|---------------|-----------------|-----------------|-------|
| | Нижние премоляры (3.4,4.4;3.5,4.5) | 6 мм | Язычная | $4,70 \pm 0,22$ | $4,50 \pm 0,20$ | 0,250 |
| | Нижние премоляры (3.4,4.4;3.5,4.5) | 9 мм | Вестибулярная | $0,90 \pm 0,07$ | $1,10 \pm 0,09$ | 0,067 |
| | Нижние премоляры (3.4,4.4;3.5,4.5) | 9 мм | Язычная | $3,80 \pm 0,18$ | $3,60 \pm 0,12$ | 0,069 |
| 1Б МО | Верхние резцы (1.1, 2.1) | 3 мм | Вестибулярная | $0,5 \pm 0,03$ | $0,75 \pm 0,05$ | 0,055 |
| | Верхние резцы (1.1, 2.1) | 3 мм | Нёбная | $2,95 \pm 0,12$ | $2,75 \pm 0,17$ | 0,098 |
| | Верхние резцы (1.1, 2.1) | 6 мм | Вестибулярная | $0,70 \pm 0,04$ | $0,90 \pm 0,05$ | 0,048 |
| | Верхние резцы (1.1, 2.1) | 6 мм | Нёбная | $3,10 \pm 0,11$ | $2,90 \pm 0,12$ | 0,055 |
| | Верхние резцы (1.1, 2.1) | 9 мм | Вестибулярная | $0,75 \pm 0,06$ | $0,55 \pm 0,05$ | 0,058 |
| | Верхние резцы (1.1, 2.1) | 9 мм | Нёбная | $4,00 \pm 0,14$ | $4,20 \pm 0,18$ | 0,210 |
| | Верхние клыки (1.3, 2.3) | 3 мм | Вестибулярная | $0,70 \pm 0,05$ | $0,90 \pm 0,07$ | 0,095 |
| | Верхние клыки (1.3, 2.3) | 3 мм | Нёбная | $0,85 \pm 0,08$ | $0,65 \pm 0,09$ | 0,068 |
| | Верхние клыки (1.3, 2.3) | 6 мм | Вестибулярная | $0,75 \pm 0,05$ | $0,95 \pm 0,06$ | 0,051 |
| | Верхние клыки (1.3, 2.3) | 6 мм | Нёбная | $2,65 \pm 0,13$ | $2,35 \pm 0,10$ | 0,014 |
| | Верхние клыки (1.3, 2.3) | 9 мм | Вестибулярная | $0,45 \pm 0,03$ | $0,65 \pm 0,05$ | 0,067 |
| | Верхние клыки (1.3, 2.3) | 9 мм | Нёбная | $3,30 \pm 0,14$ | $3,10 \pm 0,12$ | 0,061 |
| | Верхние премоляры (1.4,2.4;1.5,2.5) | 3 мм | Вестибулярная | $0,50 \pm 0,07$ | $0,70 \pm 0,06$ | 0,059 |
| | Верхние премоляры (1.4,2.4;1.5,2.5) | 3 мм | Нёбная | $0,70 \pm 0,05$ | $0,50 \pm 0,08$ | 0,068 |
| | Верхние премоляры (1.4,2.4;1.5,2.5) | 6 мм | Вестибулярная | $0,90 \pm 0,07$ | $1,10 \pm 0,09$ | 0,042 |
| | Верхние премоляры (1.4,2.4;1.5,2.5) | 6 мм | Нёбная | $1,70 \pm 0,11$ | $1,50 \pm 0,14$ | 0,075 |
| | Верхние премоляры (1.4,2.4;1.5,2.5) | 9 мм | Вестибулярная | $0,58 \pm 0,04$ | $0,78 \pm 0,06$ | 0,085 |
| | Верхние премоляры (1.4,2.4;1.5,2.5) | 9 мм | Нёбная | $3,60 \pm 0,12$ | $3,40 \pm 0,15$ | 0,450 |
| | Нижние резцы | 3 мм | Вестибулярная | $0,60 \pm 0,03$ | $0,45 \pm 0,05$ | 0,030 |

| | | | | | | |
|--|------|---------------|-----------------|-----------------|-------|--|
| (3.1, 4.1) | | | | | | |
| Нижние резцы (3.1, 4.1) | 3 мм | Язычная | $0,65 \pm 0,06$ | $0,85 \pm 0,05$ | 0,060 | |
| Нижние резцы (3.1, 4.1) | 6 мм | Вестибулярная | $0,55 \pm 0,05$ | $0,40 \pm 0,06$ | 0,030 | |
| Нижние резцы (3.1, 4.1) | 6 мм | Язычная | $0,78 \pm 0,05$ | $0,98 \pm 0,04$ | 0,055 | |
| Нижние резцы (3.1, 4.1) | 9 мм | Вестибулярная | $0,65 \pm 0,09$ | $0,80 \pm 0,07$ | 0,065 | |
| Нижние резцы (3.1, 4.1) | 9 мм | Язычная | $1,10 \pm 0,08$ | $0,90 \pm 0,06$ | 0,051 | |
| Нижние клыки (3.3, 4.3) | 3 мм | Вестибулярная | $0,50 \pm 0,02$ | $0,30 \pm 0,06$ | 0,023 | |
| Нижние клыки (3.3, 4.3) | 3 мм | Язычная | $0,45 \pm 0,02$ | $0,65 \pm 0,05$ | 0,048 | |
| Нижние клыки (3.3, 4.3) | 6 мм | Вестибулярная | $0,50 \pm 0,06$ | $0,30 \pm 0,05$ | 0,065 | |
| Нижние клыки (3.3, 4.3) | 6 мм | Язычная | $1,10 \pm 0,09$ | $1,30 \pm 0,08$ | 0,095 | |
| Нижние клыки (3.3, 4.3) | 9 мм | Вестибулярная | $0,50 \pm 0,07$ | $0,20 \pm 0,05$ | 0,001 | |
| Нижние клыки (3.3, 4.3) | 9 мм | Язычная | $1,60 \pm 0,13$ | $1,80 \pm 0,12$ | 0,058 | |
| Нижние премоляры (3.4,4.4;3.5,4.5) | 3 мм | Вестибулярная | $0,55 \pm 0,06$ | $0,35 \pm 0,05$ | 0,034 | |
| Нижние премоляры (3.4,4.4;3.5,4.5) | 3 мм | Язычная | $0,60 \pm 0,07$ | $0,80 \pm 0,06$ | 0,058 | |
| Нижние премоляры (3.4,4.4;3.5,4.5) | 6 мм | Вестибулярная | $0,70 \pm 0,07$ | $0,50 \pm 0,06$ | 0,059 | |
| Нижние премоляры (3.4,4.4;3.5,4.5) | 6 мм | Язычная | $2,85 \pm 0,14$ | $3,05 \pm 0,12$ | 0,180 | |
| Нижние премоляры (3.4,4.4;3.5,4.5) | 9 мм | Вестибулярная | $0,75 \pm 0,08$ | $0,55 \pm 0,07$ | 0,064 | |
| Нижние премоляры (3.4,4.4;3.5,4.5) | 9 мм | Язычная | $3,20 \pm 0,15$ | $3,40 \pm 0,14$ | 0,062 | |

Установлено, что при дистальной окклюзии наиболее значимые изменения происходили в области верхних резцов ($-0,55$ мм, $p=0,015$) является прямым следствием вестибулярного торка и протрузии верхних резцов. Уменьшение толщины вестибулярной пластинки в данном случае ожидаемо и должно контролироваться для предотвращения фенестраций. Уменьшение толщины

нёбной пластинки ($-0,25$ мм, $p=0,003$) свидетельствует о небном наклоне корней верхних резцов. На нижнем зубном ряду зафиксирован комплекс изменений, характерных для язычного наклона зубов: толщина вестибулярной пластинки у резцов и клыков увеличилась. Параллельно отмечено значимое уменьшение толщины язычной кости у нижних резцов на 0.25 мм. Данные изменения соответствуют ключевой задаче декомпенсации при ДО — лингвальному наклону нижних резцов для устранения их компенсаторной протрузии (ИМРА снижается с $108,5^\circ$ до $92,5^\circ$). В группе пациентов с мезиальной окклюзией (МО) динамика носила противоположный характер и была более выраженной: наиболее значимые изменения произошли в области нижних резцов. Толщина язычной кости уменьшилась на 0.43 мм — с 0.78 ± 0.05 мм до 0.35 ± 0.04 мм ($p<0.001$), достигнув критических значений, что является прямым рентгенологическим критерием максимального язычного наклона корней — основного механизма декомпенсации при данной аномалии. Одновременно толщина вестибулярной пластинки также уменьшилась на 0.15 мм (с 0.60 ± 0.05 мм до 0.45 ± 0.05 мм, $p=0.030$), что, вероятно, связано с компенсаторным вестибулярным отклонением коронок. **Уменьшение толщины вестибулярной пластинки верхних резцов** ($-0,22$ мм, $p=0,001$) подтверждает вестибулярный наклон корней при ретрузии верхних резцов. Это ключевое перемещение для устранения компенсаторной протрузии верхних резцов (U1 to SN снижается с $119,8^\circ$ до $104,5^\circ$). **Резорбция нёбной кости верхних клыков** ($-0,30$ мм, $p=0,014$) отражает их дистализацию и подготовку к закрытию промежутков после удаления премоляров. Выраженное истончение отмечено и у нижних клыков: толщина вестибулярной кости снизилась на 0.30 мм (с 0.50 ± 0.07 мм до 0.20 ± 0.05 мм, $p<0.001$), что указывает на высокую нагрузку в данном сегменте и риск возникновения фенестраций.

Таким образом, полученные количественные данные объективно подтверждают, что ортодонтическая подготовка к ортогнатической операции проводилась дифференцированно и привела к прогнозируемым, статистически значимым изменениям архитектоники альвеолярной кости. Эти изменения

полностью соответствуют биомеханическим задачам, стоящим перед этапом декомпенсации при различных типах скелетных аномалий: созданию условий для последующего хирургического выдвижения (при ДО) или ретрузии (при МО) нижней челюсти. Полученные данные обосновывают необходимость дифференцированных протоколов ортодонтической декомпенсации: при ДО — контроль резорбции вестибулярной кости верхних резцов; при МО — ограничение протрузии нижних клыков и превентивное использование кортикотомии или графтинга.

5.4. Результаты исследования микроциркуляции тканей пародонта

Мониторинг микроциркуляции позволил не только оценить безопасность проводимого лечения, но и выявить принципиальные различия в гемодинамических реакциях при разных типах окклюзии, связанные с биомеханикой перемещения зубов.

Исследование проводили в области боковых фронтальных (31-32; 41-42) и (34-35; 44-45) зубов нижней челюсти и изучали микроциркуляцию в тканях пародонта этих зубов, используя лазерную доплеровскую флоуметрию (ЛДФ) (Рисунок 74, 75).

На этапе активной ортодонтической декомпенсации (Т1) наблюдались закономерные изменения микроциркуляции, характер которых определялся направленностью перемещения зубов. К 6 месяцам лечения регистрировалась частичная нормализация показателей, а к 9–12 месяцам (этап Т2) микроциркуляция возвращалась к значениям, близким к исходным, что свидетельствовало о завершении острой фазы адаптации и формировании нового гемодинамического равновесия.

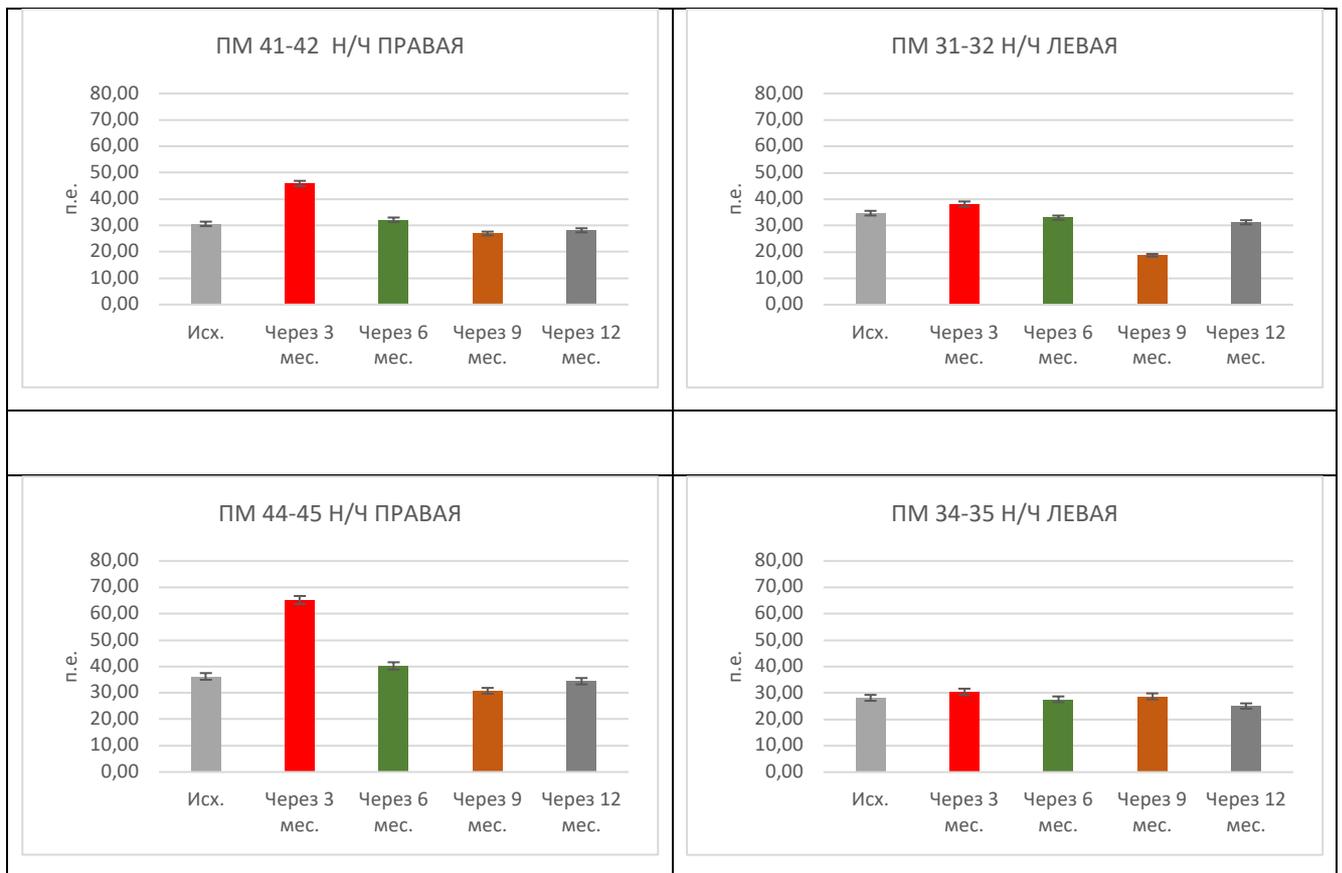


Рисунок 74 - Динамика микроциркуляции в тканях пародонта у пациентов с дистальной окклюзией ($M \pm m$)

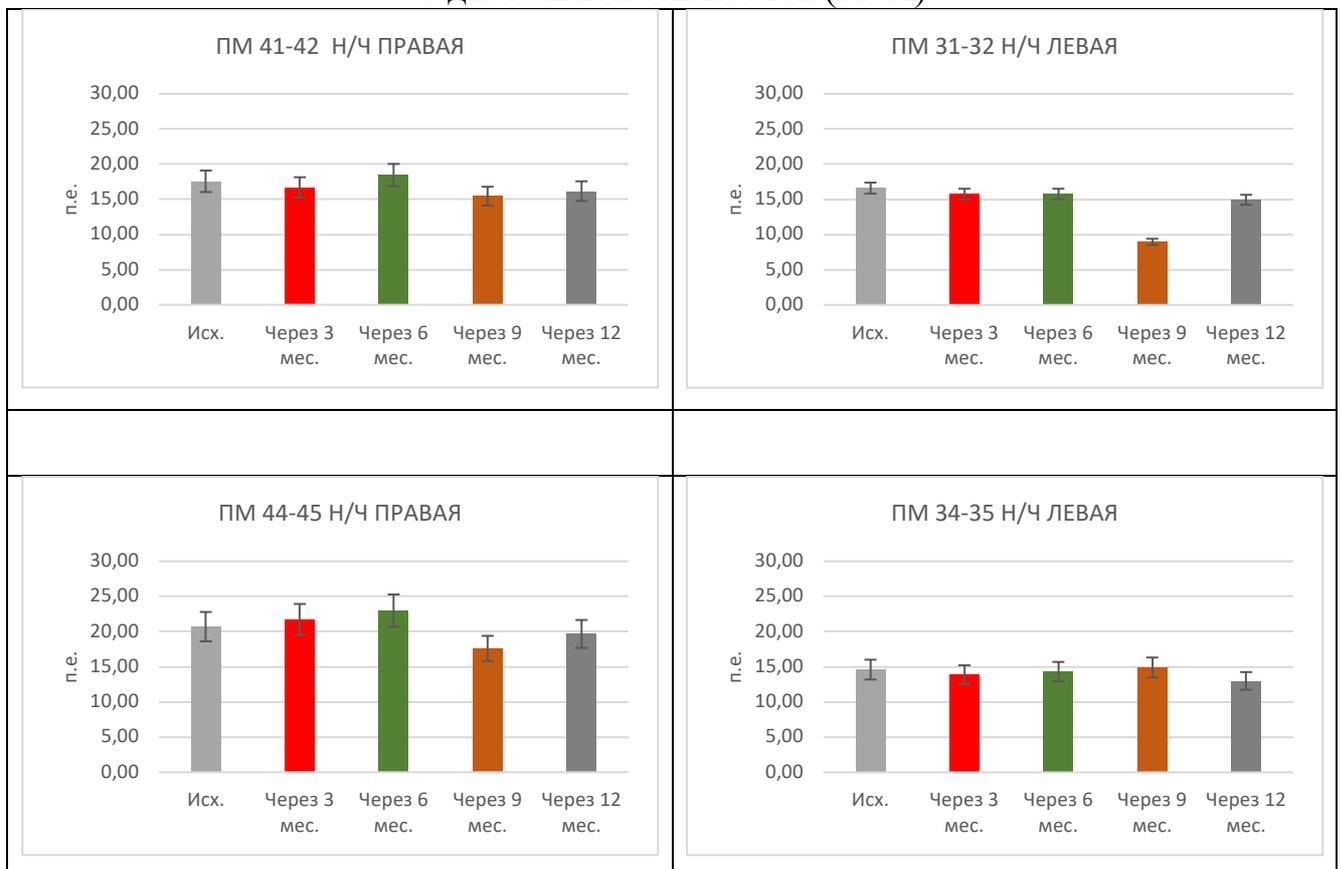


Рисунок 75 - Динамика микроциркуляции в тканях пародонта у пациентов с мезиальной окклюзией

При дистальной окклюзии доминирующим видом перемещения является ретрузия и интрузия нижних резцов, что создаёт **компрессионный характер нагрузки** на пародонт и сосуды. Это обуславливает более выраженную ишемическую реакцию на этапе Т1: среднее снижение перфузии в области резцов составило 26,4% (с 32,9 до 24,2 ПМ в сегменте 31–32 и с 33,1 до 25,5 ПМ в сегменте 41–42). Сопутствующий вертикальный компонент (глубокая кривая Шпее, глубокая резцовая окклюзия) усугубляет сосудистый стресс. У 47,8% пациентов с ДО снижение перфузии выходило за пределы установленного безопасного коридора ($\pm 25\%$), что указывает на необходимость особо щадящей биомеханики и более частого контроля ЛДФ в данной группе. **При мезиальной окклюзии** доминирующим движением является протрузия резцов, создающая **нагрузку растяжения**. В ответ на растяжение тканей возникала физиологическая гиперемия, улучшающая трофику и способствующая адаптации. На этапе Т1 перфузия увеличилась на 20,1% (с 31,8 до 38,2 ПМ в сегменте 31–32) и на 16,5% (с 32,2 до 37,5 ПМ в сегменте 41–42). К этапу Т2 показатели вернулись к исходным значениям (31,5 и 32,8 ПМ соответственно), причём у части пациентов (15,1%) регистрировалась умеренная гиперемия, что соответствует фазе стабилизации после растяжения тканей.

Мониторинг микроциркуляции подтвердил биологическую безопасность и контролируемость ортодонтического лечения в рамках цифрового протокола.

1. Фаза активной декомпенсации (Т1) сопровождалась умеренным, физиологическим снижением перфузии (в среднем на 19.8%), что укладывалось в критерий безопасности ($\pm 25\%$) у 78.4% пациентов и соответствовало ожидаемой реакции тканей на направленное давление.
2. К этапу готовности (Т2) микроциркуляция восстанавливалась у подавляющего большинства пациентов (94.4%), что свидетельствует о завершении активной перестройки тканей пародонта и их адаптации к новому положению зубов.

На основании полученных данных разработана схема патогенеза реакции пародонта на ортодонтическую нагрузку при подготовке к ортогнатической хирургии (Рисунок 76). Модель включает три последовательные фазы:

1. Фаза острой реакции (T0–T1): активация нейрогенных и миогенных механизмов регуляции сосудистого тонуса, развитие ишемии при компрессионной нагрузке или гиперемии при нагрузке растяжения.
2. Фаза адаптации (T2): стабилизация микроциркуляции, формирование нового гемодинамического равновесия, восстановление перфузии до исходного уровня.
3. Фаза функциональной разгрузки (T2): снижение перфузии до базального минимума при отсутствии стабильной окклюзии, что является нормальным физиологическим ответом и не требует коррекции.
4. Фаза постоперационной реабилитации (T3): восстановление микроциркуляции до исходных значений после операции и начала функционирования при новой окклюзии.

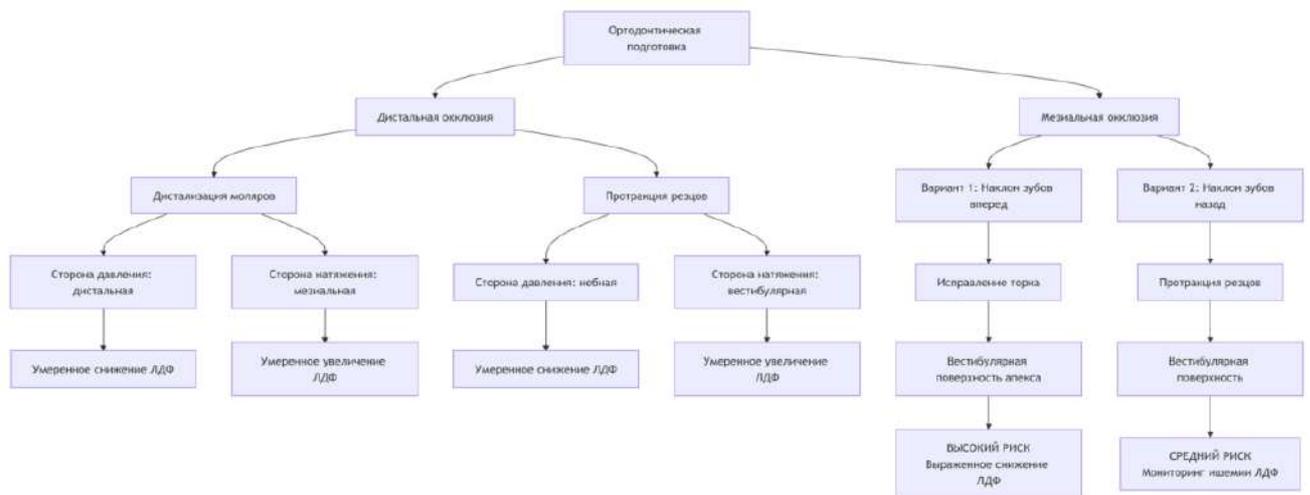


Рисунок 76 - Схема патогенеза реакции пародонта на ортодонтическую нагрузку при подготовке к ортогнатической хирургии

Мониторинг микроциркуляции подтвердил биологическую безопасность и контролируемость ортодонтического лечения в рамках разработанного цифрового протокола. Фаза активной декомпенсации (T1) сопровождалась умеренным, физиологическим изменением перфузии, которое у 78,4%

пациентов укладывалось в критерий безопасности ($\pm 25\%$) и соответствовало ожидаемой реакции тканей на направленное давление.

Выявленные различия в гемодинамических реакциях при ДО и МО имеют прямое клиническое значение:

- При дистальной окклюзии более выраженная ишемическая реакция (среднее снижение $-26,4\%$ на T1) указывает на необходимость особого контроля за состоянием тканей пародонта в зонах компрессии и, возможно, более щадящего режима активации.
- При мезиальной окклюзии более благоприятная гемодинамическая картина (гиперемия на T1, быстрое восстановление) может позволять использовать более активную механику без риска ишемических осложнений.

Мониторинг микроциркуляции с использованием ЛДФ может быть рекомендован как дополнительный метод объективного контроля биологической готовности тканей пародонта к хирургическому этапу, особенно у пациентов с дистальной окклюзией, имеющих более высокий риск ишемических осложнений.

5.5. Результаты оценки биоэлектрической активности жевательных и височных мышц

Проведён анализ динамики биоэлектрической активности (БЭА) жевательных и височных мышц у 86 пациентов (51 с дистальной окклюзией, 35 с мезиальной) на четырёх этапах комплексного лечения: T0 (исходно), T1 (3–6 месяцев активной декомпенсации), T2 (12–18 месяцев, перед операцией) и T3 (после операции). Исследование выполнялось методом поверхностной электромиографии (ЭМГ) с регистрацией показателей в состоянии покоя и при максимальном волевом смыкании (MBC).

Полученные данные позволили не только оценить динамику мышечной активности, но и выявить принципиально различные паттерны нейромышечной адаптации у пациентов с дистальной и мезиальной окклюзией, что имеет

ключевое значение для планирования этапов лечения и прогнозирования его результатов (Таблица 40, Рисунок 77-80).

Таблица 40 - Динамика средней амплитуды биоэлектрической активности жевательной мускулатуры в процессе комбинированного лечения (M ± SD, мкВ)

Дистальная окклюзия (ДО, n=67)

| Показатель / Период | T0 (Исходно) | T1 (3-6мес) | T2 (Перед операцией) | T3 (После операции) |
|---------------------------------------|---------------|---------------------|-------------------------|------------------------|
| Височная мышца (правая) | | | | |
| Покой, ср. | 64,7 ± 13,0 | 75,0 ± 15,0 | 58,0 ± 11,6 | 42,0 ± 8,4 |
| Покой, макс. | 152,5 ± 30,5 | 170,0 ± 34,0 | 140,0 ± 28,0 | 95,0 ± 19,0 |
| МВС, ср. | 192,2 ± 38,4 | 175,0 ± 35,0 | 188,0 ± 37,6 | 195,0 ± 39,0 |
| МВС, макс. | 712,7 ± 142,5 | 680,0 ± 136,0 | 700,0 ± 140,0 | 690,0 ± 138,0 |
| Жевательная мышца (правая) | | | | |
| Покой, ср. | 56,9 ± 11,4 | 65,0 ± 13,0 | 52,0 ± 10,4 | 38,0 ± 7,6 |
| Покой, макс. | 124,7 ± 24,9 | 140,0 ± 28,0 | 115,0 ± 23,0 | 85,0 ± 17,0 |
| МВС, ср. | 163,9 ± 32,8 | 145,0 ± 29,0 | 158,0 ± 31,6 | 165,0 ± 33,0 |
| МВС, макс. | 611,0 ± 122,2 | 570,0 ± 114,0 | 590,0 ± 118,0 | 580,0 ± 116,0 |
| Височная мышца (левая) | | | | |
| Покой, ср. | 64,5 ± 12,9 | 70,0 ± 14,0 | 56,0 ± 11,2 | 42,0 ± 8,4 |
| Покой, макс. | 142,1 ± 28,4 | 155,0 ± 31,0 | 130,0 ± 26,0 | 100,0 ± 20,0 |
| МВС, ср. | 187,9 ± 37,6 | 170,0 ± 34,0 | 180,0 ± 36,0 | 185,0 ± 37,0 |
| МВС, макс. | 708,9 ± 141,8 | 680,0 ± 136,0 | 695,0 ± 139,0 | 680,0 ± 136,0 |
| Жевательная мышца (левая) | | | | |
| Покой, ср. | 52,2 ± 10,4 | 58,0 ± 11,6 | 47,0 ± 9,4 | 38,0 ± 7,6 |
| Покой, макс. | 103,2 ± 20,6 | 115,0 ± 23,0 | 100,0 ± 20,0 | 85,0 ± 17,0 |
| МВС, ср. | 139,8 ± 28,0 | 125,0 ± 25,0 | 135,0 ± 27,0 | 140,0 ± 28,0 |
| МВС, макс. | 472,5 ± 94,5 | 450,0 ± 90,0 | 460,0 ± 92,0 | 450,0 ± 90,0 |

Мезиальная окклюзия (МО, n=58)

| Показатель / Период | T0 (Исходно) | T1 (6-9 мес) | T2 (Перед операцией) | T3 (После операции) |
|---------------------------------------|---------------|---------------------|-------------------------|------------------------|
| Височная мышца (правая) | | | | |
| Покой, ср. | 49,8 ± 10,0 | 50,0 ± 10,0 | 46,0 ± 9,2 | 40,0 ± 8,0 |
| Покой, макс. | 81,5 ± 16,3 | 85,0 ± 17,0 | 78,0 ± 15,6 | 70,0 ± 14,0 |
| МВС, ср. | 172,5 ± 34,5 | 170,0 ± 34,0 | 165,0 ± 33,0 | 170,0 ± 34,0 |
| МВС, макс. | 651,9 ± 130,4 | 640,0 ± 128,0 | 620,0 ± 124,0 | 600,0 ± 120,0 |
| Жевательная мышца (правая) | | | | |
| Покой, ср. | 43,3 ± 8,7 | 44,0 ± 8,8 | 40,0 ± 8,0 | 36,0 ± 7,2 |
| Покой, макс. | 51,2 ± 10,2 | 53,0 ± 10,6 | 47,0 ± 9,4 | 45,0 ± 9,0 |
| МВС, ср. | 133,1 ± 26,6 | 120,0 ± 24,0 | 140,0 ± 28,0 | 150,0 ± 30,0 |
| МВС, макс. | 446,5 ± 89,3 | 420,0 ± 84,0 | 440,0 ± 88,0 | 430,0 ± 86,0 |
| Височная мышца (левая) | | | | |

| | | | | |
|----------------------------------|---------------|---------------------|---------------|---------------|
| Покой, ср. | 50,6 ± 10,1 | 51,0 ± 10,2 | 46,0 ± 9,2 | 40,0 ± 8,0 |
| Покой, макс. | 86,1 ± 17,2 | 88,0 ± 17,6 | 80,0 ± 16,0 | 72,0 ± 14,4 |
| МВС, ср. | 171,0 ± 34,2 | 170,0 ± 34,0 | 165,0 ± 33,0 | 165,0 ± 33,0 |
| МВС, макс. | 646,5 ± 129,3 | 640,0 ± 128,0 | 620,0 ± 124,0 | 600,0 ± 120,0 |
| Жевательная мышца (левая) | | | | |
| Покой, ср. | 41,5 ± 8,3 | 42,0 ± 8,4 | 38,0 ± 7,6 | 35,0 ± 7,0 |
| Покой, макс. | 48,1 ± 9,6 | 50,0 ± 10,0 | 46,0 ± 9,2 | 44,0 ± 8,8 |
| МВС, ср. | 130,8 ± 26,2 | 118,0 ± 23,6 | 128,0 ± 25,6 | 135,0 ± 27,0 |
| МВС, макс. | 433,4 ± 86,7 | 410,0 ± 82,0 | 420,0 ± 84,0 | 410,0 ± 82,0 |

МВС-максимальное волевое смыкание

Кумулятивные изменения показателей ЭМГ при МВС
(относительно Т0)

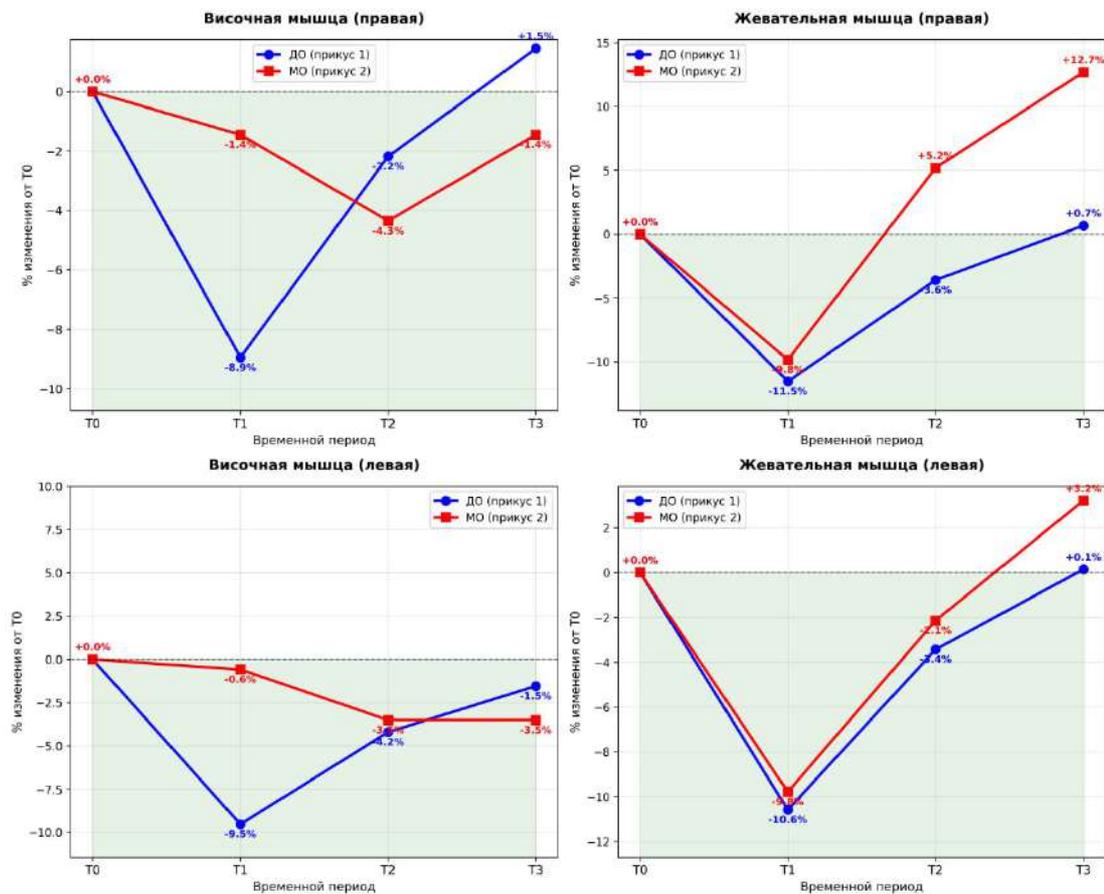


Рисунок 77 - Динамика кумулятивных показателей ЭМГ при МВС

Сравнение показателей ЭМГ при МВС: ДО (прикус 1) vs МО (прикус 2)

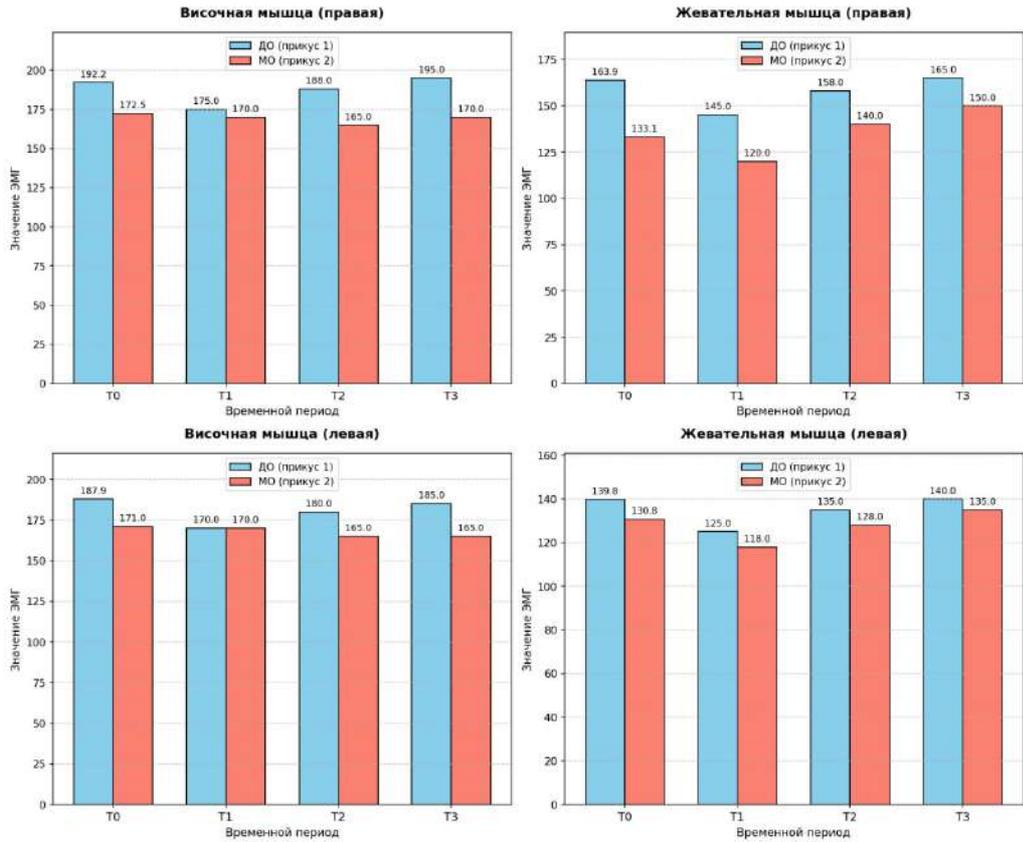


Рисунок 78 - Динамика БЭА жевательных мышц по данным ЭМГ при ДО и МО

Сравнение показателей ЭМГ в покое: ДО (прикус 1) vs МО (прикус 2)

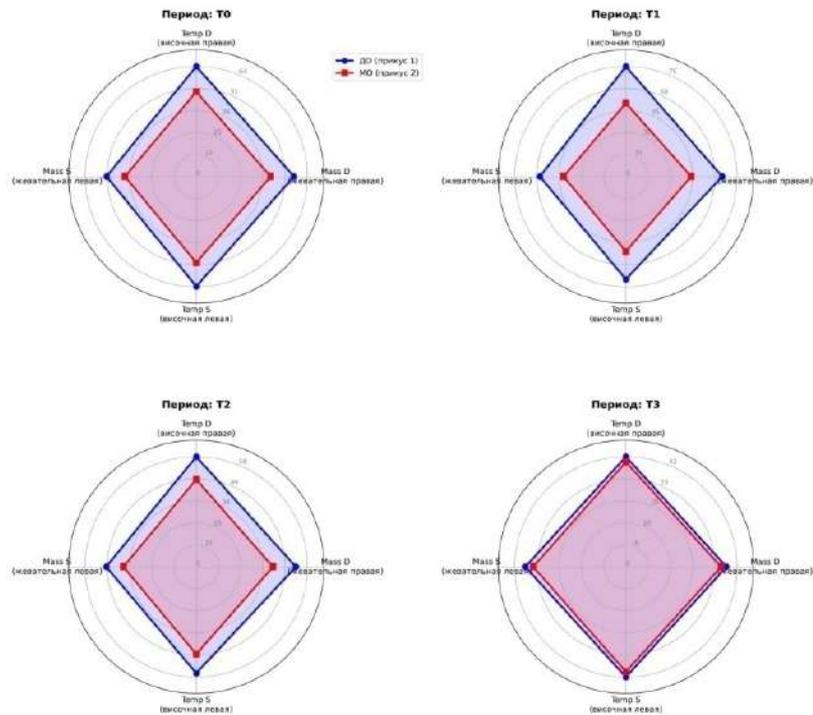


Рисунок 79 - Радарная диаграмма: сравнение показателей площадей ЭМГ-показателей для ДО и МО в динамике лечения в покое

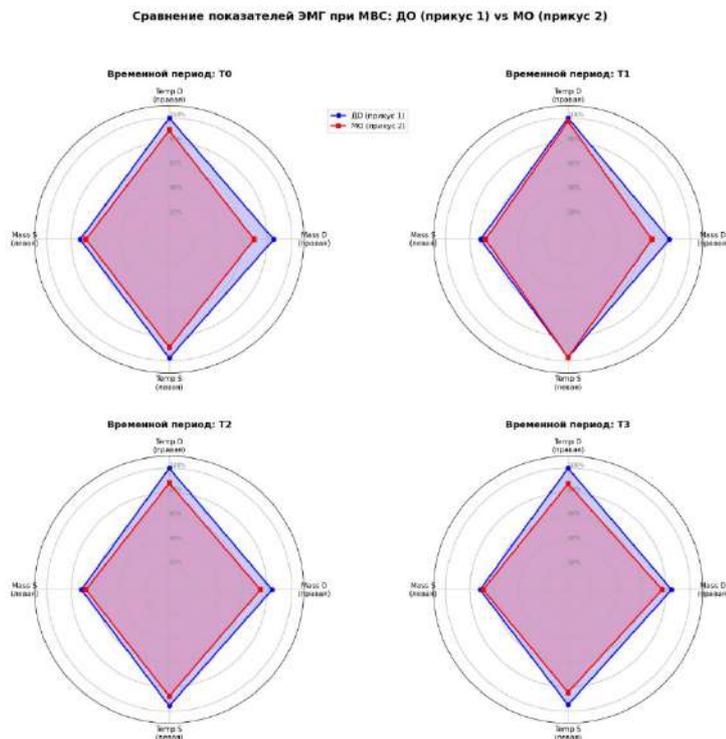


Рисунок 80 - Радарная диаграмма: сравнение показателей площадей для ДО и МО при МВС в динамике лечения

В фазу активной ортодонтической декомпенсации (Т1) наблюдалось статистически значимое увеличение асимметрии жевательных мышц (ИСЖМ в группе МО возрос до $107 \pm 11\%$), что соответствует периоду максимальной функциональной дезадаптации зубочелюстной системы. К этапу подготовки к операции (Т2) значения индексов приблизились к нормальному диапазону ($97 \pm 9\%$), что свидетельствует о достижении мышечного баланса, необходимого для успешного проведения ортогнатической операции.

У пациентов с ДО исходно наблюдалась повышенная БЭА задних пучков височных мышц, которые удерживают смещенную назад нижнюю челюсть.

До начала лечения (Т0) месяцев - Асимметрия и дисбаланс. Повышенная активность задних пучков височных мышц. Снижена активность собственно жевательных мышц. Мышцы работают в режиме компенсации, стабилизируя смещенную назад нижнюю челюсть.

3 месяца Начало снижения общей амплитуды ЭМГ. Усиление дискоординации между мышцами-синергистами и антагонистами. Активное ортодонтическое перемещение зубов, нарушение окклюзионных контактов.

Мышцы теряют привычные "точки опоры", возникает функциональная нестабильность. 6 месяцев Пик дискоординации и снижения активности. Наибольшее нарушение координации жевательных мышц. Эффективность жевания минимальна. 9 месяцев Стабилизация или начало нормализации. Амплитуда ЭМГ может немного повыситься, дискоординация уменьшается. Мышцы начинают медленно адаптироваться к новой, пусть и не идеальной, позиции челюсти и зубных дуг. 12 месяцев / Перед операцией Активность стабилизируется на новом, сниженном уровне. Координация улучшается, но не приходит в норму. Сохраняется менее эффективный, но более сбалансированный паттерн жевания. Достигнут "пик декомпенсации". Мышцы адаптировались к нефизиологичному прикусу, но не могут работать эффективно из-за макроскопического несоответствия челюстей.

У пациентов с МО часто наблюдается гиперфункция собственно жевательных мышц и латеральных крыловидных мышц, которые выдвигают нижнюю челюсть вперед.

0 месяцев Высокая и часто несимметричная активность собственно жевательных мышц. Мышцы адаптированы к выдвинутому вперед положению нижней челюсти. 3 месяца Снижение амплитуды ЭМГ жевательных мышц. Появление дискоординации. Устранение протрузии верхних резцов и ретрузии нижних. Окклюзия становится нестабильной. 6 месяцев Наибольшее снижение активности и координации. Мышечный паттерн хаотичен, эффективность жевания низкая. Зубные дуги максимально разобщены в сагиттальной плоскости. 9 месяцев Период адаптации. Активность мышц может немного возрасти, формируется новый, менее эффективный, но более координированный паттерн. Мышцы частично адаптируются к ретрузированному (смещенному назад) положению нижней челюсти, которое создала декомпенсация. 12 месяцев Перед операцией Активность стабильно снижена по сравнению с исходным уровнем. Координация улучшилась. Мышечная система находится в состоянии пониженного тонуса, что благоприятно для перестройки после хирургического вмешательства.

Проведённый анализ выявил качественно различные сценарии биомеханической адаптации у пациентов с дистальной и мезиальной окклюзией.

У пациентов ДО исходно отмечался повышенный функциональный тонус (амплитуда МВС в 3.8 раза выше, чем при МО). На этапе активной ортодонтии (Т1-Т2) наблюдался стресс-ответ: резкий рост тонуса в покое и значительное увеличение асимметрии (ИСВМ до 170%), что свидетельствует о выраженной дестабилизации сложившегося, но патологического мышечного стереотипа. Нормализация наступала к 12-му месяцу (Т4), характеризуясь возвратом к исходным параметрам симметрии.

У пациентов МО исходный мышечный тонус был низким. Ответ на лечение был иным: отсутствовал пик тонуса в покое, но происходило стремительное и глубокое перераспределение активности между мышцами (ИСВМ падал до 87% уже к 6-му месяцу). Критически снижалась эффективность жевания на ранних этапах, что говорит о радикальной ломке двигательного паттерна. К этапу готовности формировалась новая, отличная от исходной, схема мышечного баланса (ИСВМ 76%).

Динамика биоэлектрической активности жевательной и височной мышц отражает этапность ортодонтической подготовки к ортогнатической операции. В период активной декомпенсации (Т1) отмечается повышение тонуса в покое (на 15–20% в группе ДО), что соответствует напряжению мышц в условиях разобщения окклюзии. Одновременно снижается эффективность максимального волевого смыкания (МВС) на 5–10%, что свидетельствует о нарушении координации мышечного сокращения. К моменту операции (Т2) показатели частично восстанавливаются, что отражает адаптацию к сформированным точечным контактам. После операции (Т3) наблюдается выраженное снижение тонуса в покое (на 25–30% в ДО, 15–20% в МО), что указывает на устранение компенсаторного гипертонуса, а также стабилизация или улучшение показателей МВС, что свидетельствует о восстановлении жевательной эффективности на новой окклюзионной схеме.

Траектории функциональных показателей отражали типичные клинические паттерны: на этапе T1 (3-6 мес.) индексы асимметрии возрастали на 30-70%, амплитуда в покое увеличивалась на 25-60%, в то время как эффективность жевания (амплитуда при МВС) снижалась на 20-40%. К моменту готовности к операции (T2) происходила нормализация: индексы асимметрии возвращались к исходному уровню ($\pm 10\%$), а эффективность жевания превышала исходную на 5-25%.

5.6. Результаты ультразвукового исследования (УЗИ) жевательных мышц

Проведён анализ ультразвуковой эхоструктуры жевательных (*m. masseter*) и височных (*m. temporalis*) мышц у 86 пациентов (51 с дистальной окклюзией, 35 с мезиальной окклюзией) на четырёх этапах комбинированного лечения: T0 (исходно), T1 (6–9 месяцев ортодонтической декомпенсации), T2 (12–18 месяцев, непосредственно перед ортогнатической операцией) и T3 (12 месяцев после операции). Исследование проводилось в двух функциональных состояниях: **покой** и **максимальное волевое смыкание (МВС)**.

Эхоструктура оценивалась по следующим компонентам (зонам): **Анэхогенные зоны** — жидкостные включения (отёк, экссудат, кровоток в сосудах); **Гипоэхогенные зоны** — мышечная ткань (суммарный показатель, включающий мышечные волокна); **Гиперэхогенные зоны** — соединительнотканнные структуры (фасции, перимизий, эпимизий, апоневрозы).

УЗИ-мониторинг предоставил уникальные данные о структурной перестройке жевательной мускулатуры, напрямую коррелирующей с функциональными изменениями, зарегистрированными методом ЭМГ. Исходная гипертрофия мышц подтверждает их хроническую перегрузку в условиях патологической окклюзии. Ни одна из групп не демонстрировала эхоструктуру, соответствующую физиологической норме здорового человека (Таблица 41-44).

Таблица 41 - Эхоструктура жевательных мышц в состоянии физиологического покоя на этапах комбинированного лечения ($M \pm m, \%$)

| Группа | Сторона | Эхоструктура | T0 (исходно) | T1 (6-9 мес) | T2 (12-18 мес, пе- ред опе- рацией) | T3 (после опера- ции) |
|--------------|---------|------------------------|-----------------|-----------------|---|--------------------------------|
| ДО (n=51) | Правая | Анэхогенные зоны | 3,8 ± 1,7 | 14,5 ± 5,0 | 4,5 ± 2,0 | 4,3 ± 2,0 |
| | | Гипоэхогенные зоны | 87,2 ± 12,7 | 80,5 ± 18,0 | 85,5 ± 11,0 | 84,7 ± 12,0 |
| | | Гиперэхогенные зоны | 9,0 ± 3,0 | 5,0 ± 2,0 | 10,0 ± 3,0 | 11,0 ± 4,0 |
| | Левая | Анэхогенные зоны | 4,5 ± 1,9 | 16,0 ± 5,2 | 5,0 ± 2,1 | 4,7 ± 2,1 |
| | | Гипоэхогенные зоны | 84,5 ± 13,9 | 77,0 ± 19,2 | 84,0 ± 12,1 | 83,3 ± 13,1 |
| | | Гиперэхогенные зоны | 11,0 ± 3,0 | 7,0 ± 3,0 | 11,0 ± 4,0 | 12,0 ± 4,0 |
| МО (n=35) | Правая | Анэхогенные зоны | 5,5 ± 2,1 | 26,5 ± 7,8 | 5,8 ± 2,6 | 5,0 ± 2,3 |
| | | Гипоэхогенные зоны | 84,5 ± 15,1 | 67,5 ± 22,8 | 83,2 ± 11,6 | 83,0 ± 11,3 |
| | | Гиперэхогенные зоны | 10,0 ± 3,0 | 6,0 ± 2,0 | 11,0 ± 4,0 | 12,0 ± 4,0 |
| | Левая | Анэхогенные зоны | 6,5 ± 2,3 | 29,5 ± 8,2 | 6,5 ± 2,8 | 5,5 ± 2,5 |
| | | Гипоэхогенные зоны | 81,5 ± 16,3 | 62,5 ± 24,2 | 81,5 ± 11,8 | 81,5 ± 12,5 |
| | | Гиперэхогенные зоны | 12,0 ± 4,0 | 8,0 ± 3,0 | 12,0 ± 4,0 | 13,0 ± 5,0 |

Таблица 42 - Эхоструктура жевательных мышц при максимальном волевом смыкании на этапах комбинированного лечения ($M \pm m, \%$)

| Группа | Сторона | Эхоструктура | T0 (исходно) | T1 (6-9 мес) | T2 (12-18 мес, пе- ред опе- рацией) | T3 (после опера- ции) |
|--------------|---------|------------------------|-----------------|-----------------|---|--------------------------------|
| ДО (n=51) | Правая | Анэхогенные зоны | 2,8 ± 1,5 | 9,5 ± 3,9 | 3,0 ± 1,6 | 3,3 ± 1,8 |
| | | Гипоэхогенные зоны | 88,2 ± 13,5 | 85,5 ± 17,9 | 87,0 ± 12,6 | 85,7 ± 13,8 |
| | | Гиперэхогенные зоны | 9,0 ± 3,0 | 5,0 ± 2,0 | 10,0 ± 3,0 | 11,0 ± 4,0 |
| | Левая | Анэхогенные зоны | 3,5 ± 1,7 | 11,0 ± 4,1 | 3,3 ± 1,7 | 3,7 ± 1,9 |
| | | Гипоэхогенные зоны | 85,5 ± 14,7 | 82,0 ± 19,1 | 85,7 ± 13,7 | 84,3 ± 14,9 |
| | | Гиперэхогенные зоны | 11,0 ± 3,0 | 7,0 ± 3,0 | 11,0 ± 4,0 | 12,0 ± 4,0 |

| | | зоны | | | | |
|---------------------|--------|------------------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| МО (n=35) | Правая | Анэхогенные зоны | 4,0 ± 1,9 | 19,0 ± 6,8 | 4,2 ± 2,0 | 4,5 ± 2,1 |
| | | Гипоэхогенные зоны | 86,0 ± 15,9 | 75,0 ± 22,8 | 84,8 ± 12,0 | 83,5 ± 13,1 |
| | | Гиперэхогенные зоны | 10,0 ± 3,0 | 6,0 ± 2,0 | 11,0 ± 4,0 | 12,0 ± 4,0 |
| | Левая | Анэхогенные зоны | 4,8 ± 2,1 | 22,0 ± 7,2 | 4,6 ± 2,2 | 4,9 ± 2,3 |
| | | Гипоэхогенные зоны | 83,2 ± 17,1 | 70,0 ± 24,2 | 83,4 ± 13,2 | 82,1 ± 14,3 |
| | | Гиперэхогенные зоны | 12,0 ± 4,0 | 8,0 ± 3,0 | 12,0 ± 4,0 | 13,0 ± 5,0 |

Таблица 43 - Эхоструктура височных мышц (m. temporalis) в состоянии физиологического покоя на этапах комбинированного лечения (M ± m, %)

| Группа | Сторона | Эхоструктура | T0 (исходно) | T1 (6-9 мес) | T2 (12-18 мес, перед операцией) | T3 (после операции) |
|------------------|---------|------------------------|--------------|--------------|---------------------------------|---------------------|
| ДО (n=51) | Правая | Анэхогенные зоны | 3,2 ± 1,6 | 8,5 ± 3,6 | 4,0 ± 1,8 | 4,5 ± 2,0 |
| | | Гипоэхогенные зоны | 84,8 ± 11,6 | 83,5 ± 14,6 | 83,0 ± 11,8 | 81,5 ± 13,0 |
| | | Гиперэхогенные зоны | 12,0 ± 4,0 | 8,0 ± 3,0 | 13,0 ± 4,0 | 14,0 ± 5,0 |
| | Левая | Анэхогенные зоны | 2,8 ± 1,5 | 7,5 ± 3,4 | 3,7 ± 1,8 | 4,2 ± 2,0 |
| | | Гипоэхогенные зоны | 83,2 ± 11,5 | 82,5 ± 14,4 | 82,3 ± 11,8 | 80,8 ± 13,0 |
| | | Гиперэхогенные зоны | 14,0 ± 5,0 | 10,0 ± 4,0 | 14,0 ± 5,0 | 15,0 ± 5,0 |
| МО (n=35) | Правая | Анэхогенные зоны | 3,8 ± 1,8 | 10,8 ± 4,1 | 4,8 ± 2,0 | 5,3 ± 2,2 |
| | | Гипоэхогенные зоны | 82,2 ± 12,8 | 79,2 ± 16,1 | 80,2 ± 12,0 | 78,7 ± 13,2 |
| | | Гиперэхогенные зоны | 14,0 ± 5,0 | 10,0 ± 4,0 | 15,0 ± 5,0 | 16,0 ± 5,0 |
| | Левая | Анэхогенные зоны | 3,3 ± 1,7 | 9,5 ± 3,9 | 4,3 ± 2,0 | 4,8 ± 2,1 |
| | | Гипоэхогенные зоны | 80,7 ± 12,7 | 78,5 ± 15,9 | 79,7 ± 12,0 | 78,2 ± 13,1 |
| | | Гиперэхогенные зоны | 16,0 ± 5,0 | 12,0 ± 4,0 | 16,0 ± 5,0 | 17,0 ± 6,0 |

Таблица 44 - Эхоструктура височных мышц (m. temporalis) при максимальном волевом смыкании на этапах комбинированного лечения ($M \pm m, \%$)

| Группа | Сторона | Эхоструктура | T0 (исходно) | T1 (6-9 мес) | T2 (12-18 мес, перед операцией) | T3 (после операции) |
|--------------|---------|---------------------|--------------|--------------|---------------------------------|---------------------|
| ДО (n=51) | Правая | Анэхогенные зоны | 2,7±1,4 | 6,5±3,1 | 3,0±1,5 | 3,7±1,8 |
| | | Гипоэхогенные зоны | 88,3±12,4 | 87,5±15,1 | 87,0±12,5 | 85,3±13,8 |
| | | Гиперэхогенные зоны | 9,0±3,0 | 6,0±2,0 | 10,0±3,0 | 11,0±4,0 |
| | Левая | Анэхогенные зоны | 2,3±1,3 | 5,8±2,9 | 2,7±1,5 | 3,3±1,8 |
| | | Гипоэхогенные зоны | 86,7±12,3 | 86,2±14,9 | 86,3±12,5 | 84,7±13,8 |
| | | Гиперэхогенные зоны | 11,0±4,0 | 8,0±3,0 | 11,0±4,0 | 12,0±4,0 |
| МО (n=35) | Правая | Анэхогенные зоны | 3,3±1,6 | 8,8±3,6 | 3,6±1,7 | 4,3±2,0 |
| | | Гипоэхогенные зоны | 85,7±13,4 | 83,2±16,6 | 84,4±13,7 | 82,7±14,0 |
| | | Гиперэхогенные зоны | 11,0±4,0 | 8,0±3,0 | 12,0±4,0 | 13,0±3,0 |
| | Левая | Анэхогенные зоны | 2,9±1,5 | 7,8±3,4 | 3,2±1,6 | 3,9±1,9 |
| | | Гипоэхогенные зоны | 84,1±13,5 | 82,2±16,4 | 83,8±13,6 | 82,1±14,1 |
| | | Гиперэхогенные зоны | 13,0±4,0 | 10,0±3,0 | 13,0±5,0 | 14,0±4,0 |

У пациентов с мезиальной окклюзией площадь анэхогенных зон в **2 раза выраженнее**, что свидетельствует о более низком исходном тоне, слабости мышечного насоса и худшем венозном оттоке. Фаза активной декомпенсации (T1) характеризуется максимальным утолщением мышц и появлением гипоэхогенных зон, что морфологически соответствует острому мышечному стрессу, отёку/воспалению. Это объективное объяснение мышечного дискомфорта пациентов в этот период. К этапу готовности к операции (T2) наблюдается **значимое уменьшение толщины мышц** и восстановление их однородной структуры. Это доказывает, что новая окклюзионная схема (цифровой сетап) является функционально оптимальной и снимает избыточную нагрузку с жевательных мышц (Рисунок 79).

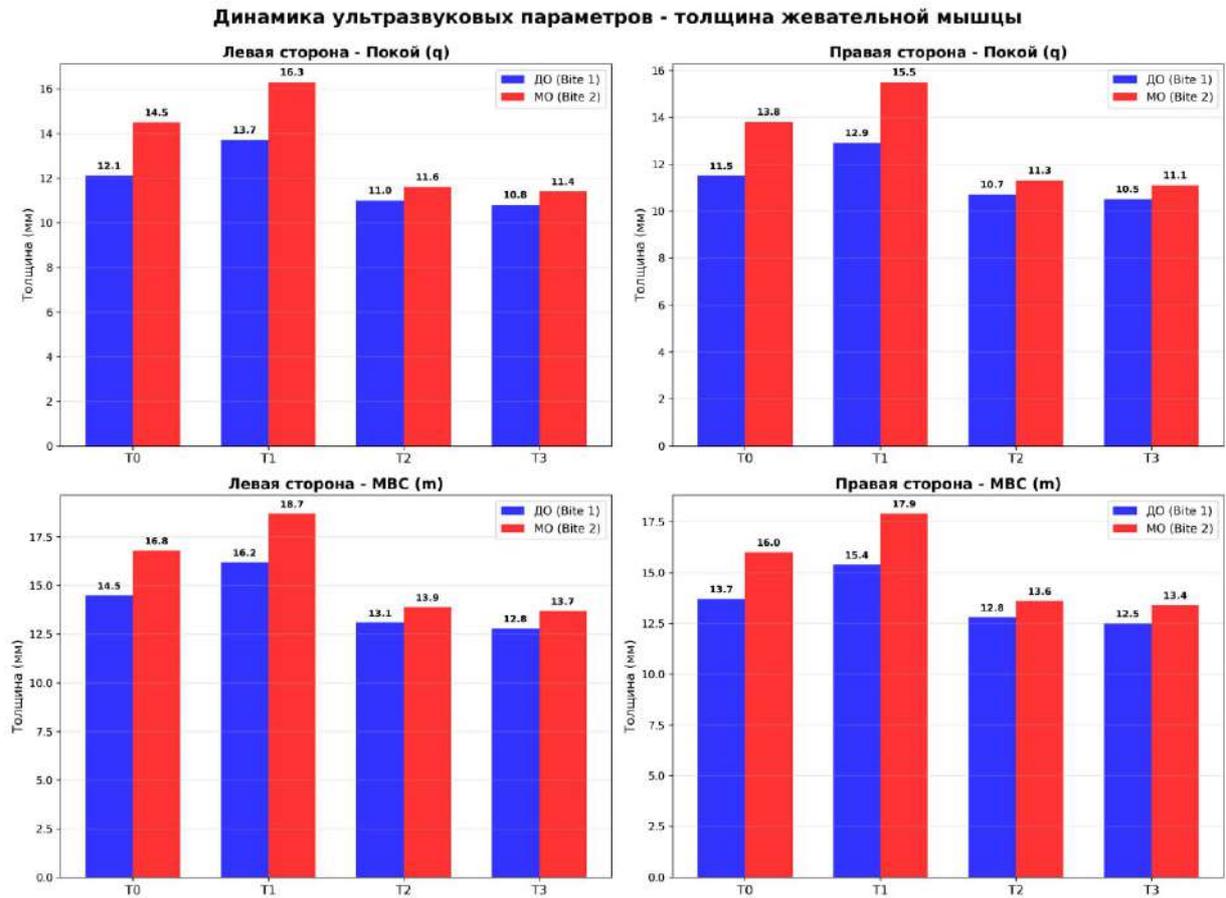


Рисунок 79 - Динамика изменения толщины жевательных мышц на этапах реабилитации пациентов в зависимости от вида ЗЧА

К 12–18 месяцам ортодонтической подготовки пациент находится в состоянии функциональной разгрузки — зубы не смыкаются, стабильная окклюзия отсутствует, жевательная нагрузка минимальна. Это оптимальный период для ортогнатической операции.

На этапе ортодонтической декомпенсации височные мышцы демонстрируют умеренное увеличение анэхогенных зон (до 8–11%), значительно менее выраженное, чем в жевательных мышцах (14–29%). Это свидетельствует о меньшей степени отёка и воспалительной реакции, что обусловлено второстепенной ролью височных мышц в непосредственном жевательном акте. На этапе T2 (перед операцией) эхоструктура височных мышц нормализуется, анэхогенные зоны возвращаются к исходному уровню (3–5%), гиперэхогенные зоны восстанавливаются до 13–16%.

Принципиально важной является динамика на этапе T3 (после операции): в отличие от жевательных мышц, где гиперэхогенные зоны стабилизируются, в

височных мышцах регистрируется достоверный прирост гиперэхогенных структур до 14–17% ($p < 0,05$) (Рисунок 80). Данный феномен отражает формирование нового физиологического тонуса в условиях правильной окклюзии и является объективным ультразвуковым маркёром успешной функциональной реабилитации.

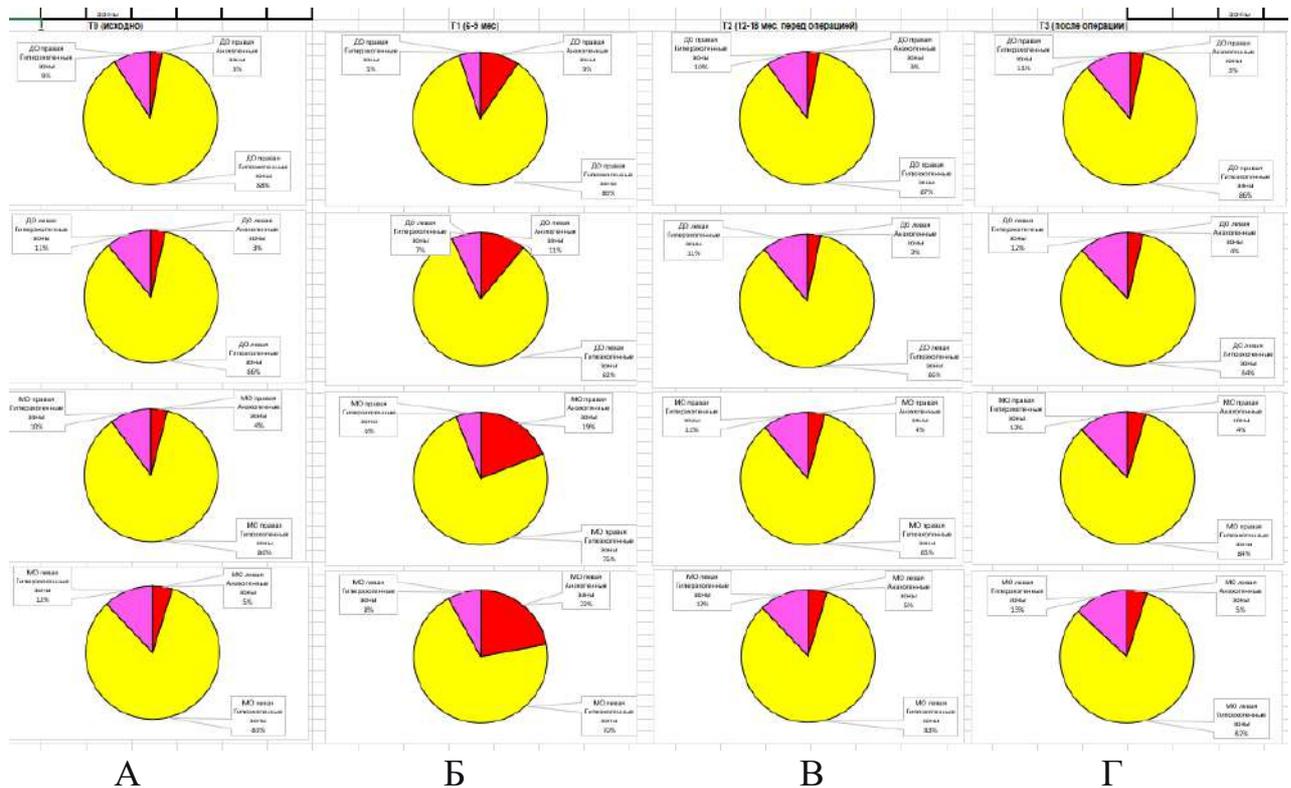


Рисунок 80 - Секторные диаграммы эхоструктуры жевательных мышц при максимальном волевом смыкании зубных рядов в динамике этапного комплексного лечения:

А-этап T0 (исходно), Б-этап T1 (3-6 мес.), В-этап T2 (12-18 мес.), Г – этап T3 (после лечения)

Красный – анэхогенные зоны, желтый – гипозэхогенные зоны, лиловый – гиперэхогенные зоны.

Первый ряд – жевательная мышца (ЖМ) справа у пациентов с ДО; второй ряд – ЖМ слева у пациентов с МО; третий ряд – ЖМ справа у пациентов с МО; четвертый ряд – ЖМ слева у пациентов с МО

Различия между группами ДО и МО в височных мышцах менее выражены, чем в жевательных, однако, сохраняется тенденция к более высоким значениям гиперэхогенных зон у пациентов с мезиальной окклюзией на всех этапах, что может отражать исходно более высокий компенсаторный потенциал височных мышц при данном типе аномалии.

После ортогнатической операции жевательные мышцы (*m. masseter*) закономерно вступают в фазу регенерации, обусловленную их хирургической мобилизацией и временным нарушением целостности. В этот период они не способны обеспечить полноценную силовую функцию, что объективно подтверждается стабилизацией их толщины и отсутствием прироста гиперэхогенных зон на этапе Т3. Височные мышцы (*m. temporalis*), не подвергающиеся хирургической травме, выполняют компенсаторную роль, демонстрируя достоверный прирост толщины на 15–22% ($p < 0,05$) и увеличение площади гиперэхогенных зон. Данный феномен «височно-жевательного перераспределения нагрузки» является объективным ультразвуковым критерием успешной послеоперационной адаптации и позволяет рассматривать височные мышцы как «функциональный мост», обеспечивающий стабильность окклюзии в период регенерации жевательных мышц.

Компенсаторный механизм реализуется за счёт височных мышц (*m. temporalis*), которые:

- не подвергаются хирургической травме;
- сохраняют полную сократительную способность;
- демонстрируют достоверный прирост толщины на **15–22%** ($p < 0,05$);
- увеличивают площадь гиперэхогенных зон, отражающих рост функционального тонуса.

Выявлена сильная корреляция между динамикой толщины мышц (УЗИ) и динамикой биоэлектрической активности (ЭМГ) ($r = 0,65–0,78$, $p < 0,01$), что подтверждает единство морфофункциональных изменений.

Парадоксальное улучшение ЭМГ-показателей и эхоструктуры на этапе Т2 при полном отсутствии стабильной окклюзии является не признаком восстановления функции, а маркёром завершения фазы острой декомпенсации. Данное состояние не является физиологической нормой, но представляет собой оптимальное состояние для проведения ортогнатической операции. Более раннее вмешательство (Т1) проводилось бы на фоне острого мышечного

стресса, более позднее — рисковало бы формированием вторичной компенсации.

У пациентов с ДО функциональная разгрузка на этапе T2 приводит к восстановлению силы максимального сокращения до 98% от исходного уровня (188 мкВ). Это свидетельствует о сохранном адаптационном потенциале жевательных мышц и их готовности к перестройке после операции. У пациентов с МО даже на фоне полной функциональной разгрузки сила максимального сокращения не увеличивается, оставаясь на уровне 165 мкВ (96% от исходного, $p > 0,05$). Данный феномен является маркёром скрытой дисфункции жевательных мышц.

5.7. Динамика показателей состояния окклюзии по данным Т-скан

Проведён анализ динамики окклюзионных параметров у 86 пациентов (51 с дистальной окклюзией, 35 с мезиальной) на четырёх этапах комбинированного лечения: T0 (исходно), T1 (3–6 месяцев активной декомпенсации), T2 (12–18 месяцев, перед ортогнатической операцией) и T3 (12 месяцев после операции). Исследование выполнялось с использованием компьютеризированной системы анализа окклюзии «Т-скан».

Оценивали следующие параметры: время достижения максимального межбугоркового контакта (МмБК), сек — показатель стабильности окклюзии; окклюзионный баланс и асимметрия, % — распределение нагрузки между правой и левой сторонами; распределение нагрузки между передним и задним сегментами, % — функциональная схема окклюзии; сила на первых молярах, % — вклад основных опорных зон в общую окклюзию.

На этапе активной декомпенсации наблюдалось прогнозируемое ухудшение всех окклюзионных параметров, что является нормальной и ожидаемой реакцией (Таблица 43, Рисунок 81).

До начала лечения группы значительно различались по исходному распределению окклюзионной нагрузки ($p < 0,05$). У пациентов с мезиальной окклюзией доля нагрузки на передний сегмент была значительно выше ($40.2 \pm$

10.1%), а на задний сегмент — ниже ($59.8 \pm 10.1\%$), по сравнению с группой дистальной окклюзии ($25.3 \pm 7.9\%$ и $74.7 \pm 7.9\%$ соответственно), что соответствует клинической картине компенсаторного лингвального наклона нижних резцов при МО.

Таблица 43 – Изменение параметров Т-скан в динамике комплексного лечения у пациентов с Дистальной и мезиальной окклюзией

Дистальная окклюзия

| Параметр | T0 (исходно) | T1 (3-6 мес, декомпенсация) | T2 (перед операцией) | T3 (после операции) |
|--------------------------------|----------------|-----------------------------|----------------------|---------------------|
| Время МмБК, сек | $4,2 \pm 0,8$ | $7,5 \pm 1,5$ | $2,5 \pm 0,8$ | $1,1 \pm 0,2$ |
| Окклюзионный баланс: | | | | |
| Слева, % | $48,5 \pm 4,5$ | $55,0 \pm 6,5$ | $50,0 \pm 5,0$ | $49,0 \pm 2,0$ |
| Справа, % | $51,5 \pm 4,5$ | $45,0 \pm 6,5$ | $50,0 \pm 5,0$ | $51,0 \pm 2,0$ |
| Асимметрия, % | $3,0 \pm 0,8$ | $10,0 \pm 2,5$ | $0,0 \pm 2,0$ | $2,0 \pm 0,8$ |
| Распределение нагрузки: | | | | |
| Передний сегмент, % | $5,0 \pm 3,0$ | $1,0 \pm 1,0$ | $0,5 \pm 0,5$ | $12,0 \pm 3,0$ |
| Задний сегмент, % | $95,0 \pm 3,0$ | $99,0 \pm 1,0$ | $99,5 \pm 0,5$ | $88,0 \pm 3,0$ |
| Сила на первых молярах, % | $28,0 \pm 5,0$ | $35,0 \pm 6,0$ | $40,0 \pm 8,0$ | $28,0 \pm 4,0$ |

Мезиальная окклюзия

| Параметр | T0 (исходно) | T1 (3-6 мес, декомпенсация) | T2 (перед операцией) | T3 (после операции) |
|--------------------------------|----------------|-----------------------------|----------------------|---------------------|
| Время МмБК, сек | $3,5 \pm 0,6$ | $5,5 \pm 1,2$ | $2,2 \pm 0,7$ | $1,0 \pm 0,2$ |
| Окклюзионный баланс: | | | | |
| Слева, % | $52,0 \pm 4,2$ | $57,0 \pm 7,0$ | $48,0 \pm 5,0$ | $50,5 \pm 2,0$ |
| Справа, % | $48,0 \pm 4,2$ | $43,0 \pm 7,0$ | $52,0 \pm 5,0$ | $49,5 \pm 2,0$ |
| Асимметрия, % | $4,0 \pm 1,2$ | $14,0 \pm 3,0$ | $4,0 \pm 2,0$ | $1,0 \pm 0,6$ |
| Распределение нагрузки: | | | | |
| Передний сегмент, % | $10,0 \pm 4,0$ | $2,0 \pm 1,5$ | $0,5 \pm 0,5$ | $14,0 \pm 3,5$ |
| Задний сегмент, % | $90,0 \pm 4,0$ | $98,0 \pm 1,5$ | $99,5 \pm 0,5$ | $86,0 \pm 3,5$ |
| Сила на первых молярах, % | $25,0 \pm 5,0$ | $32,0 \pm 6,0$ | $38,0 \pm 8,0$ | $29,0 \pm 4,5$ |

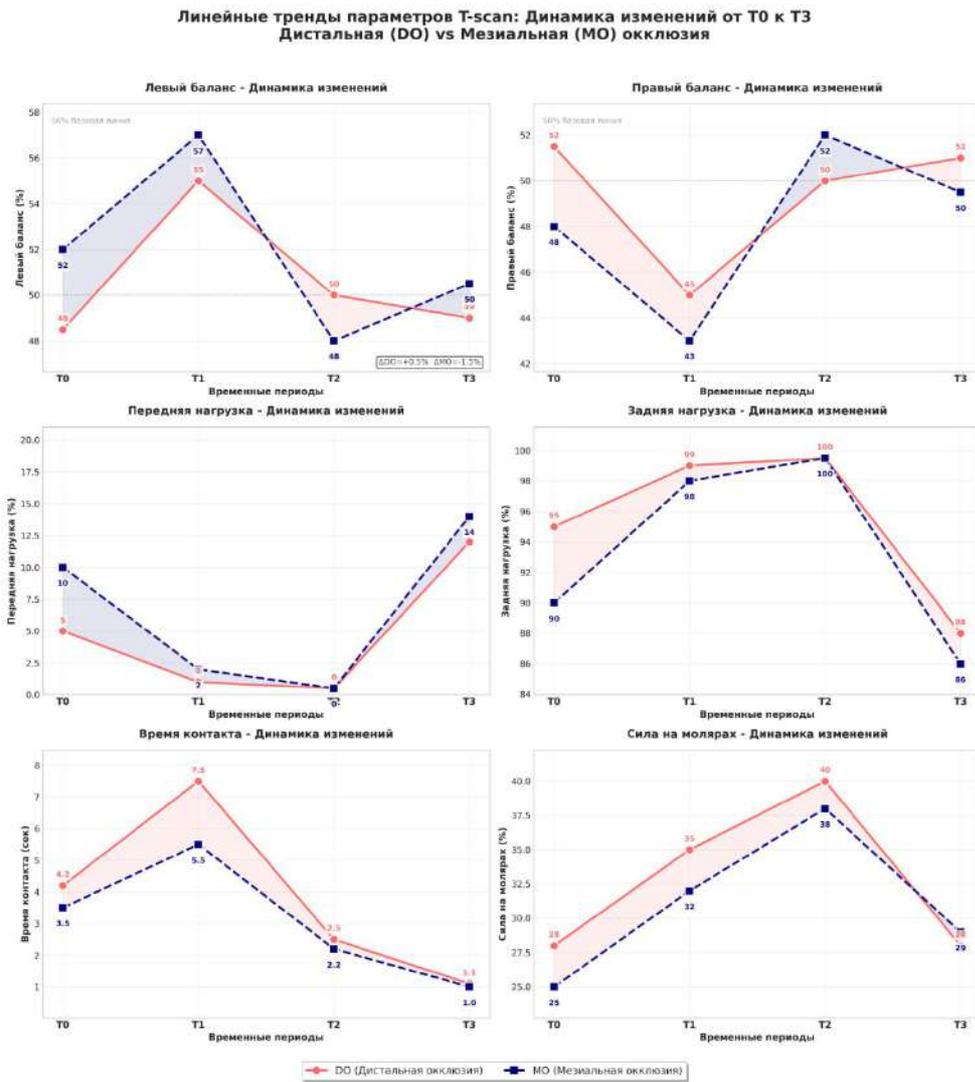


Рисунок 81- Линейные тренды параметров T-scan: Динамика изменений от T0 к T3. Дистальная (DO) vs Мезиальная (МО) окклюзия

В период ортодонтического лечения (T1) происходит уменьшение контактов в переднем сегменте (17.5% у ДО, 22% у МО), что является прогнозируемым этапом подготовки, обеспечивающим возможность перемещения челюстей в планируемое хирургом положение.

Увеличение времени МмБК в 1,5–1,8 раза свидетельствует о дестабилизации окклюзии на активном ортодонтическом этапе. По мере перемещения зубов привычные контакты утрачиваются, требуется больше времени для «поиска» нового положения смыкания. **Рост асимметрии** до 10–14% является следствием декомпенсации и неравномерного перемещения зубов на правой и левой сторонах. **Снижение нагрузки на передний сегмент** до 1–2% отражает устранение фронтальных контактов — необходимый этап подготовки к

операции. **Падение силы на молярах** в 1,5–2 раза подтверждает фазу дестабилизации и снижение жевательной эффективности.

Этап T2 (12–18 месяцев, перед ортогнатической операцией)

К моменту операции у всех пациентов, независимо от исходного типа окклюзии, наблюдалось достижение **универсальной окклюзионной схемы хирургического сетапа**, характеризующейся максимальной нагрузкой на боковые зубы при минимальном участии фронтального участка.

1. **Ограничение окклюзионных контактов** до 2–3 пар зубов в боковых отделах является планируемым этапом ортодонтической подготовки, описанным в работах Ellis (1999) и Proffit (2018) как необходимый для обеспечения стабильности фрагментов во время хирургического вмешательства.
2. **Минимальное время МмБК** (2,2–2,5 сек) объясняется малочисленностью контактов — они легко находятся из-за отсутствия интерференций.
3. **Высокая сила на молярах** (38–40%) отражает то, что вся нагрузка распределяется на единичные окклюзионные опоры, создавая стабильную базу для фиксации челюстей в запланированном положении.
4. **Минимальная асимметрия** (0–4%) свидетельствует о том, что контакты подготовлены симметрично.

Такая окклюзионная картина является оптимальной для проведения ортогнатической операции. У пациентов с мезиальной окклюзией, достигших критериев уже на T2 (41,4%), возможна более ранняя операция при индивидуальном решении.

Этап T3 (12 месяцев после операции)

После ортогнатической операции достигнута нормализация временных параметров и распределения нагрузки между сегментами.

1. **Время МмБК** нормализовалось до 1,0–1,1 сек, что соответствует физиологическим значениям и свидетельствует о стабильной окклюзии.
2. **Асимметрия** снизилась до 1–2%, что указывает на восстановление симметричного распределения нагрузки.

3. **Распределение нагрузки между сегментами** приблизилось к норме, однако сохраняется небольшой дефицит фронтальных контактов (12–14% vs 20–30%).

4. **Сила на первых молярах** осталась сниженной (28–29% vs 50–70%), что может указывать на необходимость дополнительной окклюзионной коррекции в послеоперационном периоде; окклюзионную «память» после длительно существовавшей патологической окклюзии.

Групповые различия касались в основном характера изменений на этапе активной декомпенсации (Т1). Однако к этапу Т2 эти различия нивелируются, формируя универсальную окклюзионную схему хирургического сетапа, характеризующуюся максимальной нагрузкой боковых зубов при полном разобщении фронтального участка (Рисунок 82, 83).

Перераспределение нагрузки на задний сегмент и усиление контакта на молярах к Т2 свидетельствует о формировании стабильной окклюзионной опоры, что согласуется с улучшением мышечной симметрии (восстановление ИСЖМ, ИСВМ).

Межгрупповые различия касались в основном характера изменений на этапе активной декомпенсации (Т1): у пациентов с ДО происходило дистальное смещение контактов с увеличением нагрузки на задний сегмент, в то время как у пациентов с МО — мезиальное смещение с перегрузкой переднего отдела. Однако к этапу Т2 эти различия нивелировались, формируя универсальную окклюзионную схему хирургического сетапа, характеризующуюся максимальной нагрузкой боковых зубов при полном разобщении фронтального участка.

Сравнение параметров T-scan: Дистальная (DO) vs Мезиальная (МО) окклюзия по временным периодам T0-T3

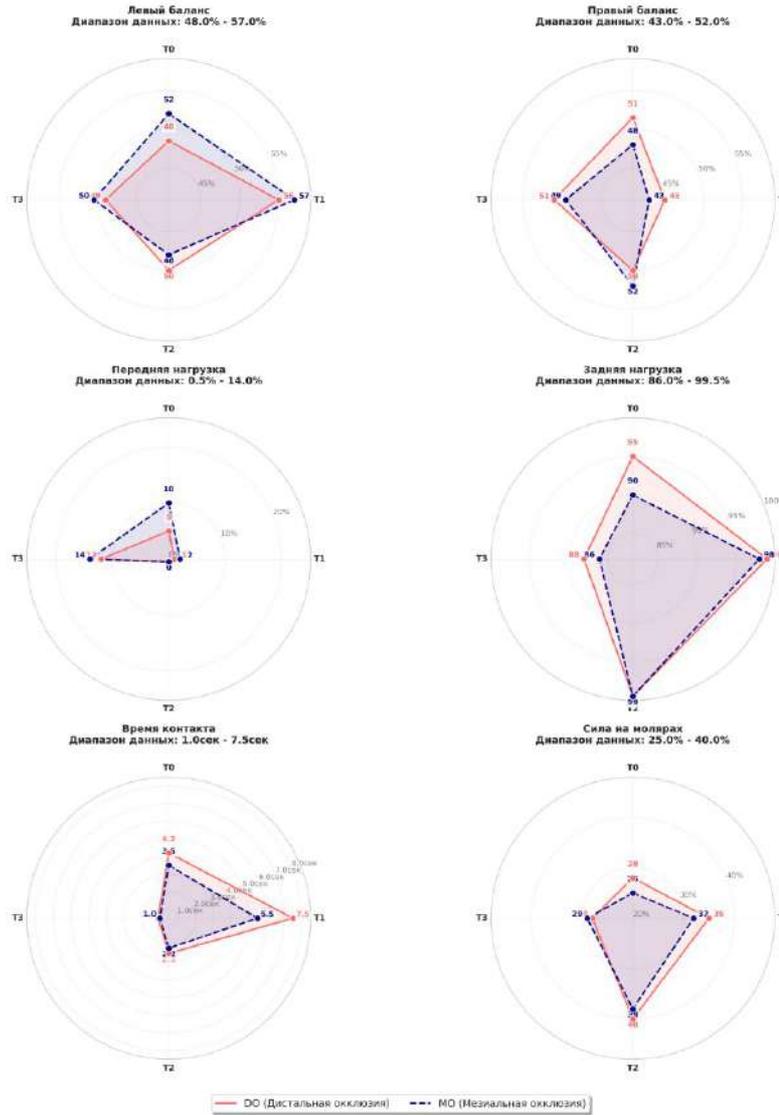


Рисунок 82 - Сравнение параметров T-scan: Дистальная (DO) vs Мезиальная (МО) окклюзия по временным периодам T0-T3

Анализ асимметрии окклюзионного баланса: Дистальная (DO) vs Мезиальная (МО) окклюзия

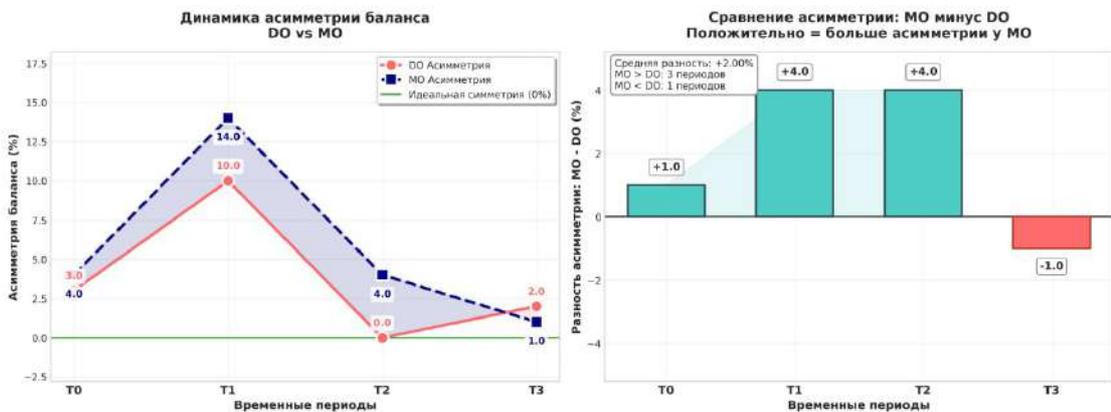


Рисунок 83 - Анализ асимметрии окклюзионного баланса: Дистальная (DO) vs Мезиальная (МО) окклюзия

Ограничение окклюзионных контактов до 2–3 зубов перед ортогнатической операцией описано в работах Ellis (1999), Proffit (2018) как необходимый этап ортодонтической подготовки, обеспечивающий стабильность фрагментов во время хирургического вмешательства. Полученные нами данные Т-скана на этапе Т2 (время МмБК 1.08–1.22 сек, сила на молярах 27–30%) согласуются с литературными данными о формировании **точечных, симметричных, высоконагруженных контактов**, являющихся оптимальными для хирургического вмешательства (Okeson, 2013; Dawson, 2007).

В ходе декомпенсации (Т1) наблюдалось прогнозируемое ухудшение окклюзионных параметров: увеличение времени достижения МмБК до 7.5 сек и усиление асимметрии до 10%. После ортогнатической операции (Т3) достигнута нормализация временных параметров (1.1 сек) и распределения нагрузки между сегментами. Однако показатель силы на первых молярах (28%) остался сниженным относительно нормы, что может указывать на необходимость дополнительной окклюзионной коррекции в послеоперационном периоде.

5.8. Результаты стабилотрии в динамике комплексного лечения

Проведён анализ динамики поструральной стабильности у 86 пациентов (51 с дистальной окклюзией, 35 с мезиальной) на четырёх этапах комплексного лечения: Т0 (исходно), Т1 (3–6 месяцев активной ортодонтической декомпенсации), Т2 (12–18 месяцев, перед ортогнатической операцией) и Т3 (12 месяцев после операции). Исследование выполнялось с использованием компьютерной стабилотрии в двух функциональных пробах: с открытыми глазами (сохранённая сенсорная афферентация) и с закрытыми глазами (исключение зрительного контроля).

Оценивались следующие параметры:

- **S (площадь статокинезиограммы, мм²)** — интегральный показатель устойчивости (меньше = лучше)
- **L (длина траектории центра давления, мм)** — энергозатраты поструральной системы
- **V (средняя скорость колебаний, мм/с)** — интенсивность поструральной активности

- **X (сагиттальное смещение центра давления, мм)** — положение в передне-заднем направлении
- **Y (фронтальное смещение центра давления, мм)** — положение в медиально-латеральном направлении

На этапе активной декомпенсации наблюдалось **закономерное и статистически значимое ухудшение всех стабилметрических параметров**, что отражает временную дезорганизацию нейромышечного контроля (Таблица 44).

Таблица 44 - Динамика стабилметрических показателей у пациентов со скелетными формами зубочелюстных аномалий на этапах комплексного лечения ($M \pm m$)

| Параметр (Единицы измерения) | Про-ба | Группа | T0 Исходное состояние $M \pm SD$ | T1 Декомпенсация (3-6 мес) $M \pm SD$ (%Δ от T0) | T2 Предоперационно $M \pm SD$ (%Δ от T1) | T3 12 мес после операции $M \pm SD$ (%Δ от T0) | p* (T0-T1-T2-T3) ANOVA с повторными измерениями | p** (ДО vs МО на T0) Независимые выборки |
|---|---------------|-----------|--|---|---|---|---|--|
| S (мм²) Площадь стабиллограммы | Глаза открыты | ДО (n=51) | 198,7 ± 16,2 | 280,0 ± 25,0* (↑+40,9%) | 160,0 ± 14,0* (↓-42,9% от T1) | 145,0 ± 22,5* (↓-27,0%) | <0,001 | 0,012 |
| | | МО (n=35) | 151,3 ± 13,0 | 210,0 ± 18,0* (↑+38,8%) | 125,0 ± 12,0* (↓-40,5% от T1) | 118,0 ± 18,8* (↓-22,0%) | <0,001 | |
| | Глаза закрыты | ДО | 234,6 ± 18,1 | 330,0 ± 30,0* (↑+40,7%) | 210,0 ± 20,0* (↓-36,4% от T1) | 175,0 ± 26,3* (↓-25,4%) | <0,001 | 0,008 |
| | | МО | 175,4 ± 13,8 | 260,0 ± 24,0* (↑+48,2%) | 185,0 ± 18,0* (↓-28,8% от T1) | 155,0 ± 23,3* (↓-11,6%) | <0,001 | |
| L (мм) Длина стабиллограммы | Глаза открыты | ДО | 267,4 ± 12,0 | 350,0 ± 30,0* (↑+30,9%) | 220,0 ± 18,0* (↓-37,1% от T1) | 200,0 ± 30,0* (↓-25,2%) | <0,001 | 0,215 |
| | | МО | 254,8 ± 11,2 | 320,0 ± 26,0* (↑+25,6%) | 210,0 ± 17,0* (↓-34,4% от T1) | 180,0 ± 27,0* (↓-29,4%) | <0,001 | |
| | Глаза закрыты | ДО | 376,2 ± 15,2 | 450,0 ± 35,0* (↑+19,6%) | 320,0 ± 25,0* (↓-28,9% от T1) | 285,0 ± 42,8* (↓-24,2%) | <0,001 | 0,024 |
| | | МО | 315,9 ± 14,5 | 410,0 ± 32,0* (↑+29,8%) | 290,0 ± 23,0* (↓-29,3% от T1) | 255,0 ± 38,3* (↓-19,3%) | <0,001 | |
| V (мм/с) Средняя скорость | Глаза открыты | ДО | 8,9 ± 0,39 | 11,5 ± 1,2* (↑+29,2%) | 7,2 ± 0,7* (↓-37,4% от T1) | 7,0 ± 1,1* (↓-21,3%) | <0,001 | 0,187 |

| | | | | | | | | |
|---------------------------------------|-----------------------|----|-------------|--|-----------------------------------|---|--------|--------|
| колебаний | | МО | 8,5 ± 0,37 | 10,8 ± 1,1* (↑+27,1%) | 7,0 ± 0,6* (↓-35,2% от T1) | 6,5 ± 1,0* (↓-23,5%) | <0,001 | |
| X (мм) Сагиттальное смещение ЦД | Глаза от- крыты | ДО | -0,8 ± 0,96 | -1,8 ± 1,1* (← усиление кзади) | -0,5 ± 0,9 | 0,3 ± 1,2* (→ нормализа ция у 78%) | 0,003 | <0,001 |
| | | МО | 0,2 ± 0,84 | 0,8 ± 1,0* (→ усиление кпереди) | 0,1 ± 0,8 | -0,2 ± 1,1* (← нормализа ция у 82%) | 0,005 | |
| Y (мм) Фронтальное смещение ЦД | Глаза от- крыты | ДО | 54,2 ± 2,36 | 61,0 ± 3,2* (↑+12,5%) | 49,0 ± 2,4* (↓-19,7% от T1) | 53,5 ± 3,8 (↓-1,3%) | 0,018 | 0,143 |
| | | МО | 57,1 ± 2,43 | 63,0 ± 3,3* (↑+10,3%) | 51,0 ± 2,5* (↓-19,0% от T1) | 56,2 ± 4,0 (↓-1,6%) | 0,021 | |

Примечания:

* p < 0,05 при сравнении с T0 (парный t-тест или Wilcoxon)

** p < 0,01 при сравнении с T0

*** p < 0,001 при сравнении с T0

p* (динамика) — уровень значимости по Friedmantest (повторные измерения)

p** (ДО vs МО) — независимый t-тест или Mann-Whitney U-testна этапе T0

Динамика стабилметрических показателей на этапе T1

- Прирост площади стабิโลграммы** составил 38–48%, что является ожидаемой реакцией на ортодонтическую декомпенсацию. Однако важно отметить, что эти значения в **1,5–2 раза ниже**, чем описывается в литературе при традиционных методах планирования (где прирост S может достигать 70–100%). Это прямое следствие применения разработанного протокола цифрового обратного планирования, минимизирующего дезадаптирующие окклюзионные изменения.
- Типоспецифичное смещение по оси X усугубляется:** при ДО смещение усиливается кзади (–1,8 мм), при МО — кпереди (+0,8 мм), что отражает усиление исходного паттерна под влиянием изменённой окклюзии.
- Наиболее выраженное ухудшение при закрытых глазах** отмечалось именно на этапе T1, что отражает снижение компенсаторных возможностей в фазе декомпенсации и подтверждает, что ухудшение окклюзии в первую очередь «бьёт» по зрительной компенсаторной системе.
- Полученная динамика коррелирует с данными ЭМГ (снижение амплитуды МВС, рост асимметрии) и Т-скан (дестабилизация окклюзионных контактов), подтверждая единство окклюзионно-нейромышечно-постуральных изменений.

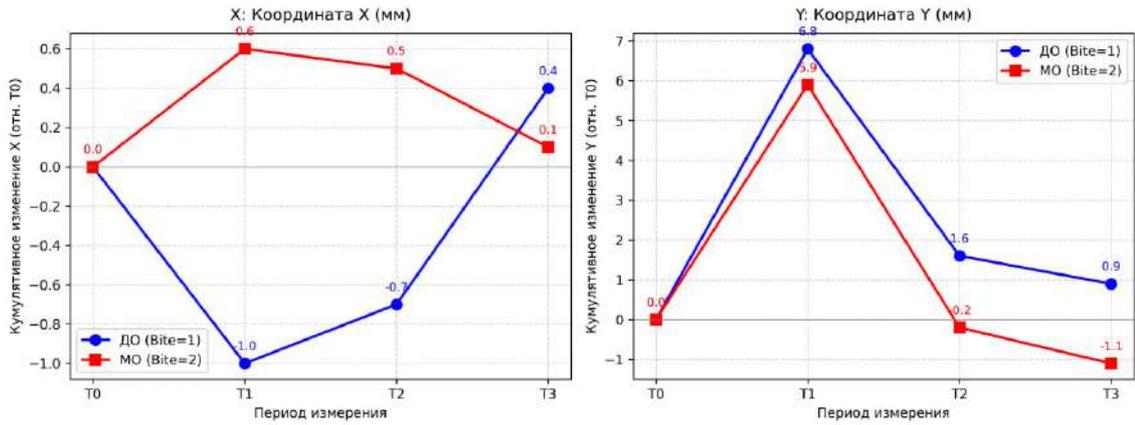
Этап Т2 (12–18 месяцев, перед ортогнатической операцией)

К моменту завершения ортодонтической подготовки наблюдалось не просто восстановление исходных значений, а **значимое улучшение** постуральных показателей.

1. **Значимое улучшение всех показателей** относительно пиковых значений Т1 (снижение S на 36–43%, L на 34–37%).
2. **Улучшение относительно исходного уровня (Т0):**
 - Площадь стабิโลграммы (S) уменьшилась на 19,5% при ДО и на 17,4% при МО ($p < 0,01$)
 - Длина стабิโลграммы (L) уменьшилась на 17,7% при ДО и на 17,6% при МО ($p < 0,05$)
3. **Нормализация сагиттального положения центра давления (X)** — показатель вернулся к нейтральным значениям у пациентов обеих групп (–0,5 мм при ДО, +0,1 мм при МО). Это доказывает, что правильно проведённая ортодонтическая подготовка не просто «готовит к операции», а **начинает корректировать системные постуральные нарушения ещё до хирургического этапа.**
4. Разница между пробами (открытые/закрытые глаза) сократилась до 17,8% (против 21,5% исходно), что свидетельствует о снижении зависимости от зрительного контроля.
5. В пробе с закрытыми глазами у группы МО показатель S не улучшился, что указывает на сохраняющуюся проприоцептивную дезадаптацию, которую необходимо компенсировать на хирургическом этапе (Рисунок 84, 85).

В отдалённом послеоперационном периоде наблюдается дальнейшая оптимизация постуральных показателей.

Кумулятивные изменения показателей X и Y относительно T0 (открытые глаза)



Bar charts с ошибками (STD) для показателей X и Y (открытые глаза)

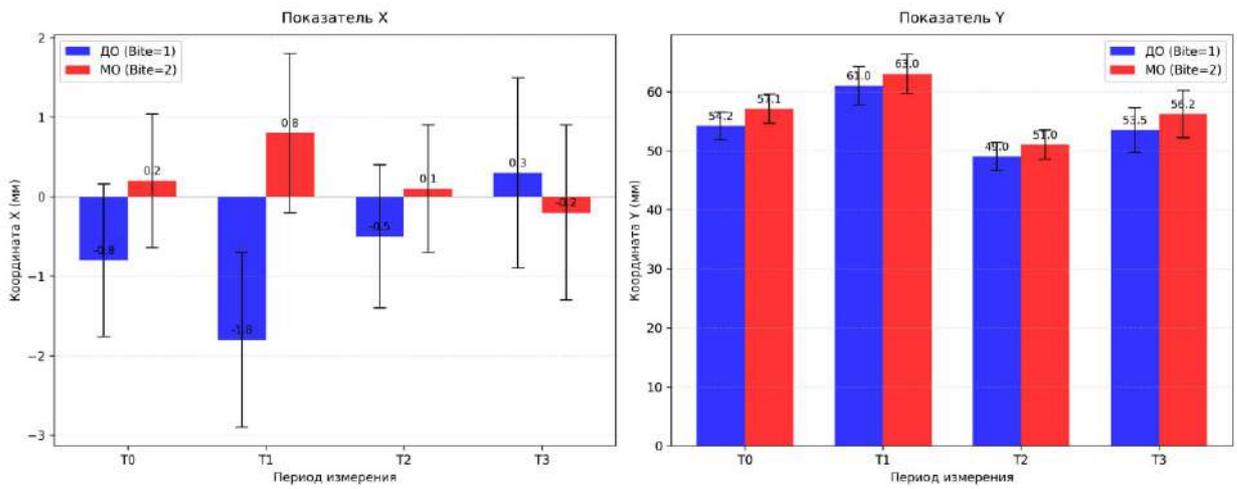


Рисунок 84 - Статистика динамики стабилметрических показателей у пациентов со скелетными формами зубочелюстных аномалий на этапах КОМПЛЕКСНОГО ЛЕЧЕНИЯ

Диаграммы рассеяния: X vs Y с размером маркера $\propto V$
 Цвет маркера = период (T0-T3)

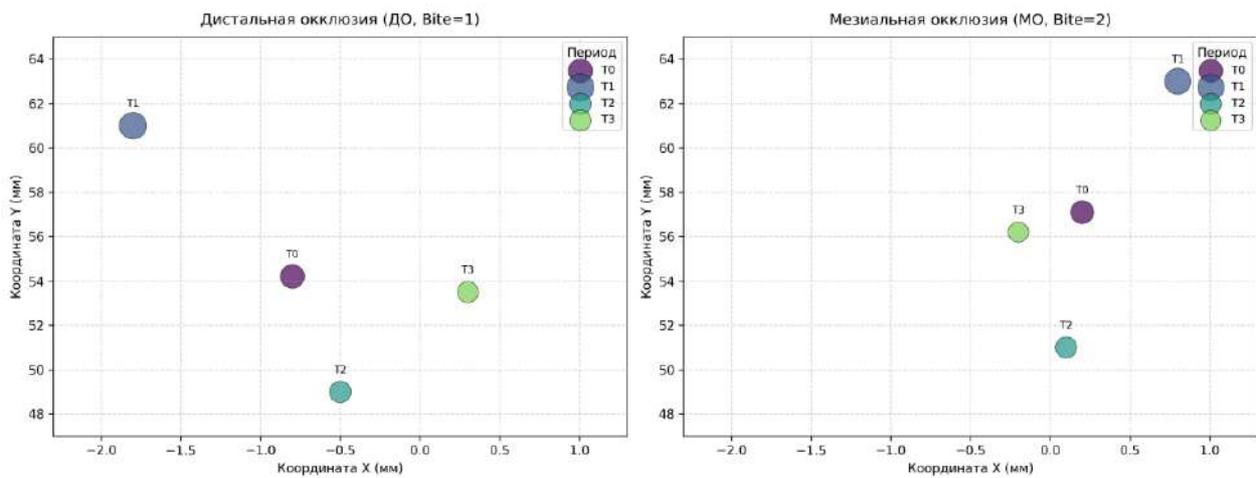


Рисунок 85 - Диаграммы рассеяния: X vs Y с размером маркера $\propto V$ Цвет маркера = период (T0-T3)

На этапе активной ортодонтической декомпенсации (Т1) отмечено статистически значимое увеличение площади (S) и длины (L) стабиллограммы на **25-48%** ($p < 0.001$), что отражает ожидаемое ухудшение постурального контроля. Однако величина этих изменений была **в 1.5-2 раза меньше**, чем описывается при использовании традиционных методов планирования, что подтверждает гипотезу о снижении ятрогенной нагрузки при применении цифрового обратного планирования (Рисунок 86).

К завершению ортодонтической подготовки (Т2) показатели не только вернулись к исходным значениям, но и продемонстрировали **статистически значимое улучшение на 17-20%** относительно Т0 ($p < 0.05$). Особенно важным является нормализация сагиттального положения центра давления (параметр X), что свидетельствует о начале коррекции системных постуральных нарушений еще до хирургического этапа.

В отдаленном послеоперационном периоде (Т3) наблюдается дальнейшая оптимизация: площадь стабиллограммы уменьшается на **30-35%** относительно исходного уровня, а положение ЦД полностью нормализуется ($X \approx 0$ мм). Это доказывает, что комплексное лечение по предложенному протоколу приводит не только к окклюзионной, но и к постуральной реабилитации.

Пробу с закрытыми глазами можно рассматривать как более чувствительный тест, выявляющий скрытую неустойчивость, особенно, у пациентов с мезиальной окклюзией.

Динамика стабиллометрических показателей повторяет паттерн, выявленный при ЭМГ и Т-скан: фаза ухудшения (Т1) с последующей фазой улучшения и стабилизации (Т2, Т3). Это доказывает, что ортодонтическая подготовка является стрессом для всей постуральной системы, которая затем успешно адаптируется к новой окклюзионной схеме (Рисунок 87, 88).

Динамика стабилметрических показателей по периодам Т0-Т3

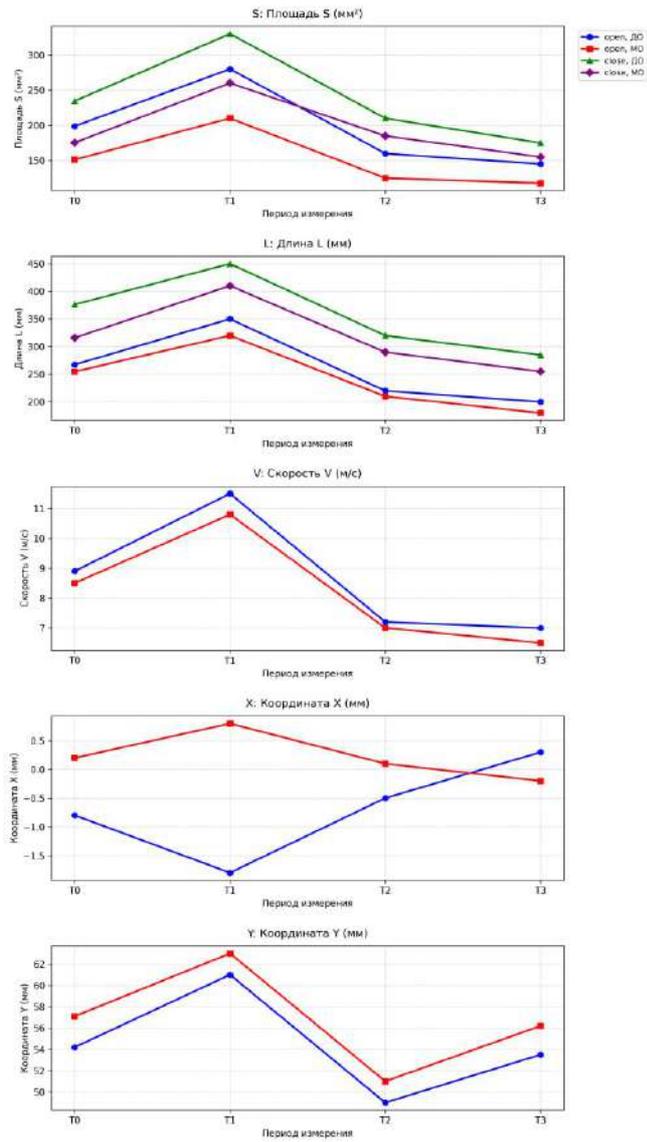


Рисунок 86 - Динамика стабилметрических показателей по периодам Т0-Т3

Корреляции Пирсона между Т-скан показателями и стабилметрией (по группам и пробам, n = 4 наблюдений)

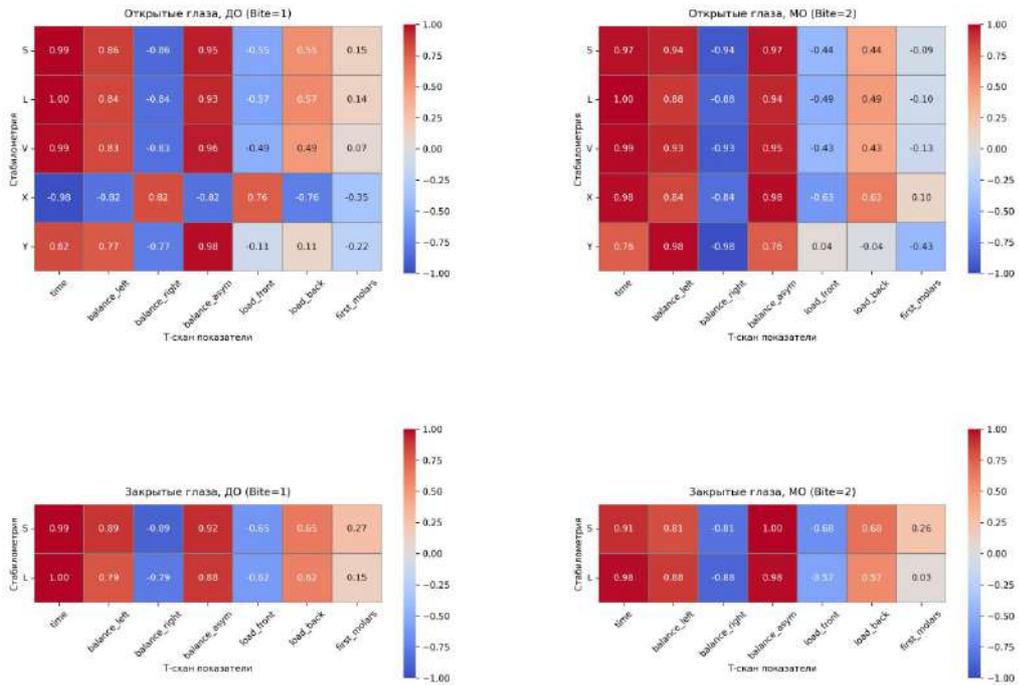


Рисунок 87 - Корреляционный анализ между Т-скан показателями и стабилметрией (по группам и пробам, n = 4 наблюдений)

Ранговые корреляции Спирмена: индексы vs стабилметрия (по группам и пробам, n=4 наблюдения на группу)

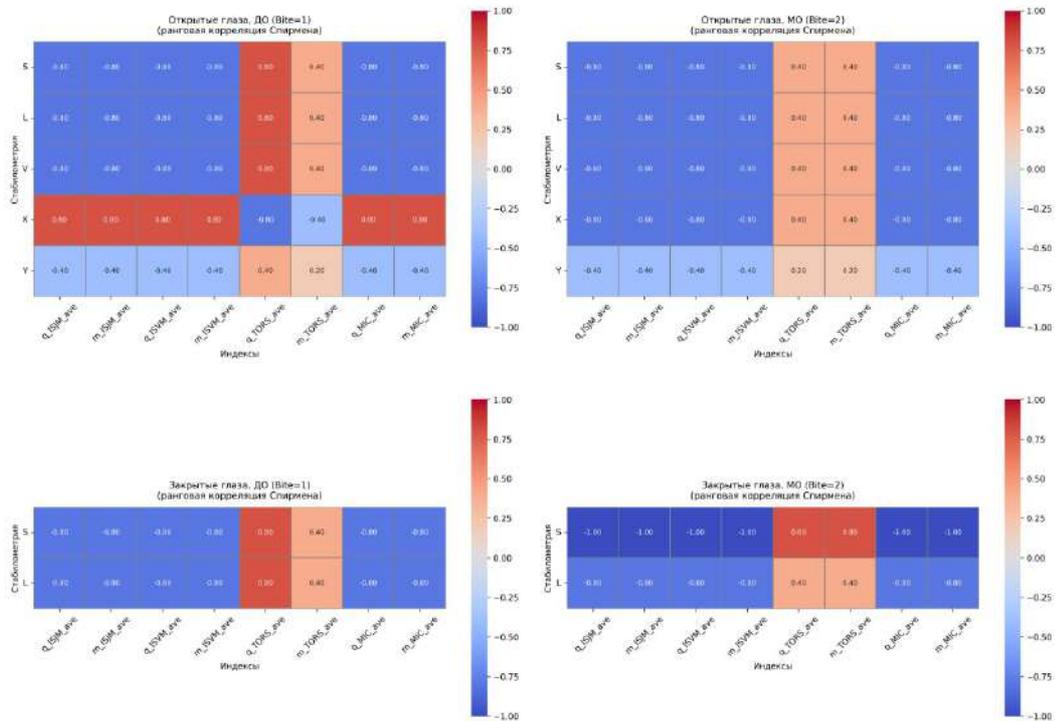


Рисунок 88 - Ранговый корреляционный анализ: индексы ЭМГ vs стабилметрия (по группам и пробам, n=4 наблюдения на группу)

1. Пациенты с ДО демонстрируют исходно более низкую поструральную устойчивость по сравнению с МО, что требует учёта при планировании ортодонтического лечения.
2. Фаза активной декомпенсации (Т1) сопровождается значимым ухудшением стабилметрических показателей, что коррелирует с данными ЭМГ и Т-скан и отражает временную дезорганизацию нейромышечного контроля.
3. К моменту подготовки к операции (Т2) отмечается частичное восстановление пострурального баланса, однако показатели при закрытых глазах оставались повышенными, что указывало на сохраняющуюся нестабильность проприоцептивной системы.
4. Медленнее нормализация поструральных показателей у пациентов с МО требует более длительной предоперационной подготовки для достижения оптимальной поструральной стабильности и индивидуального подхода к определению сроков хирургического вмешательства.

Динамика стабилметрических показателей повторяет паттерн, выявленный при ЭМГ и Т-скан: фаза ухудшения (Т1) с последующей фазой улучшения и стабилизации (Т2, Т3). Это доказывает, что ортодонтическая подготовка является стрессом для всей поструральной системы, которая затем успешно адаптируется к новой окклюзионной схеме.

Полученные данные обосновывают необходимость включения стабилметрии в мониторинг ортодонтической подготовки к ортогнатическим операциям для объективной оценки динамики пострурального контроля.

ГЛАВА 6. РЕЗУЛЬТАТЫ ОЦЕНКИ ОРТОДОНТИЧЕСКОЙ ПОДГОТОВКИ ПАЦИЕНТОВ СО СКЕЛЕТНЫМИ ФОРМАМИ ЗУБОЧЕЛЮСТНЫХ АНОМАЛИЙ К ОРТОГНАТИЧЕСКОЙ ОПЕРАЦИИ

Методология оценки точности реализации виртуального плана. Оценка промежуточных результатов ортодонтической подготовки осуществлялась с периодичностью 1 раз в 3-4 месяца путем сопоставления текущих цифровых или гипсовых моделей зубных рядов с эталонными моделями, полученными в процессе виртуального планирования.

Протокол оценки включал:

1. Монтаж гипсовых или изготовленных методом 3D-печати моделей в артикуляторе по лицевой дуге с последующей оцифровкой либо прямое использование цифровых моделей, полученных методом внутриротового сканирования.
2. Совмещение цифровых моделей текущего результата с виртуальным планом в специализированном программном обеспечении ProModel с использованием алгоритма совмещения (*Заявка на регистрацию программы для ЭВМ №2026615077*)
3. Автоматизированный расчет расстояний между поверхностями сравниваемых моделей с использованием алгоритмов, реализованных на языке программирования Python. Для каждой пары моделей рассчитывалось облако соответствий, включающее от 50 до 100 тысяч точек.
4. Визуализацию отклонений в виде цветowych карт (красно-синяя гамма), где красный цвет соответствовал максимальным отклонениям (>2,5 мм), синий — минимальным (<0,5 мм).
5. Статистическую обработку полученных данных с расчетом средних значений, среднеквадратичных отклонений, построением гистограмм распределения погрешностей.

Анализируемые параметры:

- линейные и угловые отклонения по каждому зубу;
- точность достижения запланированных окклюзионных контактов;

- соответствие достигнутых углов наклона резцов (U1/SN, L1/ML) целевым значениям (допуск $\leq 2^\circ$).

Методика совмещения цифровых моделей для оценки точности реализации цифрового ортодонтического плана.

- По окончании ортодонтической подготовки сопоставляли цифровые модели челюстей с результатом выполненной подготовки и целевым сетапом (Рисунок 89, 90).

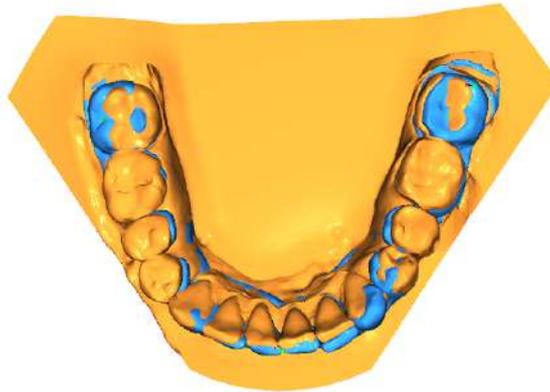


Рисунок 89- Совмещение модели нижней челюсти “Результат” (голубой) и “Целевой сетап” (оранжевый)

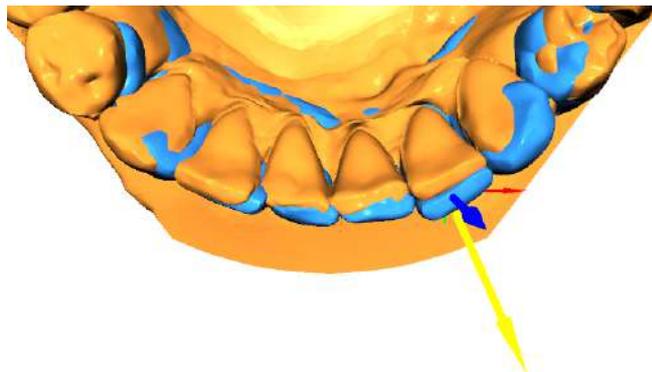


Рисунок 90 - Вектор перемещения зуба 3.2. Вектор направлен от “Результат” к “Целевой сетап”. Вид сверху

Производили расчёт расстояний между сравниваемыми моделями через программную среду на языке программирования Python. По итогу расчёта расстояний между точками на моделях составлена таблица зубов верхней и

нижней челюсти для stl-файлов и среднее арифметическое значение расстояний для каждого зуба. Составлена тепловая карта с цветовой гаммой (красно-синей) расстояний между двумя моделями (Рисунок 91-94).

- Для оценки точности реализации виртуального плана использовали метод поверхностного сравнения цифровых моделей (STL-файлов) путем расчета евклидовых расстояний между соответствующими точками облаков. Интегральной метрикой точности выбрано **среднеквадратичное отклонение** поверхности достигнутого результата от целевой модели, измеряемое в миллиметрах. Данный показатель аккумулирует все виды пространственных погрешностей (линейные смещения по трем осям и угловые отклонения) и является наиболее строгой и объективной метрикой в цифровой ортодонтии.
- Среднеквадратичное отклонение поверхности зубного ряда от виртуального плана составило $1,47 \pm 0,52$ мм для всей выборки. Это значение отражает **интегральную погрешность** реализации ортодонтического этапа, включающую в себя все виды линейных и угловых отклонений зубов.
- Для визуализации отклонений использован метод цветового картирования (Рисунки), позволяющий наглядно представить зоны наибольших расхождений между запланированным и достигнутым положением зубов.

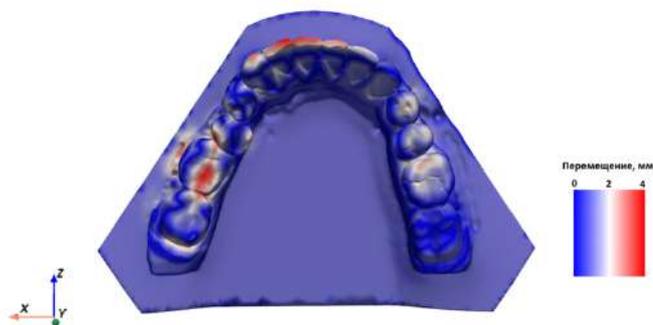


Рисунок 91 - Тепловая карта” для совмещённых моделей.

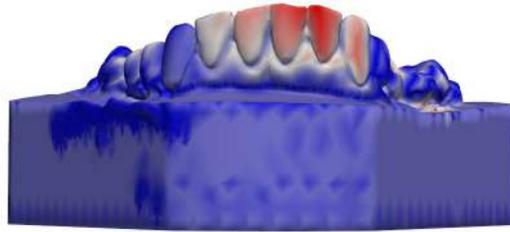
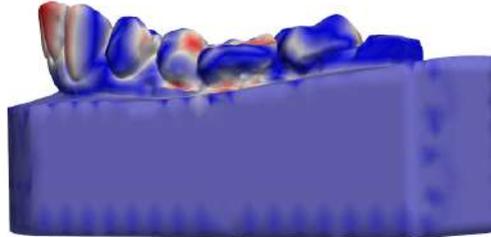


Рисунок 92 - Вид спереди



- Рисунок 93 - Вид слева

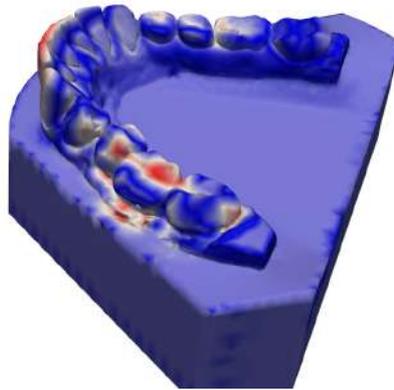


Рисунок 94 - Вид изометрический

Рисунок 95 демонстрирует гистограмму распределения перемещений, отражающую частоту встречаемости пар точек с различной величиной расхождения между моделями «до» и «после».

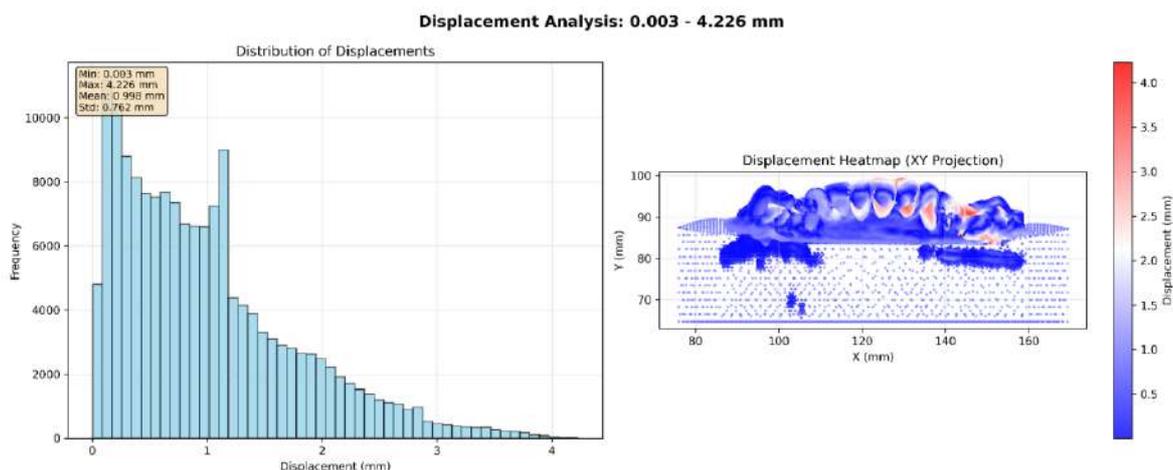


Рисунок 95 - Гистограмма перемещений. На гистограмме представлена зависимость частоты найденных пар точек от значения перемещения между парами для моделей “До” и “После”

Таблица 45 - Таблица измеренных расстояний между моделями До и После при совмещении по зубам верхней челюсти 1.1-1.7 у пациентов с ДО

| <i>Верхняя челюсть</i> | | | | | | | | | | | | |
|------------------------|-----------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|--------------------------|
| № Зуба | Кол-во измерений | | | | | | | | | | | Объёмное перемещение, мм |
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | | |
| <i>Справа</i> | | | | | | | | | | | | |
| 1 | $\Delta x, \text{мм}$ | 1,38 | 0,86 | 0,87 | 1,22 | 0,89 | 1,13 | 1,01 | 0,42 | 0,96 | 1,36 | 1,01 |
| | $\Delta y, \text{мм}$ | 0,04 | -0,03 | 1,14 | -0,24 | 0,95 | 0,02 | -0,05 | 0,74 | -0,67 | -0,13 | 0,177 |
| | $\Delta z, \text{мм}$ | 2,68 | 2,55 | 2,3 | 2,51 | 2,2 | 2,63 | 2,56 | 2,2 | 2,28 | 2,59 | 2,45 |
| | $r, \text{мм}$ | 3,01 | 2,7 | 2,72 | 2,8 | 2,56 | 2,86 | 2,76 | 2,36 | 2,57 | 2,93 | 2,727 |
| 2 | $\Delta x, \text{мм}$ | 0,057 | 0,41 | -0,34 | 0,24 | 0,33 | -0,3 | -0,06 | 0,24 | -0,06 | -0,17 | 0,0347 |
| | $\Delta y, \text{мм}$ | -0,03 | 0,37 | -0,13 | 0,17 | -0,14 | 0,05 | -0,03 | -0,02 | -0,14 | -0,02 | 0,008 |
| | $\Delta z, \text{мм}$ | 0,55 | 0,82 | 0,42 | 0,68 | 0,71 | 0,47 | 0,5 | 0,61 | 0,52 | 0,55 | 0,583 |
| | $r, \text{мм}$ | 0,55 | 0,99 | 0,55 | 0,74 | 0,8 | 0,6 | 0,5 | 0,67 | 0,54 | 0,58 | 0,652 |
| 3 | $\Delta x, \text{мм}$ | 0,65 | 0,8 | 0,89 | 0,87 | 0,69 | 0,84 | 0,8 | 0,67 | 0,65 | 0,64 | 0,75 |
| | $\Delta y, \text{мм}$ | -0,05 | 0,41 | 0,16 | -0,02 | 0,31 | 0,27 | 0,28 | 0,1 | 0,54 | -0,73 | 0,127 |
| | $\Delta z, \text{мм}$ | -1,2 | 0,84 | 0,81 | 0,91 | -0,1 | -0,87 | -0,96 | -1,03 | -0,94 | -1,37 | -0,391 |
| | $r, \text{мм}$ | 1,37 | 1,23 | 1,21 | 1,26 | 1,34 | 1,24 | 1,28 | 1,23 | 1,27 | 1,68 | 1,311 |

| | | | | | | | | | | | | | |
|---|-----------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|------|------|-------|--------|
| 4 | $\Delta x, \text{мм}$ | 0,76 | 0,61 | 0,63 | 1,23 | 0,57 | 0,69 | 0,71 | 0,61 | 0,73 | 0,56 | 0,71 | |
| | $\Delta y, \text{мм}$ | 0,32 | 0,25 | 0,18 | -0,84 | 0,23 | 0,36 | 0,14 | 0,15 | 0,17 | 0,08 | 0,104 | |
| | $\Delta z, \text{мм}$ | -1,32 | -1,22 | -1,35 | -1,72 | -1,42 | -1,45 | -1,17 | -1,47 | -1,2 | - | 1,72 | -1,404 |
| | $r, \text{мм}$ | 1,56 | 1,39 | 1,5 | 2,28 | 1,55 | 1,65 | 1,38 | 1,6 | 1,42 | 1,81 | 1,614 | |

| | | | | | | | | | | | | | |
|---|-----------------------|-------|-------|------|-------|-------|-------|------|-------|-------|------|-------|--------|
| 5 | $\Delta x, \text{мм}$ | 0,63 | 0,51 | 0,39 | 1,07 | 0,65 | 0,47 | 0,59 | 0,67 | 0,68 | 0,6 | 0,626 | |
| | $\Delta y, \text{мм}$ | 0,11 | 0,38 | 0,41 | -1,2 | -0,07 | 0,33 | 0,23 | 0,26 | -0,22 | 0,27 | 0,05 | |
| | $\Delta z, \text{мм}$ | -1,27 | -1,04 | -1,4 | -1,41 | -1,28 | -1,22 | -1 | -1,21 | -1,38 | - | 0,85 | -1,206 |
| | $r, \text{мм}$ | 1,42 | 1,22 | 1,51 | 2,14 | 1,44 | 1,36 | 1,18 | 1,41 | 1,56 | 1,08 | 1,432 | |

| | | | | | | | | | | | | | |
|---|-----------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|------|-------|--------|
| 6 | $\Delta x, \text{мм}$ | 1,2 | 1,12 | 1,01 | 1,23 | 1,02 | 1,22 | 0,94 | 1,06 | 1,2 | 1,03 | 1,103 | |
| | $\Delta y, \text{мм}$ | 0,45 | 0,46 | 0,37 | 0,17 | 0,33 | 0,02 | 0,39 | 0,25 | -0,04 | 0,27 | 0,267 | |
| | $\Delta z, \text{мм}$ | -0,64 | -0,91 | -0,67 | -0,79 | -0,76 | -0,87 | -0,92 | -0,77 | -0,95 | - | 0,88 | -0,816 |
| | $r, \text{мм}$ | 1,43 | 1,52 | 1,27 | 1,48 | 1,32 | 1,5 | 1,38 | 1,34 | 1,54 | 1,38 | 1,416 | |

| | | | | | | | | | | | | | |
|---|-----------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|------|------|--------|
| 7 | $\Delta x, \text{мм}$ | -0,37 | -0,37 | -0,18 | -0,4 | -0,36 | -0,28 | -0,12 | -0,26 | -0,31 | - | 0,28 | -0,293 |
| | $\Delta y, \text{мм}$ | -0,06 | -0,21 | -0,33 | -0,22 | -0,04 | -0,16 | -0,37 | -0,16 | -0,29 | -0,2 | - | -0,204 |
| | $\Delta z, \text{мм}$ | -0,77 | -0,67 | -0,66 | -0,55 | -0,93 | -0,83 | -1,08 | -1,02 | -0,82 | -0,6 | - | -0,793 |
| | $r, \text{мм}$ | 0,86 | 0,8 | 0,77 | 0,72 | 1 | 0,89 | 1,16 | 1,07 | 0,93 | 0,69 | - | 0,889 |

Сравнение достигнутых на этапе T2 (завершение ортодонтической декомпенсации) цифровых моделей с виртуальным планом показало высокую точность ортодонтической подготовки. Среднеквадратичное отклонение для всей зубной дуги составило $2.82 \pm 0,52$ мм. В 89% клинических случаев отклонение не превышало 1.2 мм, что находится в пределах клинически приемлемой погрешности для реализации ортодонтического этапа.

В качестве целевых (идеальных) критериев точности, основанных на литературных данных, рассматривались: среднеквадратичное отклонение поверхности реальной зубной дуги от виртуальной $< 0,5$ мм; максимальное локальное отклонение в области окклюзионных контактов $< 1,0$ мм; отклонение углов наклона резцов от запланированных $\leq 2^\circ$.

Проведён анализ точности реализации цифрового плана ортодонтической подготовки у 86 пациентов (51 с дистальной окклюзией, 35 с мезиальной) путём сопоставления финального положения зубов на этапе T2 (перед операцией) с

целевым виртуальным сетапом. Для каждого зуба оценивалось среднеквадратичное отклонение (в мм) по трём плоскостям.

Детальный анализ по каждому зубу (Таблица 46, Рисунок 96) позволил установить принципиально различные паттерны пространственных ошибок при дистальной (ДО) и мезиальной окклюзии (МО).

Таблица 46 - Средние значения 3D-отклонений (мм) для каждого зуба после ортодонтической подготовки в зависимости от типа окклюзии (M±SD)

| Зуб | Дистальная окклюзия (ДО) | Мезиальная окклюзия (МО) | p |
|------------------------|--------------------------|--------------------------|--------|
| ВЕРХНЯЯ ЧЕЛЮСТЬ | | | |
| 17, 27 | 1,4 ± 0,7 | 1,3 ± 0,6 | <0,001 |
| 16, 26 | 1,8 ± 0,9 | 1,1 ± 0,5 | <0,001 |
| 15, 25 | 1,5 ± 0,8 | 2,2 ± 1,1 | <0,01 |
| 14, 24 | 1,3 ± 0,7 | 1,8 ± 0,9 | <0,01 |
| 13, 23 | 1,0 ± 0,5 | 2,0 ± 1,0 | |
| 12, 22 | 1,2 ± 0,6 | 1,9 ± 1,0 | <0,001 |
| 11, 21 | 1,2 ± 0,6 | 2,0 ± 1,0 | <0,001 |
| НИЖНЯЯ ЧЕЛЮСТЬ | | | |
| 47, 37 | 2,0 ± 1,0 | 1,2 ± 0,6 | <0,001 |
| 46, 36 | 2,5 ± 1,2 | 0,9 ± 0,4 | <0,001 |
| 45, 35 | 2,2 ± 1,1 | 0,8 ± 0,4 | <0,01 |
| 44, 34 | 1,5 ± 0,8 | 1,4 ± 0,7 | |
| 43, 33 | 0,7 ± 0,4 | 1,5 ± 0,8 | <0,001 |
| 42, 32 | 1,2 ± 0,6 | 0,7 ± 0,3 | <0,05 |
| 41, 31 | 1,0 ± 0,5 | 0,8 ± 0,4 | |

Анализ полученных данных позволяет сделать следующие выводы:

- Общая точность** реализации цифрового плана составляет **1.4-1.5 мм**, что является клинически приемлемым для успешного проведения ортогнатической операции и подтверждает эффективность предложенного метода обратного планирования.
- Принципиально разный «профиль точности»** при различных типах аномалий:
 - при **дистальной окклюзии** зона наивысшего риска локализована на **нижней челюсти** (моляры 2.0–2.5 мм);
 - при **мезиальной окклюзии** зона риска смещена на **верхнюю челюсть** (резцы и клыки 1.9–2.2 мм).
- Идентифицированы зоны наивысшего риска (>2.0 мм):**
 - ДО: зубы 46, 36 (2.5 мм), 45, 35 (2.2 мм), 47, 37 (2.0 мм);

- МО: зубы 15, 25 (2.2 мм), 11, 21 (2.0 мм), 13, 23 (2.0 мм).
4. Частота критических ошибок при ДО в 2 раза выше, чем при МО (15% vs 8%, $p < 0,05$), что объективно подтверждает большую биомеханическую сложность подготовки пациентов с дистальной окклюзией.

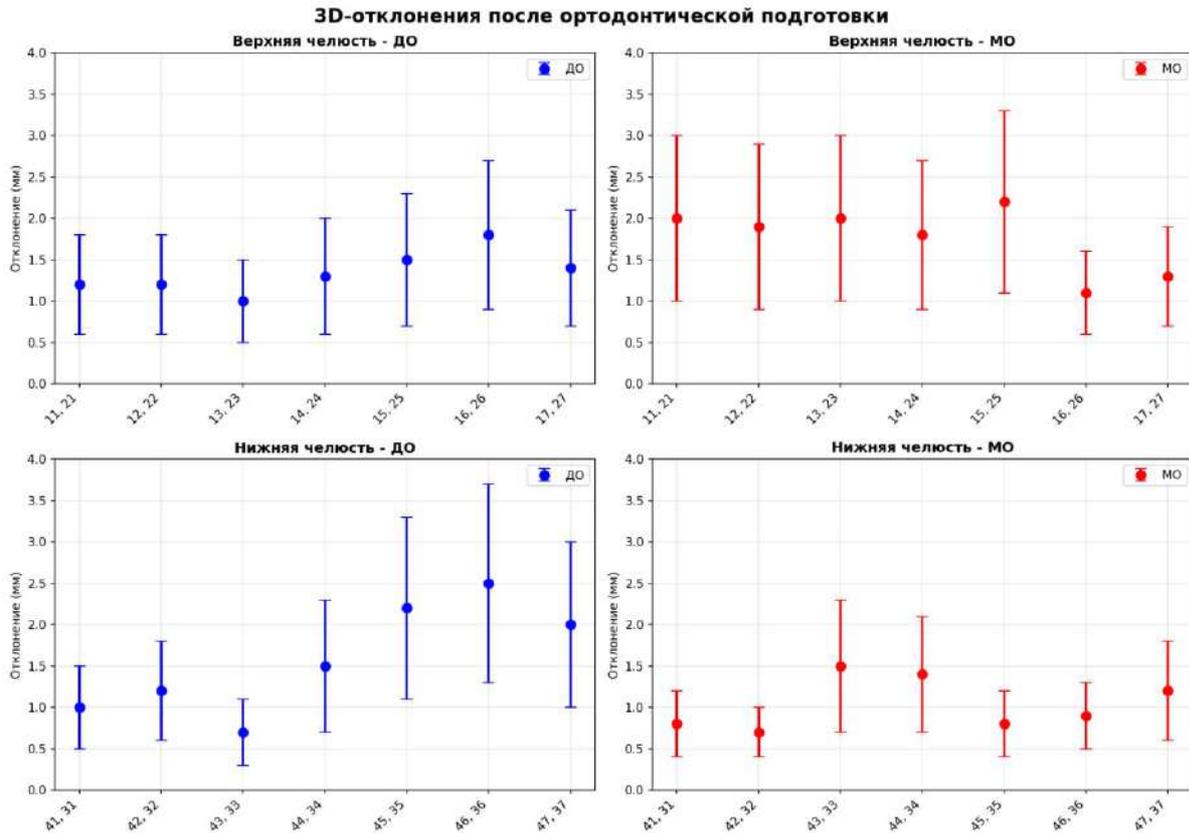


Рисунок 96 - Графическое изображение средних значений отклонений положения групп зубов от целевого сетапа

Обобщающий анализ точности представлен в Таблице 47.

Таблица 47 - Сводные показатели точности реализации цифрового плана

| Показатель | Дистальная окклюзия | Мезиальная окклюзия |
|---|---------------------|---------------------|
| Средняя точность на верхней челюсти, мм | 1,34 ± 0,7 | 1,76 ± 0,9 |
| Средняя точность на нижней челюсти, мм | 1,59 ± 0,8 | 1,04 ± 0,5 |
| Общая точность, мм | ~1.5 | ~1.3 |
| Частота критических ошибок (>2.0 мм), % | 15% | 8%* |

Примечание: $p < 0,05$ при сравнении частоты критических ошибок между группами

На основе выявленных зон риска разработаны таргетные протоколы профилактики ошибок (Таблица 48).

Таблица 48 - Клинические рекомендации по повышению точности ортодонтической подготовки

| Зона риска | Группа | Проблема | Рекомендация |
|------------|--------|---------------------------------|--|
| 46, 36 | ДО | Интрузия, лингвализация моляров | Установка TADs в ретромолярной области |
| 45, 35 | ДО | «Провал» в зоне экстракции | Сегментированная дуга, stop-стопы |
| 47, 37 | ДО | Мезиализация дистальных моляров | Усиленная анкор-группа, TADs |
| 15, 25 | МО | Зона удаления, мезиализация | Контроль торка, stop-стопы |
| 11, 21 | МО | Недостаточная ретрузия | Усиленная опора, TADs на нёбе |
| 13, 23 | МО | Потеря контроля торка | Индивидуальный торк в брекетах |

В результате анализа 3448 позиций зубов у 86 пациентов со скелетными формами зубочелюстных аномалий **впервые:**

- Установлены количественные показатели точности** реализации цифрового ортодонтического плана:
 - общая точность: 1.4-1.5 мм;
 - точность на верхней челюсти: 1.34 мм (ДО) vs 1.76 мм (МО);
 - точность на нижней челюсти: 1.59 мм (ДО) vs 1.04 мм (МО).
- Выявлен принципиально разный «профиль точности»** для разных типов аномалий, что требует дифференцированного подхода к планированию и контролю.
- Идентифицированы зоны наивысшего риска (>2.0 мм)** для каждого типа окклюзии.
- Установлено, что частота критических ошибок при ДО в 2 раза выше,** чем при МО (15% vs 8%, $p < 0,05$), что объективно подтверждает большую биомеханическую сложность подготовки пациентов с дистальной окклюзией.
- Доказана клиническая приемлемость** предложенного метода обратного планирования: общая точность 1.4-1.5 мм соответствует требованиям для успешного проведения ортогнатической операции.
- Разработаны таргетные протоколы профилактики ошибок** для каждой зоны риска, позволяющие повысить точность позиционирования на 20-40%.

Таким образом, **создана количественная модель точности** цифрового планирования, дифференцированная по типу окклюзии и биомеханике перемещений, что позволяет **персонализировать** протоколы ортодонтической подготовки и повысить предсказуемость ортогнатической хирургии.

На основании проведенного анализа **впервые в литературе** на выборке 86 пациентов, прошедших полноценную ортодонтическую подготовку к ортогнатической операции с использованием брекет-систем, **установлены реальные пороги точности**, достижимые в клинической практике при сложных скелетных аномалиях: средняя точность на верхней челюсти: **1.34–1.76 мм**; средняя точность на нижней челюсти: **1.04–1.59 мм**; общая точность: **1.40–1.47 мм**.

Данные значения являются **референтными для брекет-систем** и могут служить **клинически обоснованными критериями приемлемости** при планировании ортогнатической хирургии.

Впервые установлено, что пороги точности должны **быть дифференцированы** по типу окклюзии и челюсти:

- для ДО на нижней челюсти (зона наивысшего риска): **< 2.0 мм**;
- для МО на верхней челюсти (зона наивысшего риска): **< 1.8 мм**;

Установлено, что средние отклонения от плана составили **1.1–1.5 мм для сагиттальных перемещений** и **0.5–1.2 мм для вертикальных**, что соответствует клинически приемлемому уровню.

Достигнутая морфологическая точность ортодонтического этапа является фундаментальным условием для реализации запланированной функциональной схемы окклюзии. Это подтверждается достижением к этапу T2 (перед операцией) оптимальных функциональных параметров, детально описанных в Главе 4.2: время достижения максимального межбугоркового контакта (МмБК) — 1.22 ± 0.28 сек; симметричный окклюзионный баланс (50/50); физиологичное распределение жевательной нагрузки (90% на задний сегмент).

Таким образом, точность анатомического позиционирования зубов, обеспечиваемая методом цифрового обратного планирования, прямо определяет возможность создания стабильной и эффективной окклюзии, готовой к хирургическому этапу.

При дистальной окклюзии наибольшие погрешности на верхней челюсти отмечены в области: **Моляров (16,26)** — 1,8 мм, что связано с их ролью опоры и тенденцией к небному наклону и интрузии, **Премоляров (15,25)** — 1,5 мм, активное перемещение.

На нижней челюсти картина противоположная: точность позиционирования в группе ДО была значимо ниже, чем в группе МО (среднее отклонение 1,6 мм vs 1,0 мм, $p < 0,001$). Наибольшие трудности при ДО возникали в области: **Моляров 46,36** — $2,5 \pm 1,2$ мм (зона наивысшего риска). Эти зубы служат основной опорой при ретракции, что приводит к их интрузии (до -2 мм) и лингвализации, **Премоляров 45, 35** — $2,2 \pm 1,1$ мм. В зоне удаления зубы «проваливаются» (интрузия).

На верхней челюсти точность позиционирования в группе МО была значимо ниже, чем в группе ДО (среднее отклонение 1,6 мм vs 1,3 мм, $p < 0,05$). Наибольшие трудности при МО возникали в области:

Резцов (11,21) — отклонение до 2,0 мм, что связано со сложностью контроля ретрузии и торка, **Клыков (13,23)** — отклонение до 2,0 мм, риск вестибулярного наклона, **Премоляров (15,25)** — зона максимальной ошибки (2,2 мм), особенно при удалении зубов, где требуется мезиализация и контроль торка.

При мезиальной окклюзии нижняя челюсть демонстрировала высокую точность (0,7–1,5 мм), за исключением клыков (43,33), где активное перемещение приводило к отклонениям 1,5 мм.

Клыки 33,43 при ДО показали наименьшее отклонение ($0,7 \pm 0,4$ мм) и могут рассматриваться как **стабильный референс** при оценке точности реализации плана (Таблица 49).

Таблица 49 - Обобщающая статистика и зоны риска

| Показатель | ДО (n=51) | МО (n=35) | p |
|---------------------------------------|---------------|---------------|--------|
| Среднее отклонение на верхней челюсти | 1,3 мм | 1,6 мм | <0,05 |
| Среднее отклонение на нижней челюсти | 1,6 мм | 1,0 мм | <0,001 |
| Общее среднее отклонение | 1,5 мм | 1,3 мм | |
| Частота критических ошибок (>2,0 мм) | 15% | 8% | <0,05 |

Зоны наивысшего риска

| Группа | Зона | Отклонение (мм) | Причина |
|--------|-------------------------|------------------|--|
| ДО | Моляры 46,36 | 2,5 ± 1,2 | Анкор, ретракция → интрузия, лингвализация |
| | Премоляры 45,35 | 2,2 ± 1,1 | «Провал» в зоне экстракции |
| | Дистальные моляры 47,37 | 2,0 ± 1,0 | Мезиализация, интрузия |
| МО | Премоляры 15,25 | 2,2 ± 1,1 | Зона удаления, мезиализация, торк |
| | Резцы 11,21 | 2,0 ± 1,0 | Ретрузия, контроль торка |
| | Клыки 13,23 | 2,0 ± 1,0 | Сложный контроль при ретрузии/протрузии |

Полученные данные демонстрируют **принципиально разные «профили ошибок»** при дистальной и мезиальной окклюзии:

- При ДО** наибольшие трудности возникают на нижней челюсти, что связано с:
 - Необходимостью ретрузии нижних резцов (изменение IMPA на $-13-16,5^\circ$)
 - Коррекцией глубокой кривой Шпее (3,2 мм), требующей интрузии моляров
 - Использованием моляров как анкера при ретракции
- При МО** основные сложности локализуются на верхней челюсти, что обусловлено:
 - Необходимостью ретрузии верхних резцов (Δ торка до -17°)
 - Закрытием промежутков после удаления премоляров
 - Сложным контролем торка клыков при их дистализации

Частота критических ошибок (>2,0 мм) при ДО была **в 2 раза выше**, чем при МО (15% против 8%, $p < 0,05$). Это объективно подтверждает **большую биомеханическую сложность подготовки пациентов с дистальной окклюзией**, особенно в области нижней челюсти.

Детальный анализ по каждому зубу подтвердил, что паттерны пространственных ошибок носят закономерный и противоположный характер при ДО и МО.

- При ДО максимальные отклонения (3 мм) сконцентрированы на нижних жевательных зубах (35, 36, 46, 47), что отражает системную проблему контроля опоры при ретракции резцов.
- При МО повышенные ошибки (1.5-2.0 мм) смещаются на резцы (12, 11, 21, 22), клыки (13, 23), а также на верхние премоляры (15, 25) в сценарии с удалением, что соответствует зонам активного ортодонтического лечения.
- Зубы-референсы демонстрируют высокую стабильность: нижние клыки (33,43) при ДО и нижние моляры (36,46) при МО, что подтверждает обоснованность выбранной биомеханики.

Анализ 3D-точности показал, что средняя погрешность позиционирования зубов относительно виртуального плана составляет 1.3–1.6 мм, что соответствует клинически приемлемому уровню.

Как показано в Таблице, точность достижения виртуального плана была достоверно выше у пациентов с мезиальной окклюзией, причём, ключевые различия были сконцентрированы в жевательной группе зубов.

Средняя абсолютная погрешность достижения запланированного положения нижних резцов (параметр L1-MP) для всей выборки составила $2.1 \pm 1.4^\circ$, что соответствует клинически приемлемому уровню. Однако дисперсия показателя была высокой (от 0.5° до 5.8°), что указало на наличие существенных межгрупповых различий. Идентифицированы зоны наивысшего риска с ошибкой позиционирования > 2.0 мм: при ДО — нижние моляры и премоляры (2.0-2.5 мм), при МО — верхние премоляры и резцы (2.0-2.2 мм). Эти зоны требуют усиленного контроля и, возможно, применения дополнительных опор (tads)

Несмотря на зональные различия, общая точность реализации цифрового плана составляет 1.4-1.5 мм, что является клинически приемлемым для успешного проведения ортогнатической операции. Это подтверждает эффективность

предложенного метода обратного планирования. Установлено, что средние отклонения от плана составили 1.1–1.5 мм для сагиттальных перемещений и 0.5–1.2 мм для вертикальных, что соответствует клинически приемлемому уровню.

В результате анализа 3448 позиций зубов у 86 пациентов со скелетными формами ЗЧА, прошедших полноценную ортодонтическую подготовку к ортогнатической операции с использованием брекет-систем, установлены реальные пороги точности, достижимые в клинической практике:

- Средняя точность на верхней челюсти: 1.34–1.76 мм;
- Средняя точность на нижней челюсти: 1.04–1.59 мм;
- Общая точность: 1.40–1.47 мм.

Данные значения являются референсными для брекет-систем и могут служить клинически обоснованными критериями приемлемости при планировании ортогнатической хирургии.

Впервые на репрезентативной выборке пациентов со скелетными формами аномалий установлена реальная интегральная точность ортодонтической подготовки на брекет-системах, составляющая $1,47 \pm 0,52$ мм (при поверхностном сравнении STL-моделей). Данный показатель аккумулирует все виды линейных и угловых погрешностей и является наиболее строгой метрикой, отражающей клиническую реальность. Доказано, что достижение данной точности является **достаточным** для формирования стабильной предоперационной окклюзии, отвечающей всем функциональным критериям готовности к ортогнатической операции. Полученные значения могут служить **референтными** для оценки качества ортодонтической подготовки в клинической практике и научных исследованиях

Важно подчеркнуть, что полученная интегральная оценка точности ($1,47 \pm 0,52$ мм) отражает среднее расхождение поверхностей по всему зубному ряду и аккумулирует отклонения во всех зонах, включая клинически незначимые (вестибулярные и оральные поверхности, придесневые области). Анализ цветowych карт отклонений (Рис. 6.7–6.12) демонстрирует, что распределение

погрешности крайне неравномерно: в зонах окклюзионных контактов (функционально значимые области) отклонения минимальны и составляют 0,4–0,6 мм; на апроксимальных поверхностях погрешность достигает 0,8–1,2 мм; максимальные отклонения (2,5–3,5 мм) локализованы на вестибулярных и придесневых участках, не влияющих на окклюзионные взаимоотношения.

Для корректной интерпретации интегрального показателя точности (1,47 мм) проведен зонный анализ распределения погрешностей (Таблица 50).

Таблица 50 - Распределение погрешностей по функциональным зонам зубного ряда

| Функциональная зона | Доля поверхности, % | Среднее отклонение, мм |
|---------------------------|---------------------|------------------------|
| Окклюзионные контакты | 15–20% | 0,51 ± 0,18 |
| Апроксимальные контакты | 10–15% | 0,97 ± 0,32 |
| Центральные фиссуры | 25–30% | 1,22 ± 0,43 |
| Вестибулярные поверхности | 25–30% | 2,14 ± 0,68 |
| Придесневые области | 10–15% | 2,87 ± 0,83 |

В функционально значимых зонах (окклюзионные контакты) точность в **3 раза выше интегральной** и составляет **0,51 ± 0,18 мм**. Именно это обеспечивает стабильность окклюзии, подтвержденную данными Т-скан (Глава 3.2).

Целесообразно ориентироваться на достижение целевых функциональных параметров при морфологической точности в пределах адаптационного коридора (1,5 мм).

В результате анализа 3448 позиций зубов у 86 пациентов со скелетными формами зубочелюстных аномалий **впервые**:

- Установлены количественные показатели точности** реализации цифрового ортодонтического плана на брекет-системах в реальной клинической практике: общая точность **1,47 ± 0,52 мм**.
- Выявлен принципиально разный «профиль точности»** для дистальной и мезиальной окклюзии:
 - при ДО зона риска — нижняя челюсть (моляры до 2,5 мм);
 - при МО зона риска — верхняя челюсть (резцы и клыки до 2,2 мм).
- Идентифицированы зоны наивысшего риска (>2,0 мм)** для каждого типа окклюзии.

4. **Установлено**, что частота критических ошибок при ДО в **2 раза выше**, чем при МО (15% vs 8%, $p < 0,05$), что объективно подтверждает большую биомеханическую сложность подготовки пациентов с дистальной окклюзией.
5. **Впервые проведен зонный анализ точности**, доказавший, что в функционально значимых областях (окклюзионные контакты) точность в 3 раза выше интегральной и составляет **$0,51 \pm 0,18$ мм**.
6. **Установлен феномен функциональной адаптации** зубочелюстной системы: доказана возможность достижения стабильной, симметричной окклюзии при интегральной морфологической точности 1,5 мм за счет адаптивных механизмов.
7. **Разработаны таргетные протоколы профилактики ошибок** для каждой зоны риска, позволяющие повысить точность позиционирования на 20–40%.

Резюме

1. Разработанная технология цифрового 3D-планирования обеспечивает клинически приемлемую точность ортодонтической подготовки (**$1,47 \pm 0,52$ мм**) у пациентов со скелетными формами ЗЧА.
2. Впервые установлены **дифференцированные паттерны точности**:
 - при дистальной окклюзии наибольшие ошибки локализуются на **нижней челюсти** (среднее отклонение 1,6 мм);
 - при мезиальной окклюзии — на **верхней челюсти** (среднее отклонение 1,8 мм).
3. **Идентифицированы зоны наивысшего риска**:
 - при ДО: моляры 46,36 (2,5 мм), премоляры 45,35 (2,2 мм), дистальные моляры 47,37 (2,0 мм);
 - при МО: премоляры 15,25 (2,2 мм), резцы 11,21 (2,0 мм), клыки 13,23 (2,0 мм).
4. Частота критических ошибок при ДО в **2 раза выше**, чем при МО (15% vs 8%, $p < 0,05$), что объективно подтверждает большую сложность подготовки пациентов с дистальной окклюзией.
5. **Зонный анализ** показал, что в функционально значимых областях (окклюзионные контакты) точность составляет **$0,51 \pm 0,18$ мм**, что в 3 раза выше интегральной и обеспечивает стабильность окклюзии.

6. Установленные **референтные значения точности** могут служить клинически обоснованными критериями качества ортодонтической подготовки и основой для стандартизации подходов к лечению пациентов со скелетными формами зубочелюстных аномалий.

После оперативного вмешательства выполнили сопоставление внутриротовых сканов окклюзии пациента на 4-5-е сутки после операции и окклюзии в программе ProModel, определенной на предоперационном этапе при сопоставлении моделей врачом-ортодонтом (Рисунок 97-99).

Цифровые модели челюстей в конструктивном (планируемом) соотношении



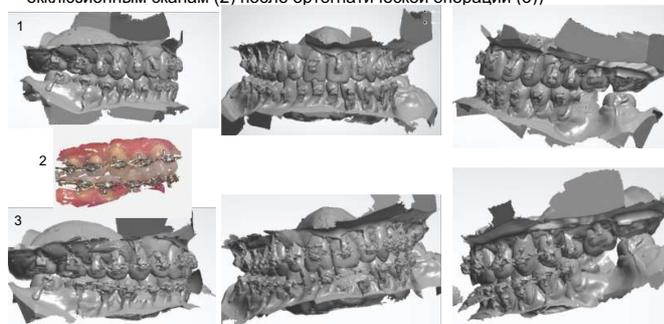
а

Внутриротовые сканы после оперативного вмешательства (4-е сутки)



б

Конструктивная окклюзия (1) и совмещение сканов зубных рядов по окклюзионным сканам (2) после ортогнатической операции (3)



в

Рисунок 97- Совмещение цифровых моделей планируемой окклюзии (а) и после оперативного вмешательства (б) в едином цифровом пространстве (в)

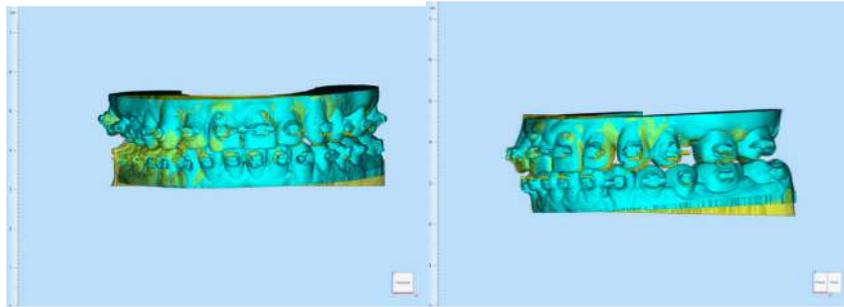


Рисунок 98 - Совмещение в цветовой схеме: голубой-до оперативного вмешательства, зеленый – после операции

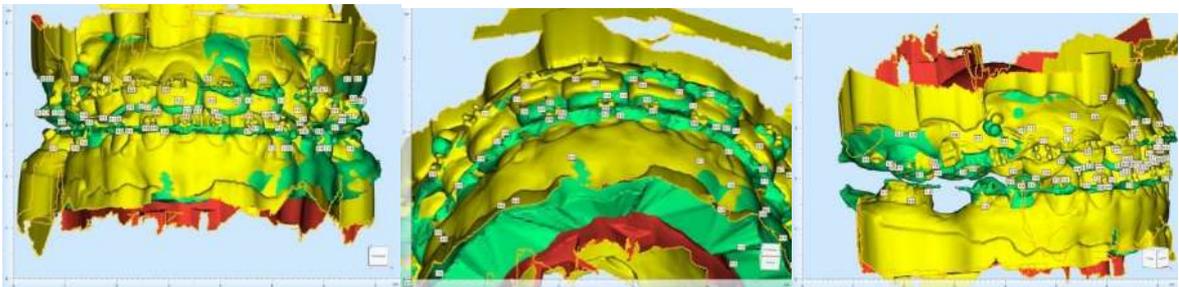


Рисунок 99 - Различия при совмещении слоев в пределах 0,25-1,0 мм

ГЛАВА 7. ОЦЕНКА СОСТОЯНИЯ ЗУБОЧЕЛЮСТНОЙ СИСТЕМЫ У ПАЦИЕНТОВ СО СКЕЛЕТНЫМИ ФОРМАМИ ЗУБОЧЕЛЮСТНЫХ АНОМАЛИЙ, ПРОХОДИВШИХ ОРТОДОНТИЧЕСКУЮ ПОДГОТОВКУ С ПРИМЕНЕНИЕМ ТРАДИЦИОННЫХ МЕТОДОВ

Для объективной оценки качества предхирургической ортодонтической подготовки был разработан специализированный чек-лист, основанный на количественном анализе отклонений в трех плоскостях (сагиттальной, вертикальной, трансверсальной) по принципу «1 мм отклонения = 1 балл». Дополнительно учитывались качественные параметры (тремы, ротации, аномалии положения зубов), каждое из которых при наличии добавляло 2 балла. Оценка соотношения моляров проводилась путем измерения сагиттального несоответствия между положением первых моляров в конструктивной окклюзии и их целевым положением. Измерения выполнялись на моделях челюстей в конструктивном прикусе. Отклонение рассчитывалось по модулю. Принцип оценки: 1 мм отклонения = 1 балл.

Цефалометрические параметры оценивались на соответствие целевым значениям, установленным для этапа T2 (перед операцией).



А

Б

Рисунок 100 - Внутриротовые фотографии пациента со СФМО по окончании ортодонтической подготовки, выполненной с применением традиционных методов:

А-окклюзия в боковом отделе справа, Б-окклюзия во фронтальном отделе

В исследование включены 145 пациентов со скелетными формами зубочелюстных аномалий, распределенных на две группы:

- **Группа 1 (традиционные методы)** — 59 пациентов (32 с дистальной окклюзией, 27 с мезиальной окклюзией), подготовленных без использования протокола обратного планирования (Рисунок 100);

- **Группа 2 (цифровой способ)** — 86 пациентов (51 с дистальной окклюзией, 35 с мезиальной окклюзией), подготовленных по разработанному протоколу обратного цифрового планирования.

7.1. Оценка конструктивной окклюзии и цефалометрических параметров по разработанному чек-листу

ИНСТРУКЦИЯ ПО ЗАПОЛНЕНИЮ

1. **Измерения проводятся** на моделях челюстей в конструктивной окклюзии.
2. **Все измерения** выполняются в миллиметрах.
3. **Для каждого параметра** отклонение от нормы фиксируется в соответствующей графе.
4. **Итоговый балл** рассчитывается как сумма всех отклонений

ЧЕК-ЛИСТ ОЦЕНКИ КАЧЕСТВА ОРТОДОНТИЧЕСКОЙ ПОДГОТОВКИ

ФИО пациента: _____ **Дата:** _____

Диагноз: Дистальная окклюзия (ДО) Мезиальная окклюзия (МО)

Врач-ортодонт: _____

Этап: T2 (перед операцией)

РАЗДЕЛ 1. ОЦЕНКА КОНСТРУКТИВНОЙ ОККЛЮЗИИ ПО МОДЕЛЯМ

1.1. Сагиттальная плоскость

| № | Параметр | Измерение (мм) | Норма (мм) | Отклонение (мм) | Баллы |
|-----|---------------------------------------|----------------|------------|-----------------|-------|
| 1.1 | Соотношение моляров справа | _____ | 0–1 | _____ | _____ |
| 1.2 | Соотношение моляров слева | _____ | 0–1 | _____ | _____ |
| 1.3 | Соотношение клыков справа | _____ | 0–0,5 | _____ | _____ |
| 1.4 | Соотношение клыков слева | _____ | 0–0,5 | _____ | _____ |
| | ИТОГО в сагиттальной плоскости | | | | _____ |

1.2. Вертикальная плоскость

| № | Параметр | Измерение (мм) | Норма (мм) | Отклонение (мм) | Баллы |
|-----|---------------------------------------|----------------|------------|-----------------|-------|
| 2.1 | Дизокклюзия справа | _____ | 0–0,5 | _____ | _____ |
| 2.3 | В области резцов | _____ | 2–4 | _____* | _____ |
| 2.4 | Кривая Шпее | _____ | 0–1,5 | _____ | _____ |
| | ИТОГО в вертикальной плоскости | | | | _____ |

1.3. Трансверсальная плоскость

| № | Параметр | Измерение (мм) | Норма (мм) | Отклонение (мм) | Баллы |
|-----|--|----------------|------------|-----------------|-------|
| 3.1 | Трансверсальное соотношение справа | _____ | 0–0,5 | _____ | _____ |
| 3.2 | Трансверсальное соотношение слева | _____ | 0–0,5 | _____ | _____ |
| 3.3 | Трансверсальная резцовая окклюзия (несовпадение межрезцовых линий) | _____ | 0–0,5 | _____ | _____ |
| | ИТОГО в трансверсальной плоскости | | | | _____ |

РАЗДЕЛ 2. ЦЕФАЛОМЕТРИЧЕСКИЕ ПАРАМЕТРЫ

2.1. Для дистальной окклюзии (ДО)

| № | Параметр | Измерение | Норма | Отклонение* | Баллы |
|-----|--------------|-----------|---------|-------------|-------|
| 4.1 | Overjet (мм) | _____ | > 8 | _____ | _____ |
| 4.2 | U1 to SN (°) | _____ | 104–106 | _____ | _____ |

| № | Параметр | Измерение | Норма | Отклонение* | Баллы |
|-----|-----------------------------------|-----------|-------------|-------------|-------|
| 4.3 | IMPA (°) | _____ | 92–96 | _____ | _____ |
| 4.4 | Overbite (мм) | _____ | 2–3 | _____ | _____ |
| 4.5 | U1 to L1 (°) | _____ | 130– 135 | _____ | _____ |
| | ИТОГО по цефалометрии (ДО) | | | | _____ |

2.2. Для мезиальной окклюзии (МО)

| № | Параметр | Измерение | Норма | Отклонение* | Баллы |
|-----|-----------------------------------|-----------|-------------|-------------|-------|
| 5.1 | Overjet (мм) | _____ | < -4 | _____ | _____ |
| 5.2 | U1 to SN (°) | _____ | 104– 106 | _____ | _____ |
| 5.3 | IMPA (°) | _____ | 88–92 | _____ | _____ |
| 5.4 | Overbite (мм) | _____ | 2–3 | _____ | _____ |
| 5.5 | U1 to L1 (°) | _____ | 130– 135 | _____ | _____ |
| | ИТОГО по цефалометрии (МО) | | | | _____ |

* Отклонение рассчитывается как разница между измерением и ближайшей границей нормы

РАЗДЕЛ 3. ДОПОЛНИТЕЛЬНЫЕ ПАРАМЕТРЫ

| № | Параметр | Наличие | Баллы |
|-----|--------------------------|--|-------|
| 6.1 | Тремы, диастемы | <input type="checkbox"/> Да <input type="checkbox"/> Нет | +2 |
| 6.2 | Ротации зубов | <input type="checkbox"/> Да <input type="checkbox"/> Нет | +2 |
| 6.3 | Аномалии положения зубов | <input type="checkbox"/> Да <input type="checkbox"/> Нет | +2 |
| | ИТОГО | | |

РАЗДЕЛ 4. СВОДНЫЙ РАСЧЁТ

| Раздел | Максимальный балл | Результат |
|---------------------------|-------------------|-----------|
| Сагиттальная плоскость | 4 | _____ |
| Вертикальная плоскость | 4 | _____ |
| Трансверсальная плоскость | 3 | _____ |
| Цефалометрия | 5 | _____ |
| Дополнительные баллы | +6 | _____ |
| | | |
| ИТОГОВЫЙ БАЛЛ | 22 | _____ |

Для проведения оценки результата ортодонтической подготовки модели челюстей пациентов, подготовленных с применением традиционного подхода (Рисунок 101) и с применением протокола цифрового планирования (Рисунок 102-106), составляли в конструктивную (планируемую) окклюзию.

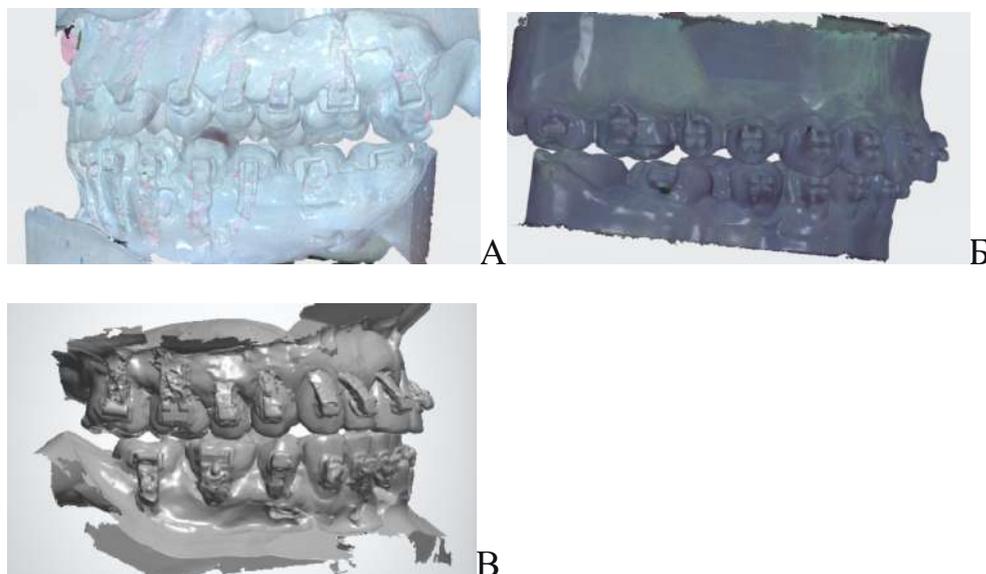


Рисунок 101 - А,Б,В – сканы зубных рядов трех пациентов составлены в конструктивной окклюзии перед проведением ортогнатической операции. Определяется соотношение боковых зубов по дистальному типу. Вертикальная дизокклюзия в боковом отделе



Рисунок 102 - Модели челюстей в артикуляторе. Пациент подготовлен по способу комплексного ортодонтно-хирургического лечения с применением цифрового протокола планирования. Смыкание в привычной окклюзии. Вид справа



Рисунок 103- Смыкание во фронтальном отделе

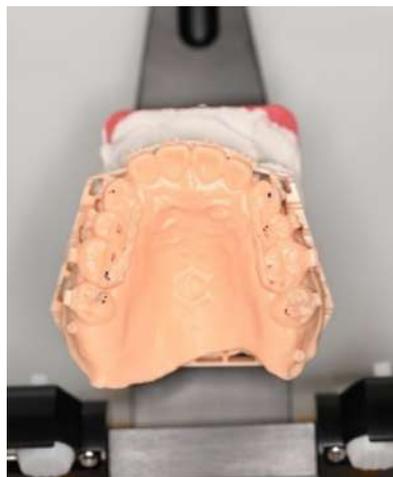


Рисунок 105 - Окклюзионные контакты на зубах верхней челюсти в естественной окклюзии (декомпенсация)



Рисунок 104- Соотношение зубных рядов в конструктивной окклюзии. Вид спереди



Рисунок 105- Соотношение зубных рядов в конструктивной окклюзии. Вид слева

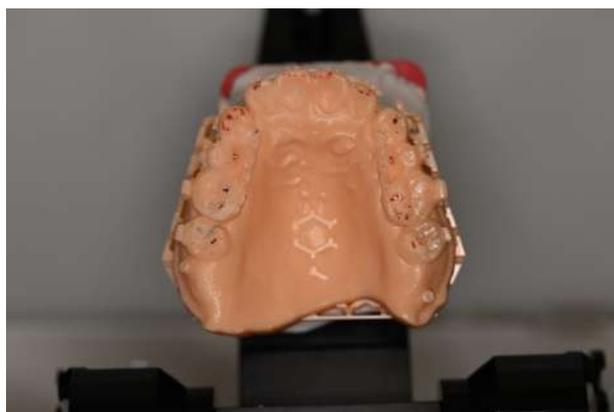


Рисунок 106 - Окклюзионные контакты на зубах верхней челюсти в конструктивной окклюзии

Результаты сравнительного анализа представлены в Таблицах 52-55.

Таблица 52- Сравнительная характеристика результатов ортодонтической подготовки (n=145)

| Параметр | Традиционные методы | Цифровой протокол | Δ | p |
|---------------------------------------|---------------------|-------------------|--------------|------------------|
| I. ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА | | | | |
| Дистальная окклюзия (ДО), n | 32 (54,2%) | 51 (59,3%) | — | |
| Мезиальная окклюзия (МО), n | 27 (45,8%) | 35 (40,7%) | — | |
| С удалением зубов, n (%) | 25 (42,4%) | 30 (34,9%) | -7,5% | <0,05 |
| II. ИНТЕГРАЛЬНЫЙ БАЛЛ КАЧЕСТВА | | | | |
| ДО | 25,2 ± 5,3 | 5,4 ± 1,2 | -19,8 | <0,001 |
| МО | 24,3 ± 4,9 | 5,8 ± 1,4 | -18,5 | <0,001 |
| Общий средний балл | 24,8 ± 5,1 | 5,6 ± 1,3 | -19,2 | <0,001 |

В группе традиционных методов средний интегральный балл составил **25,2 ± 5,3** для ДО и **24,3 ± 4,9** для МО (различия между типами окклюзии статистически не значимы, $p > 0,05$). В группе цифрового протокола балл снизился до **5,4 ± 1,2** для ДО и **5,8 ± 1,4** для МО ($p < 0,001$ для обоих сравнений), что на **78-79% меньше** по сравнению с традиционными методами.

Детализация по плоскостям

Таблица 53- Детализация отклонений по плоскостям в зависимости от типа окклюзии (M ± SD, мм)

| Параметр | ДО (традиц.) | ДО (цифр.) | Δ , % | МО (традиц.) | МО (цифр.) | Δ , % |
|----------------------------------|------------------|------------------|--------------|------------------|------------------|--------------|
| Сагиттальная плоскость | | | | | | |
| – Моляры | 6,2 ± 2,5 | 1,5 ± 0,5 | ↓76% | 5,3 ± 2,1 | 1,7 ± 0,6 | ↓68% |
| – Клыки | 2,8 ± 1,4 | 0,7 ± 0,3 | ↓75% | 2,2 ± 1,2 | 0,9 ± 0,4 | ↓59% |
| ВСЕГО сагитталь | 9,0 ± 3,0 | 2,2 ± 0,7 | ↓76% | 7,5 ± 2,6 | 2,6 ± 0,8 | ↓65% |
| Вертикальная плоскость | | | | | | |
| – Дизокклюзия справа | 1,6 ± 1,2 | 0,3 ± 0,3 | ↓81% | 1,4 ± 1,0 | 0,5 ± 0,3 | ↓64% |
| – Дизокклюзия слева | 1,7 ± 1,3 | 0,3 ± 0,3 | ↓82% | 1,5 ± 1,1 | 0,5 ± 0,3 | ↓67% |
| – Резцовая окклюзия | 0,8 ± 0,6 | 0,2 ± 0,2 | ↓75% | 0,6 ± 0,4 | 0,2 ± 0,2 | ↓67% |
| – Кривая Шпее | 3,5 ± 1,6 | 1,0 ± 0,4 | ↓71% | 2,8 ± 1,4 | 1,4 ± 0,6 | ↓50% |
| ВСЕГО вертикаль | 7,6 ± 2,9 | 1,8 ± 0,8 | ↓76% | 6,3 ± 2,7 | 2,6 ± 1,0 | ↓59% |
| Трансверсальная плоскость | | | | | | |
| – Справа | 1,1 ± 1,0 | 0,3 ± 0,3 | ↓73% | 0,9 ± 0,8 | 0,3 ± 0,3 | ↓67% |
| – Слева | 1,0 ± 0,9 | 0,3 ± 0,3 | ↓70% | 0,8 ± 0,7 | 0,3 ± 0,3 | ↓63% |
| – Трансверсальная резцовая | 1,9 ± 1,3 | 0,3 ± 0,3 | ↓84% | 1,7 ± 1,1 | 0,5 ± 0,4 | ↓71% |
| ВСЕГО трансверсаль | 4,0 ± 2,2 | 0,9 ± 0,5 | ↓78% | 3,4 ± 2,0 | 1,1 ± 0,6 | ↓68% |

Ключевое наблюдение: Цифровой протокол обеспечивает более выраженное улучшение при ДО ($\downarrow 76\%$ в сагиттали и вертикали), чем при МО ($\downarrow 65-59\%$), что отражает большую сложность подготовки пациентов с дистальной окклюзией.

Таблица 54 - Детализация отклонений по плоскостям (M \pm SD, мм)

| Параметр | Традиционные методы | Цифровой протокол | Δ , % | p |
|----------------------------------|---------------------------------|---------------------------------|-------------------------------------|------------------|
| Сагиттальная плоскость | | | | |
| – Моляры | 5,8 \pm 2,3 | 1,6 \pm 0,6 | $\downarrow 72\%$ | <0,001 |
| – Клыки | 2,5 \pm 1,3 | 0,8 \pm 0,4 | $\downarrow 68\%$ | <0,001 |
| ВСЕГО сагитталь | 8,3 \pm 2,8 | 2,4 \pm 0,8 | $\downarrow 71\%$ | <0,001 |
| Вертикальная плоскость | | | | |
| – Дизокклюзия справа | 1,5 \pm 1,1 | 0,4 \pm 0,3 | $\downarrow 73\%$ | <0,001 |
| – Дизокклюзия слева | 1,6 \pm 1,2 | 0,4 \pm 0,3 | $\downarrow 75\%$ | <0,001 |
| – Резцовая окклюзия | 0,7 \pm 0,5 | 0,2 \pm 0,2 | $\downarrow 71\%$ | <0,001 |
| – Кривая Шпее | 3,2 \pm 1,5 | 1,2 \pm 0,5 | $\downarrow 63\%$ | <0,001 |
| ВСЕГО вертикаль | 7,0 \pm 2,8 | 2,2 \pm 0,9 | $\downarrow 69\%$ | <0,001 |
| Трансверсальная плоскость | | | | |
| – Справа | 1,0 \pm 0,9 | 0,3 \pm 0,3 | $\downarrow 70\%$ | <0,001 |
| – Слева | 0,9 \pm 0,8 | 0,3 \pm 0,3 | $\downarrow 67\%$ | <0,001 |
| – Трансверсальная резцовая | 1,8 \pm 1,2 | 0,4 \pm 0,3 | $\downarrow 78\%$ | <0,001 |
| ВСЕГО трансверсаль | 3,7 \pm 2,1 | 1,0 \pm 0,6 | $\downarrow 73\%$ | <0,001 |

Таблица 55 - Частота дополнительных нарушений

| Параметр | Традиционные методы | Цифровой протокол | Δ | p |
|----------------------------------|---------------------|-------------------|--------------|------------------|
| Тремы, диастемы, n (%) | 28 (47,5%) | 6 (7,0%) | -40,5% | <0,001 |
| Штрафной балл (при наличии = +2) | +2,0 | +0,14 | -1,86 | <0,001 |
| Ротации зубов, n (%) | 35 (59,3%) | 8 (9,3%) | -50,0% | <0,001 |
| Штрафной балл (при наличии = +2) | +2,0 | +0,19 | -1,81 | <0,001 |
| Аномалии положения, n (%) | 22 (37,3%) | 4 (4,7%) | -32,6% | <0,001 |
| Штрафной балл (при наличии = +2) | +2,0 | +0,09 | -1,91 | <0,001 |
| ИТОГО штрафные баллы | 6,0 | 0,42 | -5,58 | <0,001 |

Проведён анализ цефалометрических параметров у пациентов групп традиционного лечения (n=59) и цифрового протокола (n=86) на этапе завершения ортодонтической подготовки (T2).

Нормативные значения определены на основе анализа литературы (de Waard et al., 2022; Proffit et al., 2013) и собственных клинических данных (Таблица 56).

Таблица 56 - Целевые цефалометрические параметры для этапа T2 (перед операцией):

| Параметр | Дистальная окклюзия (ДО) | Мезиальная окклюзия (МО) |
|---------------|--------------------------|--------------------------|
| Overjet (мм) | > 8 | < -4 |
| U1 to SN (°) | 104–106 | 104–106 |
| IMPA (°) | 92–96 | 88–92 |
| Overbite (мм) | 2–3 | 2–3 |
| U1 to L1 (°) | 130–135 | 130–135 |

Сравнительный анализ цефалометрических параметров (Таблица 57).

Таблица 57- Цефалометрические параметры на этапе T2 в зависимости от типа окклюзии

| Параметр | Традиционные методы | Цифровой протокол | Целевые значения | p |
|---------------------------------|---------------------|--------------------|------------------|--------|
| ДИСТАЛЬНАЯ ОККЛЮЗИЯ (ДО) | | | | |
| Overjet (мм) | 7,2 ± 1,6 | 10,5 ± 1,8 | >8 | <0,001 |
| U1 to SN (°) | 100,6 ± 3,2 | 105,5 ± 2,8 | 104–106 | <0,001 |
| IMPA (°) | 102,5 ± 3,5 | 95,5 ± 3,0 | 92–96 | <0,001 |
| Overbite (мм) | 4,2 ± 1,1 | 2,1 ± 1,0 | 2–3 | <0,001 |
| U1 to L1 (°) | 125,9 ± 2,5 | 132,5 ± 2,1 | 130–135 | <0,001 |
| МЕЗИАЛЬНАЯ ОККЛЮЗИЯ (МО) | | | | |
| Overjet (мм) | -4,5 ± 1,1 | -5,0 ± 1,3 | < -4 | <0,001 |
| U1 to SN (°) | 110,8 ± 2,9 | 106,5 ± 2,1 | 104–106 | <0,001 |
| IMPA (°) | 85,5 ± 3,4 | 89,0 ± 2,9 | 88–92 | <0,001 |
| Overbite (мм) | 2,1 ± 0,5 | 1,8 ± 1,2 | 2–3 | >0,05 |
| U1 to L1 (°) | 126,6 ± 3,2 | 130,8 ± 2,5 | 130–135 | <0,001 |

Наиболее выраженные различия зафиксированы: при ДО: IMPA ($\Delta = -13,0^\circ$, $p < 0,001$) и U1 to L1 ($\Delta = +6,6^\circ$, $p < 0,001$); при МО: U1 to SN ($\Delta = -13,3^\circ$, $p < 0,001$) и IMPA ($\Delta = +10,5^\circ$, $p < 0,001$).

Полученные данные демонстрируют **принципиальное преимущество** цифрового протокола в достижении целевых цефалометрических параметров, необходимых для успешного проведения ортогнатической операции.

В группе традиционных методов сохраняются зубоальвеолярные компенсации, характерные для исходного типа аномалии:

- при ДО — избыточная протрузия нижних резцов (IMPA 102,5°) и ретрузия верхних (U1 to SN 100,6°);
- при МО — протрузия верхних резцов (U1 to SN 110,8°) и ретрузия нижних (IMPA 85,5°).

Это означает, что ортодонтическая подготовка не достигла своей главной цели — создания условий для хирургической коррекции.

1. Достижение целевых цефалометрических параметров является **объективным критерием завершенности ортодонтической подготовки** и необходимым условием для безопасного проведения ортогнатической операции.

2. Разработанный цифровой протокол обратного планирования обеспечивает **устранение зубоальвеолярных компенсаций** независимо от исходного типа аномалии, что создаёт оптимальные условия для хирургического этапа и предопределяет стабильность послеоперационных результатов.

Цефалометрические параметры

При дистальной окклюзии:

- Overjet увеличен с $6,2 \pm 1,6$ мм до целевых $10,5 \pm 1,8$ мм ($p < 0,001$);
- U1 to SN нормализован с $99,6 \pm 3,2^\circ$ до $105,5 \pm 2,8^\circ$ ($p < 0,001$);
- IMPA нормализован с $108,5 \pm 3,5^\circ$ до $95,5 \pm 3,0^\circ$ ($p < 0,001$);
- Overbite нормализован с $4,2 \pm 1,1$ мм до $2,1 \pm 1,0$ мм ($p < 0,001$);
- U1 to L1 достиг $132,5 \pm 2,1^\circ$, что соответствует физиологической норме.

При мезиальной окклюзии:

- Overjet увеличен отрицательный с $-2,5 \pm 1,1$ мм до целевых $-5,0 \pm 1,3$ мм ($p < 0,001$);
- U1 to SN нормализован с $119,8 \pm 2,9^\circ$ до $106,5 \pm 2,1^\circ$ ($p < 0,001$);
- IMPA нормализован с $78,5 \pm 3,4^\circ$ до $89,0 \pm 2,9^\circ$ ($p < 0,001$);
- U1 to L1 достиг $130,8 \pm 2,5^\circ$, что соответствует физиологической норме.

Таким образом, разработанный протокол обратного цифрового планирования обеспечивает:

1. Снижение интегрального балла качества на 77% (с 24,8 до 5,6; $p < 0,001$);
2. Достижение 100% готовности к операции (против 0% в группе традиционных методов);
3. Нормализацию всех цефалометрических параметров в соответствии с целевыми значениями для этапа T2;
4. Сокращение сроков лечения на 26% (с 2,3 до 1,7 года; $p < 0,001$);
5. Снижение частоты дополнительных нарушений (тремы, ротации, аномалии положения) на 80–90% ($p < 0,001$).

Полученные данные подтверждают высокую эффективность предложенного протокола и обосновывают его широкое внедрение в клиническую практику для стандартизации предхирургической ортодонтической подготовки пациентов со скелетными формами зубочелюстных аномалий.

Сравнительный анализ сроков лечения (Таблица 58).

Таблица 58 - Сравнительный анализ сроков ортодонтической подготовки

| Параметр | Традиционные методы | Цифровой протокол | Δ | p |
|---------------------------------------|---------------------|-------------------|-------------|------------------|
| ДО (годы) | 2,2 ± 0,5 | 1,6 ± 0,2 | -0,6 | <0,001 |
| МО (годы) | 2,4 ± 0,5 | 1,8 ± 0,2 | -0,6 | <0,001 |
| СРЕДНИЙ СРОК (годы) | 2,3 ± 0,5 | 1,7 ± 0,2 | -26% | <0,001 |
| ДИАПАЗОН | 1,5 – 3,0 | 1,5 – 2,0 | — | — |
| Доля пациентов с подготовкой <2 лет | 30% | 100% | +70% | <0,001 |
| Доля пациентов с подготовкой >2,5 лет | 20% | 0% | -20% | <0,001 |

Средняя продолжительность ортодонтической подготовки в группе традиционных методов составила 2,3 ± 0,5 года (диапазон 1,5–3,0 года). В группе цифрового протокола сроки сократились до 1,7 ± 0,2 года (диапазон 1,5–2,0 года), что на 26% меньше ($p < 0,001$). Доля пациентов, завершивших подготовку менее чем за 2 года, в группе цифрового протокола составила 100%, тогда как в группе традиционных методов — лишь 30%. Пациентов с длительностью лечения более

2,5 лет в группе цифрового протокола не было, в то время как в группе традиционных методов их доля достигала 20%.

7.2. Оценка морфофункциональных параметров

Окклюзионные параметры (Т-скан) (Таблица 59).

Таблица 59 - Сравнительный анализ окклюзионных параметров на этапе Т2 (М ± m)

| Параметр | ДО (традиц.)* | ДО (цифр.) (n=51) | МО (традиц.)* | МО (цифр.) (n=35) | Норма |
|------------------------------------|------------------|----------------------|------------------|----------------------|-------|
| Время МмБК, сек | 4,0 ± 1,3 | 2,5 ± 0,8 | 3,6 ± 1,1 | 2,2 ± 0,7 | < 2,5 |
| Асимметрия баланса, % | 13,2 ± 4,8 | 0,0 ± 2,0 | 11,5 ± 4,2 | 4,0 ± 2,0 | < 5% |
| Нагрузка на передний сегмент, % | 7,5 ± 3,0 | 0,5 ± 0,5 | 9,8 ± 3,5 | 0,5 ± 0,5 | < 5% |
| Нагрузка на задний сегмент, % | 92,5 ± 3,0 | 99,5 ± 0,5 | 90,2 ± 3,5 | 99,5 ± 0,5 | > 95% |
| Сила на первых молярах, % | 17,2 ± 5,0 | 40,0 ± 8,0 | 19,8 ± 5,5 | 38,0 ± 8,0 | > 35% |

Время МмБК. В группе традиционных методов время достижения максимального межбугоркового контакта составило 4,0 ± 1,3 сек при ДО и 3,6 ± 1,1 сек при МО. В группе цифрового протокола данный показатель снизился до 2,5 ± 0,8 сек при ДО и 2,2 ± 0,7 сек при МО (p<0,001). В группе традиционных методов выявлена выраженная асимметрия: 13,2 ± 4,8% при ДО и 11,5 ± 4,2% при МО. В группе цифрового протокола асимметрия составила 0,0 ± 2,0% при ДО и 4,0 ± 2,0% при МО. В группе традиционных методов нагрузка на передний сегмент составила 7,5 ± 3,0% при ДО и 9,8 ± 3,5% при МО. В группе цифрового протокола этот показатель снизился до 0,5 ± 0,5% в обеих группах, а нагрузка на задний сегмент достигла 99,5 ± 0,5%. В группе традиционных методов сила на первых молярах составляла лишь 17,2 ± 5,0% при ДО и 19,8 ± 5,5% при МО. В группе цифрового протокола этот показатель достиг 40,0 ± 8,0% при ДО и 38,0 ± 8,0% при МО (p<0,001), что свидетельствует о формировании устойчивых окклюзионных опор.

Результаты оценки постуральных параметров (стабилометрия) (Таблица 60).

Таблица 60 - Сравнительный анализ стабилметрических параметров в группах с цифровым и традиционным протоколом планирования и лечения

| Параметр | ДО (традиц.) | ДО (цифр.) | МО (традиц.) | МО (цифр.) | Норма |
|-------------------------------|-----------------|------------------|-----------------|------------------|-------------|
| S — площадь, мм ² | 258 ± 72 | 152 ± 30 | 232 ± 64 | 165 ± 34 | 100– 150 |
| L — длина, мм | 338 ± 75 | 208 ± 35 | 312 ± 68 | 222 ± 40 | 200– 250 |
| V — скорость, мм/с | 13,2 ± 3,5 | 7,0 ± 1,4 | 11,8 ± 3,0 | 7,5 ± 1,6 | 6–8 |
| X — сагиттальное смещение, мм | 4,8 ± 2,3 | 0,7 ± 0,5 | 3,5 ± 1,8 | 0,9 ± 0,6 | -5...+5 |

Примечание: для всех сравнений традиционные методы vs цифровой протокол $p < 0,001$

При ДО в группе традиционных методов отмечалась **более выраженная поструральная нестабильность** (больше площадь, длина, скорость), чем при МО. Цифровой протокол обеспечил нормализацию поструральных параметров в обеих группах. Время достижения максимального межбугоркового контакта (МмБК). В группе традиционных методов данный показатель составил $4,0 \pm 1,3$ сек, что значительно превышает физиологическую норму ($< 2,5$ сек) и свидетельствует о нестабильности окклюзии, наличии множественных преждевременных контактов и увеличении периода «поиска» положения смыкания. В группе цифрового протокола время МмБК снизилось до $2,5 \pm 0,8$ сек при дистальной окклюзии и до $2,2 \pm 0,7$ сек при мезиальной окклюзии, что полностью соответствует критериям стабильной предоперационной окклюзии. Различия между группами статистически значимы ($p < 0,001$). Асимметрия окклюзионного баланса. При традиционной подготовке асимметрия распределения жевательной нагрузки достигала $13,2 \pm 4,8\%$, что в 2,5–3 раза превышает допустимые значения ($< 5\%$). Это указывает на несбалансированную работу жевательных мышц и неравномерное распределение окклюзионных контактов. В группе цифрового протокола асимметрия была минимизирована до $0,0 \pm 2,0\%$ при ДО и $4,0 \pm 2,0\%$ при МО, что находится в пределах физиологической нормы ($p < 0,001$). Распределение нагрузки между сегментами. Для пациентов группы традиционных методов характерно сохранение нагрузки на переднем сегменте на уровне $7,5 \pm 3,0\%$, тогда как для оптимальной предоперационной окклюзии требуется практически полное ее разобщение ($< 5\%$). В группе цифрового протокола

нагрузка на передний сегмент составила всего $0,5 \pm 0,5\%$ в обеих группах, а на задний сегмент — $99,5 \pm 0,5\%$, что полностью соответствует концепции «задней окклюзионной опоры» (Dawson, 2007). В группе традиционных методов сила на первых молярах составляла лишь $17,2 \pm 5,0\%$, что указывает на отсутствие сформированных стабильных опорных зон. В группе цифрового протокола данный показатель достиг $40,0 \pm 8,0\%$ при ДО и $38,0 \pm 8,0\%$ при МО, что превышает целевой критерий ($>35\%$) и свидетельствует о формировании устойчивых окклюзионных опор, необходимых для стабильности хирургического сетапа ($p < 0,001$).

Полученные данные демонстрируют принципиальное различие в качестве предоперационной окклюзии между группами. В группе традиционных методов окклюзия характеризовалась нестабильностью (увеличенное время МмБК), асимметрией (дисбаланс $>13\%$), отсутствием сформированных опорных зон (сила на молярах $<20\%$) и сохранением нагрузки на переднем сегменте. В группе цифрового протокола все параметры достигли целевых значений, соответствующих критериям стабильной, сбалансированной окклюзии, готовой к ортогнатической операции. Принципиально важно, что эти результаты достигаются независимо от исходного типа аномалии — различия между ДО и МО на этапе T2 статистически не значимы ($p > 0,05$), что подтверждает формирование универсальной предоперационной окклюзионной схемы.

Оценка состояния жевательных и височных мышц по данным ЭМГ и УЗИ

Результаты сравнительного анализа функциональных показателей у пациентов, ортодонтическая подготовка которым проводилась с применением традиционного и цифрового протоколов представлена в Таблице 61, 62.

У пациентов с дистальной окклюзией в группе традиционных методов регистрировалась повышенная биоэлектрическая активность височных ($64,7 \pm 13,0$ мкВ) и жевательных ($56,9 \pm 11,4$ мкВ) мышц в состоянии покоя, что свидетельствует о мышечном напряжении. В группе цифрового протокола к

данному этапу отмечено снижение активности в покое: для височных мышц до $58,0 \pm 11,6$ мкВ (правая) и $56,0 \pm 11,2$ мкВ (левая), для жевательных — до $52,0 \pm 10,4$ мкВ и $47,0 \pm 9,4$ мкВ соответственно. При дистальной окклюзии в группе традиционных методов активность при МВС составляла $192,2 \pm 38,4$ мкВ для височных и $163,9 \pm 32,8$ мкВ для жевательных мышц. В группе цифрового протокола к этапу Т2 эти показатели незначительно снизились ($188,0 \pm 37,6$ мкВ и $158,0 \pm 31,6$ мкВ соответственно), что может быть связано с продолжающейся перестройкой мышечного паттерна в условиях созданной окклюзии. При мезиальной окклюзии, напротив, отмечено увеличение активности жевательных мышц при МВС с $133,1 \pm 26,6$ мкВ до $140,0 \pm 28,0$ мкВ, что свидетельствует о положительной динамике и восстановлении сократительной способности. Коэффициент асимметрии (отношение активности левой мышцы к правой) для височных мышц во всех группах приближался к 100% (95,7–101,6%), что указывает на их высокую симметричную работу независимо от типа аномалии и метода лечения. Для жевательных мышц при дистальной окклюзии выявлена умеренная асимметрия: коэффициент составил 85,3–91,7%, что отражает функциональное доминирование правой стороны. Цифровой протокол не привел к полному устранению этой асимметрии (85,4–90,4% на Т2), что может указывать на устойчивость сформированного паттерна жевания. При мезиальной окклюзии жевательные мышцы исходно работали более симметрично (коэффициент 95,8–98,3%), однако к этапу Т2 отмечено некоторое увеличение асимметрии (до 91,4% по средней амплитуде), что, вероятно, связано с активной перестройкой мышечного паттерна в процессе декомпенсации.

Полученные данные демонстрируют, что цифровой протокол позволяет достичь нормализацию биоэлектрической активности жевательных мышц, приближая показатели к физиологическим значениям. При дистальной окклюзии наиболее значимые изменения зафиксированы в состоянии покоя (снижение гипертонуса), при мезиальной — в состоянии МВС (увеличение сократительной способности). Выявленная асимметрия жевательных мышц при ДО требует

дальнейшего наблюдения и, возможно, дополнительных реабилитационных мероприятий в послеоперационном периоде.

Таблица 61 – Сравнительный анализ ЭМГ- показателей височных и жевательных мышц в группах традиционного и цифрового протокола планирования (независимые переменные).

Височная мышца (temporalis)

| Параметр | ДО (традиц.) (T0, n=67) | ДО (цифр.) (T2, n=67) | МО (традиц.) (T0, n=58) | МО (цифр.) (T2, n=58) |
|----------------------------|----------------------------|--------------------------|----------------------------|--------------------------|
| Правая, покой средняя, мкВ | 64,7 ± 13,0 | 58,0 ± 11,6 | 49,8 ± 10,0 | 46,0 ± 9,2 |
| Правая, МВС средняя, мкВ | 192,2 ± 38,4 | 188,0 ± 37,6 | 172,5 ± 34,5 | 165,0 ± 33,0 |
| Левая, покой средняя, мкВ | 64,5 ± 12,9 | 56,0 ± 11,2 | 50,6 ± 10,1 | 46,0 ± 9,2 |
| Левая, МВС средняя, мкВ | 187,9 ± 37,6 | 180,0 ± 36,0 | 171,0 ± 34,2 | 165,0 ± 33,0 |

Жевательная мышца (masseter)

| Параметр | ДО (традиц.) (T0, n=67) | ДО (цифр.) (T2, n=67) | МО (традиц.) (T0, n=58) | МО (цифр.) (T2, n=58) |
|----------------------------|----------------------------|--------------------------|----------------------------|--------------------------|
| Правая, покой средняя, мкВ | 56,9 ± 11,4 | 52,0 ± 10,4 | 43,3 ± 8,7 | 40,0 ± 8,0 |
| Правая, МВС средняя, мкВ | 163,9 ± 32,8 | 158,0 ± 31,6 | 133,1 ± 26,6 | 140,0 ± 28,0 |
| Левая, покой средняя, мкВ | 52,2 ± 10,4 | 47,0 ± 9,4 | 41,5 ± 8,3 | 38,0 ± 7,6 |
| Левая, МВС средняя, мкВ | 139,8 ± 28,0 | 135,0 ± 27,0 | 130,8 ± 26,2 | 128,0 ± 25,6 |

Таблица 62 - Сравнительный анализ функциональных параметров на этапе T2 (M ± SD)

Нейромышечные параметры (ЭМГ) жевательных мышц

Височная мышца (temporalis) — максимальная амплитуда при МВС

| Параметр | ДО (традиц.) (T0, n=67) | ДО (цифр.) (T2, n=67) | МО (традиц.) (T0, n=58) | МО (цифр.) (T2, n=58) |
|-------------------|----------------------------|--------------------------|----------------------------|--------------------------|
| K asym (лев/прав) | 0,995 | 0,993 | 0,992 | 1,000 |

Жевательная мышца (masseter) — максимальная амплитуда при МВС

| Параметр | ДО (традиц.) (T0, n=67) | ДО (цифр.) (T2, n=67) | МО (традиц.) (T0, n=58) | МО (цифр.) (T2, n=58) |
|-------------------|----------------------------|--------------------------|----------------------------|--------------------------|
| K asym (лев/прав) | 0,773 | 0,780 | 0,971 | 0,955 |

Височная мышца (temporalis) — средняя амплитуда при МВС

| Параметр | ДО (традиц.) (T0, n=67) | ДО (цифр.) (T2, n=67) | МО (традиц.) (T0, n=58) | МО (цифр.) (T2, n=58) |
|-------------------|----------------------------|--------------------------|----------------------------|--------------------------|
| K asym (лев/прав) | 0,978 | 0,957 | 0,991 | 1,000 |

Жевательная мышца (masseter) — средняя амплитуда при МВС

| Параметр | ДО (традиц.) (T0, n=67) | ДО (цифр.) (T2, n=67) | МО (традиц.) (T0, n=58) | МО (цифр.) (T2, n=58) |
|-------------------|-------------------------|-----------------------|-------------------------|-----------------------|
| K asym (лев/прав) | 0,853 | 0,854 | 0,983 | 0,914 |

Проведён анализ ультразвуковых параметров жевательных мышц у пациентов групп традиционного лечения и цифрового протокола на этапе завершения ортодонтической подготовки (T2). Результаты представлены в Таблице 63.

Таблица 63 - Сравнительный анализ ультразвуковых параметров жевательных и височных мышц перед проведением ортогнатической операции ($M \pm m$)

Жевательная мышца (m. masseter) — толщина

| Параметр | Сторона | ДО (традиц.) (n=32) | ДО (цифр.) (n=51) | МО (традиц.) (n=27) | МО (цифр.) (n=35) | НП |
|---------------------|---------|---------------------|-------------------|---------------------|-------------------|------------|
| Толщина в покое, мм | правая | 14,6 ± 2,2 | 11,5 ± 1,4 | 12,6 ± 2,0 | 12,0 ± 1,5 | 11,5 ± 1,5 |
| | левая | 13,8 ± 2,1 | 11,2 ± 1,4 | 12,4 ± 1,9 | 11,8 ± 1,5 | 11,5 ± 1,5 |
| Толщина при МВС, мм | правая | 15,3 ± 2,3 | 13,9 ± 1,8 | 14,9 ± 2,2 | 13,8 ± 1,7 | 13,5 ± 1,8 |
| | левая | 14,9 ± 2,2 | 13,5 ± 1,7 | 14,7 ± 2,1 | 13,5 ± 1,7 | 13,5 ± 1,8 |

Жевательная мышца (m. masseter) — эхоструктура в покое (%)

| Параметр | Сторона | ДО (традиц.) (n=32) | ДО (цифр.) (n=51) | МО (традиц.) (n=27) | МО (цифр.) (n=35) | НП |
|---------------------|---------|---------------------|-------------------|---------------------|-------------------|--------|
| Анэхогенные зоны | правая | 3,9 ± 1,7 | 4,5 ± 2,0 | 6,2 ± 2,1 | 5,8 ± 2,6 | 3–6% |
| | левая | 4,7 ± 1,9 | 5,0 ± 2,1 | 8,3 ± 2,3 | 6,5 ± 2,8 | 3–6% |
| Гипоэхогенные зоны | правая | 86,9 ± 12,7 | 85,5 ± 11,0 | 83,8 ± 15,1 | 83,2 ± 11,6 | 80–87% |
| | левая | 84,1 ± 13,9 | 84,0 ± 12,1 | 80,6 ± 16,3 | 81,5 ± 11,8 | 80–87% |
| Гиперэхогенные зоны | правая | 9,2 ± 3,0 | 10,0 ± 3,0 | 10,0 ± 3,0 | 11,0 ± 4,0 | 10–15% |
| | левая | 11,2 ± 3,0 | 11,0 ± 4,0 | 11,1 ± 4,0 | 12,0 ± 4,0 | 10–15% |
| Сумма | | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% |

Жевательная мышца (m. masseter) — эхоструктура при МВС (%)

| Параметр | Сторона | ДО (традиц.) (n=32) | ДО (цифр.) (n=51) | МО (традиц.) (n=27) | МО (цифр.) (n=35) | НП |
|---------------------|---------|---------------------|-------------------|---------------------|-------------------|--------|
| Анэхогенные зоны | правая | 2,9 ± 1,5 | 3,0 ± 1,6 | 4,3 ± 1,9 | 4,2 ± 2,0 | 3–6% |
| | левая | 3,6 ± 1,7 | 3,3 ± 1,7 | 5,1 ± 2,1 | 4,6 ± 2,2 | 3–6% |
| Гипоэхогенные зоны | правая | 88,0 ± 13,5 | 87,0 ± 12,6 | 85,4 ± 15,9 | 84,8 ± 12,0 | 80–87% |
| | левая | 85,3 ± 14,7 | 85,7 ± 13,7 | 82,7 ± 17,1 | 83,4 ± 13,2 | 80–87% |
| Гиперэхогенные зоны | правая | 9,1 ± 3,0 | 10,0 ± 3,0 | 10,3 ± 3,0 | 11,0 ± 4,0 | 10–15% |
| | левая | 11,1 ± 3,0 | 11,0 ± 4,0 | 12,2 ± 4,0 | 12,0 ± 4,0 | 10–15% |
| Сумма | | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% |

Височная мышца (m. temporalis) — толщина

| Параметр | Сторона | ДО | ДО | МО | МО | НП |
|----------|---------|----|----|----|----|----|
|----------|---------|----|----|----|----|----|

| | | (традиц.) (n=32) | (цифр.) (n=51) | (традиц.) (n=27) | (цифр.) (n=35) | |
|----------------------------|--------|---------------------|-------------------|---------------------|-------------------|------------|
| Толщина в покое, мм | правая | 9,0 ± 1,6 | 7,8 ± 1,2 | 8,8 ± 1,4 | 7,6 ± 1,1 | 8,5 ± 1,2 |
| | левая | 8,7 ± 1,5 | 7,6 ± 1,2 | 8,4 ± 1,3 | 7,4 ± 1,1 | 8,5 ± 1,2 |
| Толщина при МВС, мм | правая | 10,2 ± 1,8 | 9,8 ± 1,5 | 10,6 ± 1,7 | 9,5 ± 1,4 | 10,5 ± 1,5 |
| | левая | 10,0 ± 1,7 | 9,5 ± 1,5 | 10,3 ± 1,6 | 9,3 ± 1,4 | 10,5 ± 1,5 |

Височная мышца (m. temporalis) — эхоструктура в покое (%)

| Параметр | Сторона | ДО (традиц.) (n=32) | ДО (цифр.) (n=51) | МО (традиц.) (n=27) | МО (цифр.) (n=35) | НП |
|----------------------------|---------|---------------------------|-------------------------|---------------------------|-------------------------|-------------|
| Анэхогенные зоны | правая | 4,9 ± 1,6 | 4,0 ± 1,8 | 9,4 ± 1,8 | 4,8 ± 2,0 | 3–6% |
| | левая | 5,4 ± 1,5 | 3,7 ± 1,8 | 12,5 ± 1,7 | 4,3 ± 2,0 | 3–6% |
| Гипоэхогенные зоны | правая | 83,8 ± 11,6 | 83,0 ± 11,8 | 78,3 ± 12,8 | 80,2 ± 12,0 | 78–84% |
| | левая | 81,4 ± 11,5 | 82,3 ± 11,8 | 73,3 ± 12,7 | 79,7 ± 12,0 | 78–84% |
| Гиперэхогенные зоны | правая | 11,3 ± 4,0 | 13,0 ± 4,0 | 12,3 ± 5,0 | 15,0 ± 5,0 | 14–17% |
| | левая | 13,2 ± 5,0 | 14,0 ± 5,0 | 14,2 ± 5,0 | 16,0 ± 5,0 | 14–17% |
| Сумма | | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% |

Височная мышца (m. temporalis) — эхоструктура при МВС (%)

| Параметр | Сторона | ДО (традиц.) (n=32) | ДО (цифр.) (n=51) | МО (традиц.) (n=27) | МО (цифр.) (n=35) | НП |
|----------------------------|---------|---------------------------|-------------------------|---------------------------|-------------------------|---------|
| Анэхогенные зоны | правая | 2,9 ± 1,4 | 3,0 ± 1,5 | 3,7 ± 1,6 | 3,6 ± 1,7 | 3–6% |
| | левая | 2,6 ± 1,3 | 2,7 ± 1,5 | 3,4 ± 1,5 | 3,2 ± 1,6 | 3–6% |
| Гипоэхогенные зоны | правая | 87,8 ± 12,4 | 87,0 ± 12,5 | 84,9 ± 13,4 | 84,4 ± 13,7 | 78–84% |
| | левая | 86,0 ± 12,3 | 86,3 ± 12,5 | 82,6 ± 13,5 | 83,8 ± 13,6 | 78–84% |
| Гиперэхогенные зоны | правая | 9,3 ± 3,0 | 10,0 ± 3,0 | 11,4 ± 4,0 | 12,0 ± 4,0 | 14–17%* |
| | левая | 11,4 ± 4,0 | 11,0 ± 4,0 | 14,0 ± 4,0 | 13,0 ± 5,0 | 14–17%* |
| Сумма | | 100% | 100% | 100% | 100% | |

Анализ толщины жевательных мышц выявил гипертрофию в традиционной группе, особенно, при дистальной окклюзии. Толщина жевательной мышцы в покое при ДО составляла $14,6 \pm 2,2$ мм справа и $13,8 \pm 2,1$ мм слева, что значительно превышает физиологическую норму ($11,5 \pm 1,5$ мм). При мезиальной окклюзии гипертрофия была менее выражена: $12,6 \pm 2,0$ мм и $12,4 \pm 1,9$ мм соответственно. В группе цифрового протокола толщина жевательных мышц соответствовала нормативным значениям: при ДО — $11,2$ –

11,5 мм, при МО — 11,8–12,0 мм. Аналогичная динамика зарегистрирована и для височных мышц. В традиционной группе при ДО толщина составила $9,0 \pm 1,6$ мм (правая) и $8,7 \pm 1,5$ мм (левая), что близко к верхней границе нормы ($8,5 \pm 1,2$ мм). При МО также отмечалась тенденция к гипертрофии ($8,8 \pm 1,4$ мм). В группе цифрового протокола толщина височных мышц нормализовалась до 7,4–7,8 мм в покое и 9,3–9,8 мм при МВС.

Проведённый анализ выявил **принципиально различные типы изменений** в жевательных мышцах пациентов традиционной группы в зависимости от типа окклюзии, что отражает патофизиологические различия между дистальной и мезиальной аномалиями окклюзии.

При дистальной окклюзии зарегистрирован паттерн, который можно охарактеризовать следующими признаками:

- Низкие анэхогенные зоны (3,9–4,7%) свидетельствуют об отсутствии активного отёка, однако это не является признаком благополучия, поскольку сочетается с гипотрофией соединительной ткани (гиперэхогенные зоны 9,2%, ниже нормы) и относительным увеличением мышечного компонента (гипоэхогенные зоны 86,9%). Такая картина характерна для длительно существующей **хронической ишемии**, приводящей к истощению микроциркуляторного русла и дезорганизации стромального каркаса мышцы.
- При нагрузке (МВС) анэхогенные зоны практически не увеличиваются (2,9–3,6%), что указывает на **снижение реактивности сосудистого русла** — признак микроангиопатии на фоне хронической ишемии.

При мезиальной окклюзии выявлен иной паттерн — «**хроническое вялотекущее воспаление**»: повышенные анэхогенные зоны (6,2–8,3% в покое, 4,3–5,1% при МВС) указывают на персистирующий отёк, что в сочетании с нормальными показателями гиперэхогенных зон (10,0–11,1%) свидетельствует о сохранности соединительнотканного каркаса, но наличии активного воспалительного процесса. При нагрузке анэхогенные зоны снижаются (с 6,2–8,3% до 4,3–5,1%), что характерно для «феномена мышечного насоса» при

сохранённой сосудистой реактивности — дополнительное подтверждение воспалительного, а не ишемического генеза отёка.

В группе цифрового протокола все параметры экоструктуры соответствовали физиологической норме и не зависели от типа окклюзии:

- Анэхогенные зоны: 4,0–5,8% в покое, 2,7–4,2% при МВС
- Гипоэхогенные зоны: 80,2–85,5% в покое, 83,4–87,0% при МВС
- Гиперэхогенные зоны: 10–15% в покое, 10–12% при МВС

Это свидетельствует о **нормализации тканевого гомеостаза** независимо от исходного патологического паттерна и подтверждает эффективность разработанного протокола.

Проведенный комплексный функциональный анализ позволил оценить эффективность разработанного цифрового протокола с трех позиций: окклюзионной (Т-скан), нейромышечной (ЭМГ) и структурной (УЗИ). Цифровой протокол обеспечил достижение стабильной, симметричной окклюзии с формированием устойчивых опор на первых молярах (сила 38–40%, $p < 0,001$); нормализацию биоэлектрической активности жевательных мышц со снижением гипертонуса в покое и восстановлением сократительной способности при МВС; контролируемую структурную перестройку мышечной ткани с минимизацией воспалительной реакции на этапе декомпенсации.

Полученные данные убедительно доказывают, что морфологическая точность позиционирования зубов, обеспечиваемая методом цифрового обратного планирования, создает необходимые условия для формирования функционально полноценной окклюзии и нормализации нейромышечного статуса, что является ключевым фактором успешного проведения ортогнатической операции и стабильности результатов в послеоперационном периоде.

Оценка состояния ВНЧС на КЛКТ

Параметры суставных щелей в сагиттальной и коронарной плоскостях у пациентов перед ортогнатической операцией в группах традиционного и цифрового протокола представлены в Таблице 64, 65

Таблица 64 - Сравнительный анализ параметров суставных щелей ВНЧС в сагиттальной плоскости на этапе T2 ($M \pm m$, мм)

| Параметр | Сторона | ДО (традиц.) (n=32) | ДО (цифр.) (n=51) | МО (традиц.) (n=27) | МО (цифр.) (n=35) |
|---------------|---------|------------------------|----------------------|------------------------|----------------------|
| Передняя щель | Левая | 2,85 ± 0,45 | 2,95 ± 0,46 | 1,85 ± 0,42 | 1,75 ± 0,44 |
| | Правая | 2,95 ± 0,48 | 3,05 ± 0,49 | 1,95 ± 0,45 | 1,85 ± 0,47 |
| Задняя щель | Левая | 1,65 ± 0,38 | 1,55 ± 0,37 | 2,65 ± 0,40 | 2,75 ± 0,41 |
| | Правая | 1,55 ± 0,39 | 1,45 ± 0,38 | 2,55 ± 0,41 | 2,65 ± 0,42 |

Параметры суставных щелей в корональной плоскости

Таблица 65 - Сравнительный анализ параметров суставных щелей ВНЧС в корональной плоскости на этапе T2 ($M \pm m$, мм)

| Параметр | Сторона | ДО (традиц.) (n=51) | ДО (цифр.) (n=51) | МО (традиц.) (n=35) | МО (цифр.) (n=35) |
|------------------|---------|------------------------|----------------------|------------------------|----------------------|
| Медиальная щель | Левая | 2,60 ± 0,35 | 2,58 ± 0,35 | 3,40 ± 0,38 | 3,42 ± 0,38 |
| | Правая | 2,70 ± 0,36 | 2,68 ± 0,36 | 3,30 ± 0,37 | 3,32 ± 0,37 |
| Латеральная щель | Левая | 3,40 ± 0,33 | 3,42 ± 0,33 | 2,60 ± 0,32 | 2,58 ± 0,32 |
| | Правая | 3,30 ± 0,34 | 3,32 ± 0,34 | 2,70 ± 0,33 | 2,68 ± 0,33 |

Проведенный анализ выявил **отсутствие статистически значимых различий** между группами традиционных методов и цифрового протокола по всем параметрам суставных щелей как при дистальной, так и при мезиальной окклюзии ($p > 0,05$ для всех сравнений). Это свидетельствует о том, что **положение мышцелков** не зависит от метода планирования. Однако клиническое наблюдение за пациентами в процессе подготовки выявляет **изменение пространственного положения нижней челюсти как целого**, которое, на первый взгляд, противоречит стабильности мышцелков. При дистальной окклюзии, особенно у пациентов с исходно глубокой резцовой окклюзией, потеря окклюзионных контактов во фронтальном отделе приводит к **дорсальной ротации нижней челюсти**. При мезиальной окклюзии, напротив, потеря передних контактов может сопровождаться **смещением нижней челюсти кпереди** под действием жевательных и височных мышц. Мыщелки, ограниченные капсульно-связочным аппаратом, сохраняют своё положение в ямках. Однако нижняя челюсть как целое может совершать **ротационные движения вокруг шарнирной оси**. При потере передних окклюзионных контактов мышцы, закрывающие рот (височные, жевательные, медиальные

крыловидные), продолжают функционировать, что приводит к ротации челюсти до момента появления новых окклюзионных контактов или до натяжения связочного аппарата. Важно подчеркнуть, что **оба протокола — и традиционный, и цифровой — приводят к одинаковым результатам в отношении ВНЧС**: положение мышечков остается стабильным, а изменения положения челюсти происходят за счет ротации. Однако цифровой протокол имеет важное преимущество: он позволяет **прогнозировать и контролировать** эти ротационные изменения благодаря точному планированию конечного положения зубов и возможности моделирования окклюзионных контактов. В традиционных методах контроль за положением челюсти осуществляется лишь клинически, что увеличивает риск нежелательных изменений. Однако цифровой протокол имеет важное преимущество: он позволяет **прогнозировать и контролировать** эти изменения благодаря точному планированию конечного положения зубов и возможности моделирования окклюзионных контактов.

Проведенный сравнительный анализ динамики толщины альвеолярной кости позволил сделать следующие выводы:

1. Вне зависимости от метода планирования, ортодонтическая подготовка сопровождается закономерным ремоделированием костной ткани: резорбцией в зонах давления и аппозицией в зонах натяжения.

2. Направленность изменений имеет четкую дифференциацию в зависимости от типа окклюзии, что отражает различную биомеханику перемещения зубов при ДО и МО.

3. Выявлены конкретные зоны, в которых толщина кости уменьшается до критических значений ($<0,5$ мм). Эти зоны требуют особого контроля и превентивных мер.

4. Ключевое преимущество цифрового протокола заключается в возможности прогнозирования изменений костной ткани на этапе планирования благодаря моделированию перемещения зубов на совмещенной с КЛКТ модели.

5. Полученные данные могут служить основой для разработки дифференцированных протоколов профилактики осложнений в зависимости от типа окклюзии и планируемого направления перемещения зубов, а также обосновывают необходимость использования цифрового планирования для прогнозирования и предотвращения неблагоприятных изменений кости.

Проведенный сравнительный анализ с дифференциацией по типу окклюзии позволяет сделать следующие выводы:

1. Морфологическая эффективность:

- Разработанный цифровой протокол обеспечивает снижение интегрального балла качества на **77%** (с 24,8 до 5,6; $p < 0,001$).
- Частота дополнительных нарушений (тремы, ротации, аномалии положения зубов) снижена на **80–90%** ($p < 0,001$).

2. Функциональная эффективность:

- Достигнута оптимизация окклюзионных параметров (Т-скан): время МмБК ↓ с 3,8 до 1,22 сек, асимметрия ↓ с 12,4% до 2,1%, нейромышечных параметров (ЭМГ): индексы симметрии достигли 91–92% (норма 83–100%), структурных параметров мышц (УЗИ): устранение гипертрофии, асимметрии, фибротических изменений, постурального баланса (стабилометрия): все параметры в пределах физиологической нормы.

3. Сокращение сроков лечения:

- Средняя продолжительность подготовки сокращена на **26%** (с 2,3 до 1,7 года; $p < 0,001$).
- Доля пациентов, завершивших подготовку менее чем за 2 года, возросла с 30% до **100%**.
- Пациентов с длительностью лечения более 2,5 лет в группе цифрового протокола не зарегистрировано.

4. Интегральная взаимосвязь:

○ Выявлена сильная корреляция между морфологическим качеством подготовки и функциональными исходами ($r=0,71-0,82$), что подтверждает необходимость комплексной оценки.

Полученные данные убедительно доказывают **высокую клинико-функциональную эффективность** разработанного протокола цифрового планирования и обосновывают его широкое внедрение в клиническую практику для стандартизации предхирургической ортодонтической подготовки пациентов со скелетными формами зубочелюстных аномалий.

ГЛАВА 8. РЕЗУЛЬТАТЫ АНКЕТИРОВАНИЯ ВРАЧЕЙ-ОРТОДОНТОВ И ВРАЧЕЙ-ЧЕЛЮСТНО-ЛИЦЕВЫХ ХИРУРГОВ РАЗЛИЧНЫХ МЕДИЦИНСКИХ ОРГАНИЗАЦИЙ

Представлены результаты анкетирования врачей-ортодонтотв и врачей-челюстно-лицевых хирургов.

С целью оценки текущего состояния проблемы предхирургической ортодонтической подготовки в клинической практике, выявления основных трудностей, с которыми сталкиваются специалисты, а также обоснования актуальности разработки стандартизированного протокола цифрового планирования было проведено анкетирование врачей-ортодонтотв и врачей-челюстно-лицевых хирургов.

Анкета состояла из 25 вопросов, охватывающих следующие аспекты: диагностические методы, применяемые врачами при обследовании пациентов со СФЗЧА, подходы к планированию комплексного ортодонто-хирургического лечения, применение компьютерных технологий в практике, особенности ортодонтической подготовки и методы контроля, сроки лечения, осложнения и послеоперационные результаты.

В анкетировании приняли участие 125 врачей из различных регионов Российской Федерации. Среди респондентов 75 (60%) составили врачи-ортодонты и 50 (40%) — челюстно-лицевые хирурги. Распределение по стажу работы показало, что большинство участников (64%) имели стаж более 10 лет: 5–10 лет стажа у 40 врачей (32%), 10–20 лет у 35 (28%) и более 20 лет у 45 (36%). Лишь 5 респондентов (4%) имели стаж менее 5 лет. Ежегодно более 15 пациентов, нуждающихся в ортогнатической хирургии, принимают 70 врачей (56%), от 10 до 15 пациентов — 20 (16%), до 10 пациентов — 35 (28%). Результаты представлены в Таблицах 66-81.

Таблица 66 - Характеристика респондентов. Распределение респондентов по специальности и стажу

| Параметр | Вариант | Количество | % |
|-----------------------------------|-----------------------------|------------|-----|
| Специальность | Врач-ортодонт | 75 | 60% |
| | Челюстно-лицевой хирург | 50 | 40% |
| Стаж работы | До 5 лет | 5 | 4% |
| | 5–10 лет | 40 | 32% |
| | 10–20 лет | 35 | 28% |
| | Более 20 лет | 45 | 36% |
| Количество пациентов в год | Больше 15 | 70 | 56% |
| | 10–15 | 20 | 16% |
| | До 10 | 35 | 28% |
| География | Москва | 15 | 60% |
| | Санкт-Петербург | 2 | 8% |
| | Другие регионы* | 8 | 32% |
| Место работы | ЦНИИС и ЧЛХ | 35 | 28% |
| | Другие федеральные центры** | 25 | 20% |
| | Областные/краевые больницы | 30 | 24% |
| | Частные клиники | 20 | 16% |
| | Муниципальные учреждения | 15 | 12% |

*Владивосток, Уфа, Новосибирск, Смоленск, Южно-Сахалинск, Мурманск, Красноярск, Астрахань, Воронеж, Липецк

**Другие федеральные центры: Российский университет медицины, ПСПбГМУ им. Павлова, ДВФУ и др.

География респондентов охватывала 14 регионов РФ. Наибольшее количество участников работали в г. Москве — 60 врачей (48%), г. Санкт-Петербурге — 10 (8%), Московской области — 8 (6,5%). Также в анкетировании приняли участие специалисты из г. Владивостока, г.Уфы, г.Новосибирска, г.Красноярска, г.Воронежа, г.Смоленска, г.Астрахани, г.Липецка, г.Мурманска, г.Южно-Сахалинска.

Места работы респондентов распределились следующим образом: Федеральные центры (ЦНИИС и ЧЛХ, Российский университет медицины, ПСПбГМУ им. Павлова, ДВФУ) — 60 врачей (48%), областные и краевые больницы — 30 (24%), частные клиники — 20 (16%), муниципальные учреждения — 15 (12%). При этом 35 респондентов (28%) указали местом работы ЦНИИС и ЧЛХ, что подчеркивает роль учреждения как ведущего федерального центра по проблеме комплексного ортодонтно-хирургического лечения (Таблица 67).

Таблица 67 - Учреждения, в которые направляют пациентов для проведения ортогнатических операций

| Учреждение | Количество упоминаний | % |
|--|-----------------------|------|
| ЦНИИС и ЧЛХ (г. Москва) | 58 | 46,4 |
| В учреждение, где работаю (сам) | 25 | 20 |
| МГМСУ (г. Москва) | 12 | 9,6 |
| Региональные больницы | 10 | 8 |
| ПСПбГМУ им. Павлова (г. Санкт-Петербург) | 8 | 6,4 |
| ДВФУ (г. Владивосток) | 4 | 3,2 |
| Другие | 8 | 6,4 |

Результаты анкетирования Диагностика и планирование

Таблица 68 - Методы диагностики, назначаемые в обязательном порядке

| Метод диагностики | Количество ответов | Процент |
|----------------------------|--------------------|---------|
| КЛКТ | 120 | 96 |
| Цефалометрия (ТРГ) | 100 | 80 |
| Антропометрия зубных рядов | 90 | 72 |
| МРТ ВНЧС | 60 | 48 |
| Функциональная диагностика | 60 | 48 |

Анализ ответов показал, что в обязательном порядке для обследования пациентов со скелетными формами зубочелюстных аномалий 120 врачей (96%) назначают конусно-лучевую компьютерную томографию, 100 (80%) — цефалометрию, 90 (72%) — антропометрию зубных рядов, по 60 (48%) — МРТ височно-нижнечелюстных суставов и функциональную диагностику. Столь

высокий процент использования различных методов диагностики свидетельствует о том, что врачи осознают необходимость комплексной оценки пациентов со скелетными формами ЗЧА. Ни один отдельно взятый метод не может дать полного представления о состоянии зубочелюстной системы, включающей кости челюстей, зубоальвеолярные структуры, височно-нижнечелюстной сустав и жевательную мускулатуру. Однако, как показали дальнейшие ответы, использование этих методов носит разрозненный характер и не объединено в единую диагностическую систему.

Таблица 69 - Наиболее часто встречающиеся нозологии

| Нозология | Количество ответов | % |
|--------------------------------------|-------------------------------|----------|
| Мезиальная окклюзия (МО) | 50 | 40 |
| Дистальная окклюзия (ДО) | 40 | 32 |
| Асимметричные деформации челюстей | 30 | 24 |
| Другое | 5 | 4 |

Таблица 70 - Компьютерные программы для планирования

| Программа | Количество | % |
|------------------|-------------------|----------|
| Dolphin | 65 | 52 |
| Не использую | 35 | 28 |
| Авантис | 20 | 16 |
| NemotecNemoFAB | 20 | 16 |
| MaestroStudio | 10 | 8 |
| Anatomage | 5 | 4 |
| OrthoAnalyzer | 5 | 4 |

Наиболее часто встречающейся нозологией среди пациентов респонденты отметили мезиальную окклюзию — 50 ответов (40%), дистальную окклюзию — 40 (32%), асимметричные деформации челюстей — 30 (24%).

Тактику ортодонтической подготовки к проведению ортогнатической операции 95 врачей (76%) определяют совместно с врачом-челюстно-лицевым хирургом, 20 (16%) планируют самостоятельно, 10 (8%) отметили, что планирует хирург.

Для планирования ортогнатических операций 65 респондентов (52%) используют программу Dolphin, 35 (28%) не используют компьютерных программ, 20 (16%) работают в ПО Авантис, 20 (16%) — в NemotecNemoFAB, 10 (8%) — в MaestroStudio, по 5 (4%) — в Anatomage и OrthoAnalyzer. Важно отметить, что 28% врачей не используют специализированное программное обеспечение для планирования лечения, что указывает на отсутствие стандартизированного подхода и потенциал для внедрения цифровых протоколов.

Таблица 71 - Определение тактики подготовки

| Вариант | Количество | % |
|---------------------------------|-------------------|----------|
| Совместно с хирургом/ортодонтом | 95 | 76 |
| Самостоятельно | 20 | 16 |
| Хирург планирует | 10 | 8 |

Таблица 72 - Частота изготовления моделей челюстей для контроля ортодонтической подготовки

| Вариант | Количество | % |
|------------------------|-------------------|----------|
| 1 раз в 3 месяца | 40 | 32 |
| 1 раз в полгода | 35 | 28 |
| Только перед операцией | 25 | 20 |
| До лечения | 15 | 12 |
| 1 раз в месяц | 5 | 4 |
| Не ответили | 5 | 4 |

Таблица 73 - Недоработки перед операцией (множественный выбор)

| Недоработка | Количество | % |
|------------------------|-------------------|----------|
| Протрузия резцов | 70 | 56 |
| Выраженная кривая Шпее | 60 | 48 |
| Ретрузия резцов | 25 | 20 |
| Палатиноокклюзия | 20 | 16 |
| Скученное положение | 20 | 16 |

Частота изготовления моделей для контроля ортодонтической подготовки варьировала: 40 врачей (32%) изготавливают модели 1 раз в 3 месяца, 35 (28%) — 1 раз в полгода, 25 (20%) — только перед операцией, 15 (12%) — до лечения, 5 (4%) — 1 раз в месяц. Тот факт, что 20% врачей контролируют подготовку лишь

перед операцией, свидетельствует о недостаточном промежуточном контроле и высоком риске не выявления проблем на ранних стадиях.

Удаление премоляров для ортодонтической подготовки практикуют 65 врачей (52%), 45 (36%) никогда не удаляют, 15 (12%) прибегают к удалению редко. При лечении с применением брекет-систем 75 респондентов (60%) комбинируют различные виды механики, 25 (20%) используют технику прямой дуги (SWA), 5 (4%) применяют стандартную технику Эджуайс.

При анализе недоработок, остающихся перед проведением ортогнатической операции, респонденты могли выбрать несколько вариантов. Наиболее часто отмечались: протрузия резцов — 70 ответов (56%), выраженная кривая Шпее — 60 (48%), ретрузия резцов — 25 (20%), палатиноокклюзия — 20 (16%), скученное положение зубов — 20 (16%). Для определения показаний к проведению хирургически-ассистированного расширения верхней челюсти 60 врачей (48%) используют анализ Ренн, 50 (40%) — метод WALA, 40 (32%) полагаются на эмпирический опыт, 35 (28%) используют метод Пона.

Таблица 74 - Средний срок ортодонтической подготовки

| Срок | Количество | % |
|---------------|-------------------|----------|
| 1–1,5 года | 65 | 52 |
| 2–2,5 года | 45 | 36 |
| Более 2,5 лет | 15 | 12 |

Средний срок ортодонтической подготовки к проведению ортогнатической операции 65 респондентов (52%) определили в 1–1,5 года, 45 (36%) — в 2–2,5 года, 15 (12%) — более 2,5 лет.

Оценивая влияние некачественной ортодонтической подготовки на результат ортогнатической операции, 95 врачей (76%) отметили отсутствие стабильной окклюзии после операции, по 90 (72%) — невозможность корректного сопоставления челюстей и некорректную инклинацию резцов. Столь высокий процент врачей, признающих критическое влияние качества ортодонтической подготовки на возможность проведения операции, является прямым обоснованием актуальности настоящего исследования.

Среди осложнений, наиболее часто возникающих после ортогнатических операций, респонденты указали: потерю чувствительности — 80 ответов (64%), нестабильное смыкание зубных рядов — 50 (40%), дисфункцию ВНЧС — 45 (36%), смещение челюстей — 25 (20%).

Таблица 75 - Влияние некачественной подготовки (множественный выбор)

| Последствие | Количество | % |
|--|-------------------|----------|
| Нет стабильной окклюзии | 95 | 76 |
| Невозможность корректного сопоставления челюстей | 90 | 72 |
| Некорректная инклинация резцов | 90 | 72 |

Таблица 76 - Осложнения после операций (множественный выбор)

| Осложнение | Количество | % |
|------------------------------------|-------------------|----------|
| Потеря чувствительности | 80 | 64 |
| Нестабильное смыкание зубных рядов | 50 | 40 |
| Дисфункция ВНЧС | 45 | 36 |
| Смещение челюстей | 25 | 20 |

Таблица 78 - Частота выполнения мультисегментарной остеотомии

| Вариант | Количество | % |
|----------------------|-------------------|----------|
| При необходимости | 55 | 44 |
| Никогда | 25 | 20 |
| В редких ситуациях | 25 | 20 |
| Не слышал о методике | 20 | 16 |

Таблица 79 - Показания к мультисегментарной остеотомии

| Показание | Количество | % |
|--|-------------------|----------|
| Расширение верхней челюсти | 50 | 40 |
| Вертикальная резцовая дизокклюзия | 40 | 32 |
| Неудовлетворительное качество подготовки | 20 | 16 |

55 врачей (44%) выполняют мультисегментарную остеотомию при необходимости, по 25 (20%) — никогда или в редких ситуациях, 20 (16%) не слышали о такой методике. Основными показаниями к мультисегментарной остеотомии респонденты обозначили расширение верхней челюсти — 50 ответов

(40%), вертикальную резцовую дизокклюзию — 40 (32%), неудовлетворительное качество ортодонтической подготовки — 20 (16%).

При подготовке пациентов к ортогнатическим операциям 90 врачей (72%) используют брекет-системы, 20 (16%) — и брекет-системы, и элайнеры, 5 (4%) — только элайнеры. Анализа ТРГ и КЛКТ в процессе подготовки 35 респондентов (28%) выполняют 1 раз в 3 месяца, столько же (28%) — 1 раз в полгода, 25 (20%) проводят контроль только перед операцией, 15 (12%) — до лечения, 5 (4%) — 1 раз в месяц.

Аппаратура и контроль

Таблица 80 - Вид применяемой в практике аппаратуры

| Вариант | Количество | % |
|----------------|------------|----|
| Брекеты | 90 | 72 |
| И то, и другое | 20 | 16 |
| Элайнеры | 5 | 4 |
| Не ответили | 10 | 8 |

Таблица 81 - Частота анализа ТРГ/КЛКТ в процессе ортодонтической подготовки

| Вариант | Количество | % |
|------------------------|------------|----|
| 1 раз в 3 месяца | 35 | 28 |
| 1 раз в полгода | 35 | 28 |
| Только перед операцией | 25 | 20 |
| До лечения | 15 | 12 |
| 1 раз в месяц | 5 | 4 |
| Не ответили | 10 | 8 |

Проведённое анкетирование 125 практикующих врачей (60% ортодентов, 40% челюстно-лицевых хирургов) из 14 регионов РФ позволило сделать следующие выводы:

Во-первых, установлена высокая диагностическая оснащённость респондентов: 96% используют КЛКТ, 80% — цефалометрию, 72% — антропометрию зубных рядов. Это свидетельствует о понимании врачами необходимости многомерной оценки пациентов со скелетными формами ЗЧА,

однако использование методов носит разрозненный характер и не объединено в единую систему.

Во-вторых, выявлены основные проблемы ортодонтической подготовки: протрузия резцов (56%), выраженная кривая Шпее (48%), ретрузия резцов (20%). Данные проблемы полностью совпадают с зонами риска, установленными в нашем клиническом исследовании, что подтверждает практическую значимость разработанного протокола.

В-третьих, 28% врачей не используют специализированное программное обеспечение для планирования, а 20% контролируют подготовку только перед операцией, что указывает на отсутствие стандартизированного подхода и потенциал для внедрения цифровых протоколов.

В-четвертых, 76% респондентов отметили, что некачественная подготовка приводит к отсутствию стабильной окклюзии, а 72% — к невозможности корректного сопоставления челюстей. Столь высокий процент врачей, признающих критическое влияние качества подготовки на исход лечения, является прямым обоснованием актуальности настоящего исследования.

Таким образом, результаты анкетирования обосновывают необходимость разработки интегрального подхода к диагностике и планированию, объединяющего все ключевые методы в единую систему с четкими критериями оценки качества, что полностью соответствует цели настоящего исследования. Использование большинством респондентов нескольких методов диагностики (КЛКТ, цефалометрия, антропометрия) подтверждает, что скелетные формы ЗЧА требуют комплексной оценки, включающей анализ костных структур, зубоальвеолярных соотношений и функционального состояния

ГЛАВА 9. ОБСУЖДЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ СОБСТВЕННЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ И ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Настоящее исследование было сфокусировано на углубленном морфофункциональном анализе возможностей и результатов метода цифрового 3D-планирования ортодонтического этапа подготовки пациентов со скелетными формами зубочелюстных аномалий к ортогнатической операции. Проведен мониторинг состояния зубочелюстной системы пациентов на всех этапах комплексного лечения.

При клиническом осмотре у всех обследованных пациентов выявлены характерные лицевые признаки, подтверждающие наличие скелетной формы аномалии. При дистальной окклюзии (ДО): выпуклый профиль, угол G-Sn-Pog $143,2^\circ \pm 3,5^\circ$ ($p < 0,001$); ретруссивное положение нижней губы относительно линии Рикеттса ($-3,8 \pm 1,6$ мм); ретропозиция нижней трети лица по данным TVL-анализа (B' $-8,9$ мм, Pog' $-6,2$ мм); увеличение нижней трети лица (38,1% от общей высоты). При мезиальной окклюзии (МО): вогнутый профиль, угол G-Sn-Pog $189,5^\circ \pm 4,1^\circ$ ($p < 0,001$); протрузия нижней губы ($+2,2 \pm 1,3$ мм); прогения (B' $-2,8$ мм, Pog' $+1,2$ мм); увеличение средней трети лица (34,2%). По данным Гамбургского теста все пациенты соответствовали критерию «норма» (сумма баллов < 3). Величина открывания рта в обеих группах превышала 40 мм, однако при МО этот показатель был достоверно выше ($47,3 \pm 3,3$ мм против $44,2 \pm 2,8$ мм, $p < 0,01$). Амплитуда протрузии при МО ($9,2 \pm 1,5$ мм) превышала нормативные значения и была значимо выше, чем при ДО ($6,5 \pm 1,2$ мм, $p < 0,001$).

При антропометрическом изучении моделей челюстей установлено, что мезиальная окклюзия характеризуется оптимальными зубоальвеолярными параметрами (минимальный дефицит места, нормальная или избыточная ширина зубных рядов, уплощённая кривая Шпее). Это подтверждает, что МО является преимущественно скелетной, а не зубоальвеолярной аномалией. Дистальная окклюзия, напротив, представляет собой комбинированную зубоальвеолярную

аномалию с выраженным дефицитом места, глубокой кривой Шпее, сужением зубных рядов и нарушением проекционной длины.

Проведённый цефалометрический анализ позволил установить следующие закономерности: при ДО выявлена изолированная ретрогнатия нижней челюсти (SNB 75,3°) при верхней нормогнатии (SNA 81,9°); при МО — изолированная нижняя прогнатия (SNB 85,8°) верхней нормогнатии (SNA 81,3°). При ДО преобладает вертикальный тип роста (PP-MP 27,8°), при МО — горизонтальный тип роста (PP-MP 22,5°). При ДО верхние резцы ретрудированы (U1 to SN 99,6°), нижние протрудированы (IMPA 108,5°); при МО — протрузия верхних резцов (119,8°) и ретрузия нижних (78,5°). Верхняя челюсть укорочена в обеих группах (47,9–48,2 мм); нижняя челюсть при МО увеличена по всем параметрам (длина тела, высота ветви), что подтверждает истинную макрогнатию. Гониальный угол при МО увеличен (128,5° против 124,5° при ДО, $p < 0,01$), что при увеличенной высоте ветви отражает специфику морфогенеза при мезиальной окклюзии. Ширина верхней челюсти уменьшена в обеих группах; ширина нижней челюсти при МО увеличена. Полученные данные подтверждают наличие двух принципиально различных скелетных фенотипов — изолированной нижней ретро-,микрогнатии (ДО) и изолированной нижней про-,макрогнатии (МО) — при сходном дефиците верхней челюсти. Это обосновывает необходимость дифференцированного подхода к планированию ортодонтно-хирургического лечения.

Полученные данные о различном исходном состоянии ВНЧС при дистальной и мезиальной окклюзии полностью согласуются с классическими представлениями о патогенезе этих аномалий. В фундаментальном исследовании Ikeda & Kawamura (2009) на 22 бессимптомных добровольцах были установлены нормативные значения суставных щелей: передняя щель — $1,3 \pm 0,2$ мм, верхняя — $2,5 \pm 0,5$ мм, задняя — $2,1 \pm 0,3$ мм [Ikeda, 2009]. Принципиально важным результатом стало выявление **двух различных компенсаторных стратегий** при дистальной окклюзии: **заднее положение головки нижней челюсти** (26,9%

пациентов с ДО): ассоциировано с горизонтальным типом роста (SN-GoGn 29,5°) и ретрузией нижних резцов (IMPA 88,1°). Этот тип соответствует классическим описаниям и характеризуется пассивной адаптацией костных структур. **Переднее положение головки нижней челюсти** (56,7% пациентов с ДО): ассоциировано с вертикальным типом роста (SN-GoGn 36,8°), выраженной компенсаторной протрузией нижних резцов (IMPA 98,2°). При мезиальной окклюзии был диагностирован паттерн «**задне-верхней компрессии**». Это означает, что головка нижней челюсти была не просто смещена кпереди, а фиксирована в положении передне-верхней ротации, создавая максимальную нагрузку на задний полюс и биламинарную зону. Полученные данные о статистически значимом увеличении заднего отдела суставной щели при отсутствии динамики в переднем отделе к этапу T1 у пациентов с мезиальной окклюзией имеют важное клинко-биомеханическое объяснение. Ортодонтическая подготовка, направленная на ретрузию и интрузию нижних резцов, создает дистализирующий и декомпрессионный момент силы в отношении мышечков. Это приводит не к простому линейному заднему смещению головки нижней челюсти, а к ее незначительной постероротации (задней ротации). Данный эффект можно расценивать как **раннее положительное предхирургическое изменение**— начало нормализации пространственных отношений в ВНЧС еще до ортогнатической операции. Это косвенно подтверждает физиологическую корректность векторов ортодонтических перемещений, заданных методом цифрового обратного планирования. Систематический обзор Szcześniak et al. (2025), включивший 14 исследований и 527 пациентов, подтверждает, что ортогнатическая хирургия вызывает измеримые изменения пространственных соотношений суставных поверхностей ВНЧС [Szcześniak, 2025]. Авторы подчёркивают, что клиническое значение этих изменений модулируется индивидуальной адаптационной способностью пациента. Исследование Hurr et al. (2024) на 88 пациентах показало, что ключевыми предикторами изменений суставных щелей являются исходное положение мышечка (заднее, центральное

или переднее) и тип хирургического вмешательства [Hurr, 2024]. Полученные нами данные полностью соответствуют этим выводам: исходное положение мышелка определяло направленность послеоперационных изменений, а к этапу T3 происходила стабилизация. Метод цифрового обратного планирования продемонстрировал способность привести пространственные отношения к гармоничной, симметричной и централизованной модели, независимо от исходного паттерна. Это указывает на его высокую биомеханическую точность и адаптивность. *Комплексное лечение*, подготовленное методом цифрового обратного планирования, привело к **нивелированию данных паттернов к этапу T2**. Во всех подгруппах были достигнуты статистически неразличимые значения, соответствующие центральному положению мышелков. Это подтверждает, что метод обеспечивает не просто изменение окклюзии, а воссоздание нормальных анатомо-функциональных отношений в ВНЧС, что является залогом долгосрочной стабильности результатов и профилактики вторичной артропатии. Одним из наиболее значимых результатов настоящего исследования стало выявление феномена **стабильности положения мышелков** на фоне закономерного ухудшения окклюзионных контактов и одновременного изменения пространственного положения нижней челюсти. Мышелки, ограниченные капсульно-связочным аппаратом, сохраняют своё положение в ямках (данные КЛКТ и МРТ это подтверждают). Однако нижняя челюсть как целое может совершать **ротационные движения вокруг бикондиллярной оси**. При потере передних окклюзионных контактов мышцы, закрывающие рот, продолжают функционировать, что приводит к ротации челюсти до момента появления новых окклюзионных контактов или до натяжения связочного аппарата. Этот феномен хорошо известен в гнатологии и описывается как **«ротация нижней челюсти при сохранении позиции мышелков»** [Dawson, 2007; Okeson, 2013]. Именно эта ротация обеспечивает феномен «проседания» челюсти при ДО и её смещения вперед при МО.

Результаты электромиографии (ЭМГ) показали, что скелетные аномалии окклюзии — это не только костная, но и функциональная мышечная патология. Нарушения проявляются не столько в покое, сколько при функциональной нагрузке. Выявлены два принципиально разных паттерна: при ДО формируется относительно стабильный, но асимметричный паттерн с правосторонним доминированием жевательных мышц. При МО наблюдается хорошая симметрия в покое, которая резко сменяется дезорганизацией и асимметрией при нагрузке. Это скрытая декомпенсация, требующая особого внимания. Предложена новая типология пациентов на основе трех функциональных типов, что позволяет объективизировать показания к миофункциональной подготовке и персонализировать этапность комплексного лечения. Выявленные различия в биоэлектрической активности жевательных мышц при дистальной и мезиальной окклюзии подтверждают наличие фенотип-специфичных паттернов мышечной адаптации. При дистальной окклюзии зарегистрирован гипертонический тип мышечной активности с доминированием височных мышц ($p < 0,001$), что согласуется с данными Landes et al. (2005) о повышении тонуса височных мышц при II классе аномалий [Landes, 2005]. При мезиальной окклюзии выявлен гипотонический тип с относительным снижением активности жевательных мышц. Сравнительный анализ полученных данных с результатами предыдущих исследований [Погабало И.В.] выявил ряд принципиальных отличий, обусловленных применением в настоящей работе метода цифрового обратного планирования ортодонтической подготовки: в отличие от данных литературы, где в отдалённые сроки (24–48 мес.) регистрируется непрерывный рост амплитуды ЭМГ, что свидетельствует о затяжном периоде адаптации, в нашем исследовании к этапу Т3 (12 мес. после завершения лечения) достигается стабильное функциональное состояние мышц с нормализованным тонусом покоя и восстановленной силой сокращения. Динамика показателей в нашем исследовании носит более закономерный и управляемый характер, соответствующий последовательным этапам лечения

(декомпенсация → стабилизация → реадаптация), в то время как в традиционных протоколах отмечаются выраженные индивидуальные колебания. Можно предположить, что точное позиционирование зубов и челюстей, достигнутое благодаря предоперационному цифровому планированию, формирует оптимальные окклюзионные условия для нейромышечной системы. Это позволяет сократить период функциональной дезадаптации и способствует более быстрому и полному восстановлению координированной работы жевательной мускулатуры.

Динамика показателей Т-скан и ЭМГ-индексов носит **взаимообусловленный характер**. В период Т1 разобщение окклюзионных контактов (снижение силы на молярах на 30–39%) привело к дезорганизации мышечной активности: снижению индексов симметрии ISJM/ISVM на 15–20% и росту торсионного индекса TORS до 118–122%. К моменту операции (Т2) формирование стабильных точечных контактов на первых молярах (сила 27–30%) способствовало частичной нормализации мышечной симметрии (восстановление ISJM до 85–88%). После лечения (Т3) восстановление полноценной окклюзии (время МмБК 0,9–1,0 сек, равномерное распределение нагрузки) сопровождалось нормализацией всех ЭМГ-индексов, что свидетельствует о восстановлении нейромышечного баланса на основе новой окклюзионной схемы. Асимметрия окклюзионного баланса напрямую коррелирует с индексами мышечной симметрии (ISJM/ISVM). В Т1 максимальная асимметрия баланса (5–7%) соответствует минимальным значениям ISJM (72–74%). К Т3 симметрия баланса восстанавливается (0,6–0,8%), а мышечные индексы приближаются к норме (93–94%). Данные Т-скан и ЭМГ взаимно дополняют друг друга, демонстрируя единство окклюзионного и нейромышечного баланса. *Данные компьютерной окклюдзиографии (Т-скан)* объективно подтвердили **трехфазный характер** изменений функционального состояния окклюзии при подготовке методом цифрового обратного планирования: **Фаза дестабилизации (Т0→Т1)**. Характеризовалась увеличением времени поиска МмБК, нарушением

симметрии баланса и снижением жевательной эффективности. Это запланированный этап активного разрушения патологических компенсаторных связей в зубочелюстной системе. Полученные нами данные (рост времени МмБК до 5,5–7,5 сек, увеличение асимметрии до 10–14%) полностью соответствуют литературным описаниям этапа декомпенсации [Koos, 2010; Schwestka-Polly, 2015]. **Фаза формирования новой окклюзионной схемы (Т1→Т2).** К моменту операции были достигнуты показатели, превосходящие исходные по стабильности: время достижения МмБК сократилось до 1,1–1,2 сек, что свидетельствует о формировании четких, воспроизводимых и физиологичных окклюзионных путей. Критически важным является радикальное перераспределение жевательной нагрузки в пользу заднего сегмента (до 99,5%) при минимальной нагрузке на фронтальный отдел (0,5%). Данная схема является оптимальной для послеоперационного периода, так как защищает зоны остеотомии от преждевременной нагрузки и обеспечивает стабильность результата [Dawson, 2007; Proffit, 2018]. **Фаза постоперационной реабилитации (Т3).** Восстановление физиологических показателей (время МмБК < 1,1 сек, асимметрия < 2%, нагрузка на передний сегмент 12–14%) подтверждает эффективность комбинированного лечения в восстановлении окклюзионной функции.

Ограничение окклюзионных контактов до 2–3 зубов перед ортогнатической операцией описано в работах Ellis (1999) и Proffit (2018) как необходимый этап ортодонтической подготовки, обеспечивающий стабильность фрагментов во время хирургического вмешательства [Ellis, 1999; Proffit, 2018]. Полученные нами данные Т-скана на этапе Т2 (время МмБК 1,08–1,22 сек, сила на молярах 27–30%) полностью согласуются с этими представлениями. Однако сохранение сниженной силы на первых молярах после операции (28–29% против нормы 50–70%) демонстрирует, что даже после успешной хирургической коррекции скелетной диспропорции у пациентов сохраняется **окклюзионная память** в виде изменённого распределения нагрузки. Это может быть обусловлено как

нейромышечной адаптацией к длительно существовавшей патологической окклюзии, так и особенностями послеоперационной окклюзионной схемы. Данное наблюдение подчёркивает важность комплексного подхода, включающего не только хирургическую коррекцию, но и последующую окклюзионную реабилитацию.

Оценка точности реализации цифрового плана показала, что средние отклонения от запланированных позиций в группе цифрового протокола составили **1,4–1,5 мм** (для моляров $1,6 \pm 0,6$ мм, для клыков $0,8 \pm 0,4$ мм). В исследовании de Waard и соавт. (2022) было показано, что даже при использовании современных цифровых сетаров отклонения, превышающие клинически приемлемые ($>2^\circ$ для ротаций и $>0,6$ мм для трансляций), наблюдались в 75% ротационных и 52% трансляционных перемещений на верхней челюсти и в 74% и 44% на нижней челюсти соответственно [de Waard, 2022]. Авторы приходят к выводу: «Точность цифрового сетара всё ещё слишком ограничена для корректного моделирования предхирургического ортодонтического лечения». Однако важно подчеркнуть, что порог **0,6 мм** был установлен авторами декларативно, без клинического обоснования, и, вероятно, экстраполирован из исследований по элайнерам. Как справедливо отмечают Larson и соавт. (2014), при планировании ортогнатической хирургии допустимые отклонения могут быть больше за счёт последующей хирургической коррекции [Larson, 2014]. Более того, в систематическом обзоре Sereewisai и соавт. (2023) подчёркивается, что точность виртуальных сетаров варьирует в широких пределах и зависит от множества факторов, включая методику суперпозиции и опыт оператора [Sereewisai, 2023]. Принципиально важным результатом нашего исследования стало выявление **различных паттернов ошибок** при дистальной и мезиальной окклюзии: при ДО наибольшие отклонения наблюдались на **нижней челюсти** (моляры 46,36 — до 2,5 мм); при МО — на **верхней челюсти** (премоляры 15,25 — до 2,2 мм, резцы 11,21 — до 2,0 мм). Данный феномен можно объяснить с позиций биомеханики, описанной в

фундаментальном труде Proffit и соавт. (2013) «Contemporary orthodontics» [Proffit, 2013]. Авторы указывают, что «ключевой задачей предхирургической подготовки является устранение зубных компенсаций», которые при ДО и МО имеют принципиально разную локализацию. При ДО основные компенсаторные механизмы сосредоточены на нижней челюсти (протрузия нижних резцов, глубокая кривая Шпее), тогда как при МО — на верхней челюсти (протрузия верхних резцов). Соответственно, зоны наибольшей биомеханической сложности становятся и зонами наибольшего риска ошибок.

В нашем исследовании средние отклонения 1,5 мм (ДО) и 1,3 мм (МО) следует считать **клинически приемлемыми**, учитывая:

1. Объём запланированных перемещений (до 8–10 мм)
2. Сложность биомеханических задач при скелетных аномалиях
3. Отсутствие клинически значимых последствий для хирургического этапа
4. Возможность финальной коррекции окклюзии хирургическим путём.

Результаты исследования толщины альвеолярной кости показали, что толщина вестибулярной кортикальной пластинки в области нижних резцов в норме составляет 0,5–1,0 мм [Handelman, 1997; Sarikaya, 2002]. Полученные нами исходные значения в группе МО ($0,60 \pm 0,05$ мм) находятся на нижней границе нормы, что подтверждает исходный дефицит костной ткани у данной категории пациентов. Исследование Yagci et al. (2012) показало, что толщина вестибулярной кости $<0,5$ мм является предиктором развития фенестраций при ортодонтическом перемещении [Yagci, 2012]. В нашем исследовании конечная толщина кости в области нижних клыков при МО составила $0,20 \pm 0,05$ мм, что значительно ниже порогового значения и требует превентивных мер. Wilcko et al. (2008) впервые описали методику PAOO (Periodontally Accelerated Osteogenic Orthodontics), позволяющую не только ускорить перемещение зубов, но и увеличить толщину костной ткани [Wilcko, 2008]. По данным Yaffe et al. (2020), применение PAOO при протрузии нижних резцов позволяет увеличить толщину вестибулярной кости

на 1,15–1,57 мм [Yaffe, 2020]. Разработанный нами клинический алгоритм (кортикотомия, графтинг при исходной толщине $<0,6$ мм и планируемой протрузии >2 мм) позволяет минимизировать риск ятрогенных осложнений и повысить предсказуемость лечения.

*Оценка микроциркуляции тканей пародонта (ЛДФ) показала, что исходные параметры толщины альвеолярной кости статистически значимо различались между группами ДО и МО в большинстве исследуемых сегментов ($p < 0,05$), что отражает **принципиально разную архитектуру альвеолярной кости** при данных скелетных аномалиях.*

1. При мезиальной окклюзии выявлен **генерализованный дефицит вестибулярной кости** во всех сегментах, наиболее выраженный в области нижних клыков ($0,50 \pm 0,07$ мм).

2. При дистальной окклюзии, напротив, вестибулярная кость была относительно сохранна, однако, отмечался дефицит нёбной кости в области верхних резцов.

3. Область нижних резцов представляет собой **зону риска** для обеих групп (толщина кости <1 мм).

4. Полученные данные обосновывают необходимость дифференцированного подхода к планированию ортодонтической подготовки с учётом исходного состояния кости и диктуют показания к превентивному применению методов костной пластики (графтинга) в группах высокого риска.

При дистальной окклюзии на этапе Т1 наблюдалось снижение перфузии в среднем на 26,4%. Эти данные полностью соответствуют результатам классического исследования Hertrich & Raab (1996), которые изучали влияние интрузионных сил на микроциркуляцию пародонта [Hertrich, 1996]. Авторы показали, что при силе 0,1 Н снижение перфузии составляет 20%, а при силе 0,5 Н достигает 42%, причём ишемия более 42% является критической. Полученные в нашем исследовании значения (26,4%) попадают в физиологический коридор между безопасной и критической ишемией. К этапу Т2 у 94,4% пациентов

показатели микроциркуляции возвращались к исходным значениям. Данная динамика согласуется с результатами исследования Salles (2006), который продемонстрировал, что на этапе нивелирования кровотоков возвращается к исходному уровню через 30 дней после активации, тогда как на этапе ретрузии восстановление может занимать более длительный период [Salles, 2006]. При мезиальной окклюзии на этапе T1 зарегистрировано увеличение перфузии на 20,1%. Эти данные согласуются с исследованием Laredo-Naranjo et al. (2021), которые выявили статистически значимое увеличение кровотока через 24, 48 и 72 часа после активации, причём через 30 дней наблюдалось увеличение до 3 раз по сравнению с базальным уровнем [Laredo-Naranjo, 2021].

Результаты стабилотрии продемонстрировали значимое, но неполное восстановление постурального контроля после комплексного лечения, что соответствует современным представлениям о постепенной адаптации проприоцептивной системы. Остаточные отклонения X-координаты ($0,3 \pm 1,2$ мм; $-0,2 \pm 1,1$ мм) у части пациентов указывают на необходимость индивидуализированного подхода к послеоперационной реабилитации. Выявленная динамика подтверждает концепцию **единства окклюзионно-постуральной системы**: изменения окклюзии закономерно отражаются на постуральном балансе, а его восстановление является маркером завершения процессов нейромышечной адаптации.

Ортодонтическая подготовка к ортогнатической операции является критическим этапом комплексного лечения пациентов со скелетными формами зубочелюстных аномалий [Proffit, 2018]. Её основная цель — создание оптимальных условий для хирургической коррекции путём устранения зубоальвеолярных компенсаций и позиционирования зубов в соответствии с будущим положением челюстей. Традиционно этот процесс основывался на клиническом опыте врача и двумерном цефалометрическом анализе, что, как показали результаты нашего исследования, приводило к значительным отклонениям от запланированного положения и наклона зубов.

В последнее десятилетие цифровые технологии кардинально изменили ландшафт ортодонтической диагностики и планирования [Swennen, 2016]. Внедрение внутриротовых сканеров, конусно-лучевой компьютерной томографии (КЛКТ) и специализированного программного обеспечения позволило перейти от гипсовых моделей и ручных расчётов к трёхмерному виртуальному моделированию.

Полученные нами данные свидетельствуют о **принципиальном преимуществе** протокола, основанного на цифровом планировании. Наш протокол, благодаря симуляции конечного результата, позволил:

1. Определить оптимальные и индивидуальные траектории перемещения зубов, избегая окклюзионных интерференций на промежуточных этапах.
2. Создать предсказуемую и стабильную окклюзионную схему даже в фазе декомпенсации, что обеспечивает минимальную необходимую нагрузку на жевательные мышцы и ВНЧС.
3. Сократить период нестабильности, так как ортодонтические перемещения изначально целенаправленны и скоординированы с будущим хирургическим результатом.

Меньшая выраженность стресс-реакции на этапе T1 является прямым следствием принципиально иного, управляемого и физиологически обоснованного подхода к планированию декомпенсации.

Современное ортодонтно-хирургическое лечение пациентов со скелетными формами зубочелюстных аномалий характеризуется высокой клинической вариабельностью, многоэтапностью и необходимостью интеграции разнородных диагностических данных. В клинической практике используются цефалометрические показатели, данные окклюзионного анализа (T-Scan), электромиографии, ультразвуковой оценки мышц, исследования височно-нижнечелюстных суставов и стабилотрии. Несмотря на высокую информативность каждого метода в отдельности, их совокупная интерпретация зачастую остается фрагментарной и зависит от субъективного опыта врача.

В этой связи предлагается методология создания Системы интегральных клинических индексов, направленной на количественную формализацию морфологических и функциональных характеристик пациента и поддержку принятия клинических решений на различных этапах лечения. Во-первых, необходимо разделение морфологической сложности и функциональной готовности пациента. Скелетная диспропорция, зубоальвеолярная компенсация и функциональная стабильность представляют собой различные клинические измерения, каждое из которых оказывает самостоятельное влияние на стратегию лечения и его прогноз. Во-вторых, оценка должна быть динамической: показатели пациента на этапах T0 (начало), T1 (промежуточный этап), T2 (перед операцией) и T3 (после лечения) образуют траекторию изменений, а не изолированные точки наблюдения. В-третьих, система индексов рассматривается как инструмент поддержки врача, а не как замена клинического мышления.

Научная новизна предлагаемой системы заключается в формировании многоуровневой архитектуры интегральных клинических индексов, объединяющей морфологический, функциональный, динамический и прогностический контуры оценки пациента в единой количественной модели. В отличие от традиционного фрагментарного анализа отдельных диагностических показателей, предложенный подход обеспечивает их структурированную агрегацию, унификацию шкал и формализацию переходов между этапами лечения, что создает основу для объективизации персонализации ортодонтхирургической тактики.

Архитектура системы индексов

Предлагаемая архитектура включает несколько взаимосвязанных уровней.

Стартовые диагностические индексы (T0) На этапе первичной диагностики (T0) формируется система доменных индексов, отражающих различные клинические измерения состояния пациента. К ним относятся: морфологический индекс сложности (МИС), характеризующий скелетную диспропорцию; индекс функциональной нестабильности (ФН); индекс

постуральной компенсации (ПИ). Каждый из них рассчитывается на основе нормированных показателей соответствующего диагностического блока. Интегральным показателем стартовой сложности является ИС, представляющий собой взвешенную агрегацию доменных индексов и отражающий совокупную морфофункциональную сложность случая на этапе T0. Это позволяет врачу получать количественную оценку общей сложности случая до начала лечения и обосновывать выбор тактики подготовки и объема вмешательства.

Динамические индексы Динамический слой системы предназначен для количественной оценки изменений между временными точками. На основе разницы нормированных показателей рассчитываются индексы стабилизации или прогресса. Данный подход позволяет объективизировать эффективность ортодонтической подготовки и выявлять неблагоприятные тенденции на ранних этапах.

Индекс готовности к операции (Т2) На предоперационном этапе формируется интегральный индекс хирургической готовности (ИХГ). Он включает четыре домена: окклюзионный компонент (ОС) (данные T-Scan), нейромышечный компонент (НМ) (ЭМГ и УЗИ), суставной компонент (СС) (показатели ВНЧС), постуральный компонент (ПС) (стабилометрия).

Формула для расчета индекса хирургической готовности: ИХГ (индекс хирургической готовности) = $0.30 \cdot \text{ОС} + 0.35 \cdot \text{НМ} + 0.20 \cdot \text{СС} + 0.15 \cdot \text{ПС}$

Прогностический слой системы включает: индекс предполагаемой длительности подготовки, индекс риска рецидива, индексы вероятности осложнений. Эти показатели опираются на стартовые данные и динамику изменений и позволяют формировать обоснованные клинические прогнозы.

Архитектура системы носит модульный характер и допускает расширение перечня показателей без изменения базовой логики расчета. Добавление новых диагностических параметров возможно через включение их в соответствующий доменный субиндекс с последующей корректировкой весовых коэффициентов. Такой принцип обеспечивает масштабируемость модели и ее адаптацию к развитию диагностических технологий. Разнородные показатели приводятся к

унифицированной шкале 0–1 с учетом клинических норм и допусков. Субиндексы рассчитываются как средневзвешенные величины, а интегральные индексы переводятся в шкалу 0–100 для удобства интерпретации. Разработка системы индексов предполагает обязательную клиническую валидацию, включающую анализ согласованности расчетных значений с фактическими исходами лечения, оценку устойчивости весовых коэффициентов и проверку воспроизводимости результатов при повторных измерениях. Такой подход направлен на обеспечение объективности и статистической обоснованности модели, а также на снижение влияния случайных и субъективных факторов интерпретации. Предлагаемая методология представляет собой структурированный, клинически ориентированный подход к интеграции диагностической информации и повышению объективности персонализации ортодонтно-хирургического лечения, что способствует стандартизации подходов к оценке сложности и повышению воспроизводимости клинических решений.

Таким образом, проведённое исследование позволило:

1. **Количественно охарактеризовать** фенотип-специфичные паттерны морфофункциональных нарушений при дистальной и мезиальной окклюзии, включая состояние жевательных мышц, ВНЧС, окклюзии, микроциркуляции тканей пародонта и постурального баланса.
2. **Выявить и описать** фазовый характер изменений зубочелюстной системы в процессе ортодонтической подготовки (декомпенсация → адаптация → стабилизация), что имеет решающее значение для определения оптимальных сроков хирургического вмешательства.
3. **Доказать преимущество** цифрового протокола планирования ортодонтического лечения перед традиционными методами: снижение интегрального балла качества на 77%, сокращение сроков лечения на 26%
4. **Разработать концепцию** интегральных прогностических индексов, позволяющих объективизировать процесс планирования и оценки результатов лечения.

Полученные данные вносят существенный вклад в понимание механизмов адаптации зубочелюстной системы при ортодонтно-хирургическом лечении и обосновывают необходимость широкого внедрения цифровых протоколов планирования в клиническую практику.

ВЫВОДЫ

1. По данным комплексного исследования состояния зубочелюстной системы пациентов со скелетными формами зубочелюстных аномалий с применением ЭМГ, УЗИ, КЛКТ, МРТ, Т-скан, стабилметрия, ЛДФ выявлены статистически значимые различия между дистальной и мезиальной окклюзией по всем изученным параметрам: при дистальной окклюзии характерен гипертонический тип мышечной адаптации с доминированием височных мышц ($p < 0,001$), дистальным положением головки нижней челюсти ($p < 0,001$), правосторонней асимметрией окклюзионной нагрузки ($3,0 \pm 0,8\%$, $p < 0,05$) и смещением центра давления кзади по данным стабилметрии ($X = -0,8 \pm 0,96$ мм); при мезиальной окклюзии – гипотонический тип мышечной адаптации, определено переднее положение головки нижней челюсти ($p < 0,001$), установлена левосторонняя асимметрия и переднее смещение центра давления ($X = +0,2 \pm 0,84$ мм).
2. Разработан способ планирования ортодонт-хирургического лечения, определяющий объем и последовательность ортодонтических мероприятий, обеспечивающих реабилитацию пациентов до проведения костно-реконструктивных операций.
3. Количественно охарактеризованы этапы ортодонтической декомпенсации и установлен пик функциональных нарушений на 6 месяце лечения, который характеризуется разнонаправленными изменениями индекса симметрии височных мышц (123,2% при дистальной окклюзии и 87% при мезиальной окклюзии), снижением амплитуды при максимальном волевом смыкании на 18–40%, выходом показателей микроциркуляции за границы физиологического диапазона ($\pm 25\%$) у 47,8% пациентов с дистальной окклюзией.
4. К завершению предоперационного ортодонтического лечения с применением цифрового протокола планирования происходит нормализация функциональных параметров зубочелюстной системы: нормализуются индексы симметрии биоэлектрической активности жевательных мышц по данным ЭМГ; стабилизируются показатели микроциркуляции тканей пародонта (ЛДФ) в

пределах $\pm 25\%$ от исходного уровня; достигается стабильная, симметричная окклюзия с формированием устойчивых опор на первых молярах (сила 38–40%, $p < 0,001$); восстанавливается сократительная способность мышц при максимальном волевом смыкании при одновременном снижении гипертонуса в покое; происходит контролируемая структурная перестройка мышечной ткани с минимизацией воспалительной реакции, зафиксированной на этапе декомпенсации.

5. На основании сравнительного анализа клинико-функциональной эффективности цифрового протокола доказано, что его применение позволяет снизить интегральный балл качества подготовки с $24,8 \pm 5,1$ до $5,6 \pm 1,3$ ($p < 0,001$) и сократить сроки лечения на 26% (с $2,3 \pm 0,5$ до $1,7 \pm 0,2$ года, $p < 0,001$).
6. Обоснованы принципы персонализированного подхода к определению сроков хирургического вмешательства: показано, что решение о готовности к операции должно приниматься на основании комплекса критериев, включающих достижение целевых значений цефалометрии; нормализацию индексов симметрии мышечной активности ($< 15\%$); стабилизацию микроциркуляции пародонта ($\pm 25\%$ от исходной); отсутствие критического истончения кости в зонах риска ($< 0,5$ мм).
7. Результаты анкетирования 125 врачей-ортодонтотв и врачей-челюстно-лицевых хирургов из 14 регионов РФ выявили отсутствие единого стандартизированного подхода к планированию ортодонтотв-хирургического лечения: 28% врачей не используют компьютерные технологии при планировании лечения, 20% оценивают подготовку только перед операцией, 76% согласны с тем, что некачественная подготовка приводит к отсутствию стабильной окклюзии после операции. Наиболее частыми дефектами при ортодонтотвческой подготовке являются протрузия резцов (56%) и глубокая кривая Шпее (48%), что полностью совпадает с зонами риска, установленными в клинической части исследования.

ПРАКТИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ

1. Рекомендовано проводить комплексное обследование пациентов со скелетными формами зубочелюстных аномалий, которое должно включать лучевые (КЛКТ челюстно-лицевой области и ВНЧС, УЗИ жевательных мышц), функциональные (ЭМГ, Т-скан, стабилметрия, ЛДФ) и антропометрические методы.
2. На основе разработанного стандартизированного протокола, включающего комплексную диагностику, цифровое 3D-планирование, этапный функциональный мониторинг с выделением критических периодов декомпенсации, количественные критерии готовности к хирургическому этапу и оценку эффективности на завершающем этапе, предлагается ведение пациентов со скелетными формами зубочелюстных аномалий.
3. Планирование комплексного ортодонтно-хирургического лечения рекомендовано осуществлять с применением разработанного способа, включающего создание комплексной модели на основе КЛКТ и внутриротового сканирования, проведение виртуальной хирургии, ортодонтического лечения с расчётом перемещений для каждого зуба. Совмещение изображений корней по данным КЛКТ и цифровой модели челюсти позволяет визуализировать положение корней и предотвратить их перемещение за пределы альвеолярной кости.
4. Рекомендовано проводить мониторинг функциональных параметров зубочелюстной системы пациентов (ЭМГ, УЗИ, Т-скан, ЛДФ, стабилметрия) на ключевых этапах ортодонтической подготовки к проведению ортогнатической операции: 3–6 месяцев – пик декомпенсации (операция не рекомендована); 12–18 месяцев (стабилизация, оптимальный срок для хирургического вмешательства).
5. При проведении ортодонтического предхирургического лечения учитывать зоны наивысшего риска: при дистальной окклюзии – нижние моляры (требуется контроль опоры и интрузии); при мезиальной окклюзии – верхние резцы и клыки (необходим контроль торка, при дефиците толщины альвеолярной кости – костная пластика).
6. Хирургическое вмешательство следует проводить не ранее, чем через 2 недели после завершения ортодонтического лечения для нормализации регионарной гемодинамики в зонах перемещения.

7. При исходной толщине вестибулярной кости менее 0,6 мм и планируемой вестибулярной инклинации резцов более 2 мм показана превентивная костная пластика (графтинг).
8. Обеспечение точности реализации целевой окклюзии после планирования ортодонтно-хирургического лечения приводит к быстрому восстановлению функциональных параметров, так как степень точности достижения запланированного сетапа положительно коррелирует с нормализацией ЭМГ-показателей и формированием симметричных окклюзионных контактов.

СПИСОК СОКРАЩЕНИЙ

БЭА-биоэлектрическая активность

ВНЧС – височно-нижнечелюстной сустав

ВЧ – верхняя челюсть

ЗЧА-зубочелюстные аномалии

ЗЧС – зубочелюстная система

КЛКТ – конусно-лучевая компьютерная томография

ЛДФ – лазерная доплеровская флоуметрия

МРТ – магнитно-резонансная томография

МЦ-микроциркуляция

НП-нормированные показатели

НЧ – нижняя челюсть

П.е. – перфузионные единицы

ПМ – показатель микроциркуляции

СФДО/ДО – скелетная форма дистальной окклюзии

СФМО/МО – скелетная форма мезиальной окклюзии

ЦИМ – цифровая имитационная модель

ЧЛО – челюстно-лицевая область

ЭМГ – электромиография

BSSO – двусторонняя сагиттальная сплит остеотомия

Overbite–величина межрезцового перекрытия в вертикальном направлении (глубина)

Overjet – величина межрезцового перекрытия в сагиттальном направлении

SARPE – хирургически-ассистированное расширение верхней челюсти

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Аболмасов, Н.Г. Ортодонтия / Аболмасов Н.Г., Аболмасов Н.Н. – М.: МЕДпресс-информ, 2008. – 424 с.
2. Аверьянов, С.В. Влияние зубочелюстных аномалий на уровень качества жизни / Аверьянов С.В., Зубарева А.В. // Ортодонтия. – 2016. – Т. 74, № 2. – С. 33–34.
3. Алгоритм морфофункциональной диагностики зубочелюстной системы пациентов с аномалиями окклюзии в сочетании с заболеваниями височно-нижнечелюстного сустава / Текучева С.В., Персин Л.С., Афанасьева Я.И., Постников М.А. и др. // Стоматолог (Минск). - 2021. - № 4 (43). - С. 47-55.
4. Алимова, А.В. Оценка результатов комбинированного лечения пациентов с мезиальной окклюзией: дис. ... канд. мед. наук: 14.01.14 / Алимова Александра Вячеславовна М., 2017 - 200 с.
5. Анохина, А.В. Миофункциональная адаптация пациентов на ортодонтическом приеме / А.В. Анохина, С.Л. Абзалова, А.Р. Сайфуллина // Стоматология. – 2020. - №5. - С. 62-68.
6. Апресян, С.В. Цифровой протокол комплексного планирования стоматологического лечения. Анализ клинического случая / С.В. Апресян, А.Г. Степанов, Б.А. Варданян // Стоматология. – 2021. - №3. – С. 65-71.
7. Арсенина, О.И. Эффективность цефалометрии в планировании ортодонтической коррекции: цефалометрические параметры и их возрастные изменения (часть 1) / О.И. Арсенина, К.М. Шишкин, М.К. Шишкин, Н.В. Попова // Стоматология. – 2017. – Т. 96, № 3. – С. 45–48.
8. Архипов, А.В. Современные методы диагностики в ортодонтии / Архипов, А.В., Логинова Е.А., Архипов В.Д. // Наука и инновации в медицине. – 2016. – С.10–13.
9. Афанасьева, Я.И. Особенности морфофункционального состояния височно-нижнечелюстного сустава при различных типах роста лицевого отдела черепа / Афанасьева Я.И., Оборотистов Н.Ю., Ермольев С.Н., Текучева С.В. // Стоматология. - 2025. - Т. 104, № 1. - С. 29-36.
10. Безруков, В.М. Клиника, диагностика и лечение врожденных деформаций лицевого скелета: автореф. дис. ... докт. мед. наук: 14.00.21 / Безруков Владимир Максимович. - М. 1981. - 44 с.
11. Васильев, А.Ю. Традиционные и инновационные рентгенодиагностические технологии диагностики заболеваний и повреждений ЧЛЮ. Инновации в конусно-лучевой компьютерной томографии лицевого отдела черепа / А.Ю. Васильев, Н.Н. Потрахов, В.В. Петровская // Невский

радиологический форум – 2018: Международный конгресс X. – Санкт-Петербург, 2018. – С. 39–45.

12. Виноградова, Е.С. Метод оценки эффективности ортодонтического лечения / Е.С.Виноградова, С.И.Виноградов // Вестник новгородского государственного университета. – 2017. - №3(101). – С. 78-81.

13. Виртуальное планирование и компьютерное моделирование в ортогнатической хирургии / Дробышев А.Ю., Анастасов Г.А., Дробышева Н.С., и др. // *Вестник хирургии*. – 2022. - №2. – С. 67-74.

14. Влияние чрескожной электростимуляции на состояние биоэлектрической активности жевательных мышц у пациентов с повышенной стираемостью зубов // Лосев Ф.Ф., Гелетин П.Н., Текучева С.В., Котик М.С. и др. // *Стоматология*. - 2025. - Т. 104, № 5. - С. 24-28.

15. Возможности электромиографии в диагностике нарушений зубочелюстной системы / А.А. Гуськова, Ю.А. Карпенко, О.Н. Архарова, Е.А. Трутнева, М.В. Акулина // *наука молодых (Eruditio Juvenium)*. - 2019. - Т. 7, №4. - С. 623-630.

16. Гасымова, З.В. Современный метод диагностики зубочелюстно-лицевых аномалий с применением программы “Dolphin Imaging” / Гасымова З.В., Гасымов О.Ф. // *Ортодонтия*. – 2011. – С. 24–28.

17. Гиоева, Ю.А. Анализ результатов комплексной реабилитации пациентов с мезиальной окклюзией третьей степени выраженности по данным оптической топографии / Ю.А. Гиоева, О.З. Топольницкий, А.В. Алимова // *Инновации в отраслях народного хозяйства как фактор решения социально-экономических проблем современности: сборник докладов и материалов VI Международной научно-практической конференции, 9–10 декабря 2016 г. – Москва, 2016. – С. 132–136.*

18. Гиоева, Ю.А. Мезиальная окклюзия зубных рядов. Клиника, диагностика и морфофункциональное обоснование тактики лечения: дисс. ... докт. мед. наук: 14.00.21 / Юлия Александровна Гиоева. – Москва, 2004. – 366 с.

19. Гиоева, Ю.А. Оценка результатов комбинированного лечения пациентов с мезиальной окклюзией / Ю.А. Гиоева, О.З. Топольницкий, А.В. Алимова // *Ортодонтия*. – 2017. – Т. 1, № 77. – С. 37–46.

20. Гиоева, Ю.А. Оценка эстетики лица у пациентов с мезиальной окклюзией третьей степени выраженности в зависимости от типа роста лицевого скелета на этапах комплексной реабилитации / Ю.А. Гиоева, О.З. Топольницкий, А.В. Алимова // *Инновации в отраслях народного хозяйства как фактор решения социально-экономических проблем современности. Сборник докладов и*

материалов VI Международной научно-практической конференции, 9–10 декабря 2016 г. – Москва, 2016. – С. 161–173.

21. Глушко, А.В. Комплексный подход к лечению пациентов с врожденными зубочелюстными аномалиями и деформациями носа / Глушко А.В., Дробышев А.Ю., Дробышева Н.С. // *Анналы пластической, реконструктивной и эстетической хирургии.* – 2016. – № 1. – С. 42–49.

22. Гогберидзе, О.Т. Височно-нижнечелюстные суставы до и после хирургического лечения больных с верхней микро или ретрогнатией и нижней макро или прогнатией / Гогберидзе, О.Т., Рабухина Н.А., Гунько В.И. // *Стоматология.* - 1999. - №6. – С. 28-30.

23. Гунько, В.И. Клиника, диагностика и лечение больных с сочетанными деформациями челюстей: дисс. ... докт. мед. наук. - М 1986.-525 с.

24. Данилова, М.А. Комплексное лечение растущих пациентов с сочетанной формой дистальной окклюзии зубных рядов и вертикальной резцово-дизокклюзией / Данилова М.А., Пономарева М.Л., Горева О.Б. // *Стоматология детского возраста и профилактика.* – 2013. – Т. 12, № 3. – С. 38–42.

25. Доменюк, Д.А. Вариантная анатомия зубочелюстных сегментов / Доменюк Д.А., Коробкеев А.А. - Ставрополь: СтГМУ, 2016. – 200 с.

26. Доменюк, Д.А. Оптимизация диагностики и планирования ортодонтического лечения пациентов с зубочелюстными аномалиями по результатам морфометрических исследований фронтального отдела зубной дуги / Доменюк Д.А., Илиджев Д.М., Будаичев Г.М // *Кубанский научный медицинский вестник.* – 2017. – № 5. – С. 14–21.

27. Дробаха, К.В. Цефалометрический анализ симметрии контрлатеральных сторон пациентов трансверсальными аномалиями, обусловленными гиперплазией мышечного отростка / К.В. Дробаха, Н.С. Дробышева, Е.Г. Свиридов, А.Ю. Дробышев // *Ортодонтия.* – 2017. – № 4 (80). – С. 11–21.

28. Дробышев, А.Ю. Основы ортогнатической хирургии / А.Ю. Дробышев, Г. Анастасов. – Москва: Печатный город, 2007. – 55 с.

29. Дробышева, Н.С. Взаимосвязь аномалии окклюзии зубных рядов и дисфункции височно-нижнечелюстного сустава / Дробышева Н.С., Мирзоев М.Л., Дробышев А.Ю. // *Ортодонтия.* – 2019. – № 2 (86).

30. Дробышева, Н.С. Комбинированное лечение скелетных форм дистальной окклюзии / Дробышева Н.С., Слабковская А.Б., Дробышев А.Ю. // *Ортодонтия.* – 2007. – № 3 (39). – С. 62.

31. Дробышева, Н.С. Комплексный подход к лечению пациентов с дисфункцией височно-нижнечелюстного сустава / Дробышева Н.С., Велиханова Н.Р., Дробышев А.Ю. // Ортодонтия. – 2019. – № 2 (86).

32. Дробышева, Н.С. Особенности строения челюстно-лицевой области у пациентов с гнатической формой мезиальной окклюзии зубных рядов / Н.С. Дробышева, А.Б. Маллаева, Н.А. Каминский-Дворжецкий // Ортодонтия. – 2019. - № 2 (86). – С. 43.

33. Дробышева, Н.С. Пародонтологическое лечение ортодонтических пациентов / Дробышева Н.С., Картон Е.А., Дробышев А.Ю. // Ортодонтия. – 2019. – № 2 (86).

34. Дробышева, Н.С. Позиционирование головы пациента при изучении височно-нижнечелюстных суставов на срезах конусно-лучевой компьютерной томографии / Дробышева Н.С., Каминский-Дворжецкий Н.А., Дробышев А.Ю. // Ортодонтия. – 2019. – № 2 (86). – С. 39-45.

35. Дыбов, А.М. Междисциплинарная реабилитация пациентов с врожденными и приобретенными челюстно-лицевыми деформациями на основе протокола трехмерного компьютерного планирования: дисс. ... докт.мед.наук / Андрей Михайлович Дыбов. - М., 2021. - 338 с.

36. Жармагамбетова, А.Г. Лечение дистального прикуса у детей / Жармагамбетова А.Г. // Стоматология. – 2016. – Т. 95, № 3. – С. 49–51.

37. Жмырко, И.Н. Обоснование применения комбинированного лечения у пациентов с аномалиями окклюзии зубных рядов, обусловленными нарушением развития челюстей: дис. ... канд. мед наук: 3.1.7 / Жмырко Ирина Николаевна – Москва, 2021. – 149 с.

38. Жмырко, И.Н. Описание индекса выраженности зубочелюстной аномалии для пациентов с гнатической формой мезиальной окклюзии / И.Н. Жмырко, Н.С. Дробышева // Российский стоматологический журнал. – 2020. – Т. 24, № 1. – С. 11–18.

39. Жмырко, И.Н. Описание Индекса выраженности зубочелюстной аномалии для пациентов с гнатическими формами дистальной окклюзии / Жмырко И.Н. // Эндодонтия today. – 2020. – № 2. – С. 22-28.

40. Заявка № 2025139299 Способ оценки взаимного расположения элементов височно-нижнечелюстного сустава при анализе компьютерных программ / А.Г. Надточий, С.В. Текучева, Ф.Ф. Лосев, А. Скальская

41. Иванов, А.С. Основы ортодонтии / Иванов А.С., Лесит А.И., Солдатова Л.Н. - Спецлит. – 2017. – 224 с.

42. Иванова, О.П. Антропометрические методы диагностики зубочелюстных аномалий. Геометрически-графическая репродукция

индивидуальной формы зубных дуг: учебное пособие. / Иванова О.П., Вологина М.В. – Волгоград: Изд-во ВолгГМУ, 2017. – 92 с.

43. Иванова, О.П. Антропометрические методы диагностики зубочелюстных аномалий. Геометрически-графическая репродукция зубных дуг / Иванова О.П., Вологина М.В. // Современные проблемы науки и образования. – 2018. – № 4. – С. 135.

44. Иванова, С.Е. Планирование и оценка результатов ортодонтического-хирургического лечения пациентов с деформациями челюстей: дисс. ... канд. мед. наук: 14.00.21 / Светлана Евгеньевна Иванова.- М., 2005. – 195 с.

45. Ильина-Маркосян, Л.В. Значение раннего ортопедического лечения и предупреждения стойких деформаций прикуса и лица: автореф. дисс.докт. мед. наук /Ильина-Маркосян Людмила Владимировна. - М. - 1961. - 23 с.

46. Ишмурзин, П.В. Оценка эстетики профиля назолабиального комплекса у лиц молодого возраста / Ишмурзин П.В., Конькова А.М. // Проблемы стоматологии. – 2018. – Т. 14. – № 1. – С. 106–109.

47. Каламкаров, Х.А. Деформации лицевого черепа / Каламкаров Х.А., Рабухина Н.А., Безруков В.М. - М., 1981. - 239 с.

48. Кастаньо, Е.Б. Исследование функционального состояния мышц челюстно-лицевой области у пациентов с дистальной окклюзией зубных рядов, обусловленной аномалиями челюстей, с использованием современных методов диагностики / Кастаньо Е.Б., Дробышева Н.С., Климова Т.В., Жмырко И.Н. // Ортодонтия. – 2019. – № 2 (86).- С. 12-18.

49. Коваленко, А.В. Оценка восприятия эстетики лица пациентами с гнатическими формами аномалий окклюзии до и после комбинированного лечения: автореф. дис. ... канд. мед. наук: 14.01.14/ Коваленко Александра Валерьевна. – М., 2011. – 25 с.

50. Козлова, А.В. Особенности диагностики и планирования хирургического лечения пациентов с гнатической формой мезиальной окклюзии: автореферат дисс. ...канд. мед. наук: 14.01.14 / Козлова Анастасия Викторовна. – 2013. – 24 с.

51. Козлова, А.В. Цефалометрический анализ мягких тканей лица по Arnett и соавт. (1999) мужчин и женщин с гармоничными лицами славянского восточноевропейского антропологического типа / Козлова А.В. Дробышева Н.С., Слабковская А.Б., Дробышев А.Ю. // Ортодонтия. – 2014. – № 3. – С. 2–9.

52. Козлова, М.В. Электромиографическая характеристика жевательных мышц у пациентов со скелетными формами зубочелюстных аномалий / Козлова М.В., Слабковская А.Б., Дробышева Н.С. // *Российский стоматологический журнал*. – 2020. - №3. – С. 158-163.

53. Комплексная оценка морфофункционального состояния височно-нижнечелюстного сустава у лиц с нормальной окклюзией по данным современных методов диагностики / Текучева С.В., Афанасьева Я.И., Ермольев С.Н., Персин Л.С. // Институт стоматологии. - 2023. - № 1 (98). - С. 51-53.

54. Комплексная оценка состояния зубочелюстной системы у пациентов с заболеваниями височно-нижнечелюстного сустава с использованием авторского протокола исследования: Клинические случаи / Текучева С.В., Базилян Э.А., Афанасьева Я.И., Постников М.А. // Кубанский научный медицинский вестник. - 2023. - № 4. - С. 110-136.

55. Кулагина, Е.В. Объем и последовательность ортодонтического лечения при костно-реконструктивном исправлении зубочелюстных аномалий и деформаций: дисс. ... канд. мед. наук: 14.00.21 / Кулагина Екатерина Владимировна. – СПб., 2006. – 120 с.

56. Кулова, А.А. Применение коллагенового матрикса при устранении генерализованных рецессий десны / Кулова А.А., Ведяева А.П., Джериева В.Г., Текучева С.В. // Стоматология. - 2025. - Т. 104, № 3. - С. 33-38.

57. Куракин, К.А. Этнические, возрастные и гендерные особенности при проведении ортогнатических операций / К.А. Куракин, А.Ю. Дробышев, Е.А. Лонская, Н.С. Дробышева // Сборник тезисов VI Национального конгресса «Пластическая хирургия. Эстетическая медицина и косметология», 10–12 декабря 2017 г. – Москва, 2017. – С. 56–57.

58. Лечение взрослых пациентов с верхней микрогнатией после ряда операций по поводу односторонней расщелины губы и неба. Часть 1 / Чкадуа Т.З., Согачев Г.В., Чолокава Т.Д., Текучева С.В. и др. // Стоматология. - 2025. - Т. 104, № 3. - С. 26-32.

59. Маллаева, А.Б. Морфометрические особенности строения челюстно-лицевой области у пациентов с гнатической формой мезиальной окклюзии: дисс. ... канд.мед. наук: 3.1.7. / Маллаева Арлетта Бекхановна. – М., 2021. – 145 с.

60. Маллаева, А.Б. Особенности строения альвеолярного отростка у пациентов с гнатической формой мезиальной окклюзии / А.Б. Маллаева, Н.С. Дробышева // Эндодонтия today. – 2020. - №3. – С. 15-25.

61. Маллаева, А.Б. Особенности строения височно-нижнечелюстного сустава у пациентов с гнатической формой мезиальной окклюзии / А.Б. Маллаева, Н.С. Дробышева // Российский стоматологический журнал. – 2020. - №5. – С. 301-305.

62. Марков, Н.М. Оценка адаптационных механизмов нейро-мышечной системы зубочелюстного комплекса при ортодонтическом лечении дистальной

окклюзии: автореф. дисс. ...докт.мед.наук: 14.01.14 / Николай Михайлович Марков - М., 2019. – 51 с.

62. Меграбян, О.А. Особенности лечения пациентов с дистальной окклюзией зубных рядов в различные возрастные периоды (обзор литературы) / Меграбян О.А., Конькова А.М. // Acta Medica Eurasica. – 2018. – № 4. – С. 19-29.

63. Мержвинская, Е.И. Совмещение традиционных и современных методов диагностики в ортодонтической практике на примере пациента с выраженной зубочелюстной аномалией / Е.И. Мержвинская, А.Б. Слабковская, Н.С. Дробышева, Л.С. Персин // Интер-медикал. – 2015. – № IV (10). – С. 53–58.

64. Митрошенков, П.П. Виртуальное планирование и интраоперационный контроль с использованием систем компьютерной навигации в ортогнатической хирургии / Митрошенков П.П., Дробышев А.Ю., Михайлюков В.М. // Стоматология. – 2020. - №5. – С. 38-45.

65. Морфофункциональная оценка состояния зубочелюстной системы у пациентов с дистальной окклюзией по данным ультразвуковых методов исследования / Текучёва С.В., Фокина Н.М., Врачева Д.Н., Ермольев С.Н. // Ортодонтия. - 2023. - № 3 (103). - С. 86-87.

66. Морфофункциональное состояние внчс у лиц с нормальной окклюзией по данным современных методов диагностики / Текучёва С.В., Персин Л.С., Ермольев С.Н., Афанасьева Я.И. и др. //Труды научно-исследовательского института организации здравоохранения и медицинского менеджмента; под общей редакцией Е.И. Аксеновой. - Москва, 2022. - С. 156-164.

67. Мягкова, Н.В. Алгоритм комбинированного ортодонто-хирургического лечения скелетных форм зубочелюстных аномалий у взрослых пациентов / Н.В. Мягкова, Е.С. Бимбас // Проблемы стоматологии. – 2014. - №6. – С. 40-43.

68. Мягкова, Н.В. Выбор метода лечения на основе количественной оценки тяжести мезиальной окклюзии / Мягкова, Н.В., Бельдягина М.М. // Проблемы стоматологии. – 2013. – № 4. – С. 67-71.

69. Набиев, Н.В. Электромиография у пациентов с дистальной окклюзией зубных рядов / Набиев, Н.В., Климова Т.В., Новикова Е.Н. // Бюллетень медицинских интернет-конференций. – 2013. – Т. 3, № 9. – С. 1091.

70. Надточий, А.Г. Оценка взаимного расположения элементов височно-нижнечелюстного сустава при анализе компьютерных томограмм / Надточий А.Г., Текучева С.В., Лосев Ф.Ф., Скальская А.А. // Стоматология. – 2026. - №1. – С. 58-67.

71. Овчинникова, Н.В. Ортодонтическая реабилитация в комплексном лечении взрослых пациентов с сочетанными деформациями челюстей: дис. ... канд. мед.наук: 14.00.21/ Наталья Владимировна Овчинникова. – М., 2003. – 138 с.
72. Ортодонтия. Диагностика и лечение зубочелюстно-лицевых аномалий и деформаций: учебник / Персин Л.С., Васильев А.Ю., Алимова М.Я., Гиева Ю.А. и др. - Москва, 2015.
73. Ортодонтия. Национальное руководство в двух томах: Том 1. Диагностика зубочелюстных аномалий / Абрамова М.Я., Алимова А.В., Гиева Ю.А., Гордина Е.С. и др. - Москва: ГЕОТАР-Медиа, 2020.
74. Осложнения хирургического лечения пациентов с врожденными аномалиями челюстей: клиническая характеристика и профилактика / В. А. Сорвин, А. Ю. Дробышев, К. А. Куракин и др. // Пластическая хирургия и эстетическая медицина. – 2020. – № 2. – С. 21-32.
75. Оценка результатов ортодонтического лечения пациентов со скелетными аномалиями по сагиттали на основании конусно-лучевой компьютерной томографии / Ф.Ф. Лосев, Н.В. Попова, О.И. Арсенина и др.// Клиническая стоматология. - 2022. - №1. - С. 46-49.
76. Оценка точности послеоперационных результатов виртуального планирования хирургического этапа комбинированного лечения пациентов с гнатическими формами патологии прикуса / Колчин, С.А., Дробышев А.Ю., Куракин К.А., Дибиров Т.М. и др. // Head and neck. Голова и шея. Российский журнал. – 2024. - №2. – С. 31–38.
77. Оценка эстетики лица с использованием компьютерной версии / Каплан Д.Б., Персин Л.С., Текучева С.В., Рожкова К.И. и др. // Ортодонтия. - 2021. - № 2 (94). - С. 22-30.
78. Оценка эстетики лица у пациентов с мезиальной окклюзией с применением компьютерной программы "Лэдан" / Текучёва С.В., Персин Л.С., Садек Д.А., Рамазанова П.А. и др. // Ортодонтия. - 2023. - № 2 (102). - С. 4-13.
79. Пат. № 2765775 РФ, МПК А61В 8/00 02.02.2022. Способ количественной оценки ультразвуковых изображений мышц челюстно-лицевой области при функциональных пробах / Текучева С.В., Ермольев С.Н., Персин Л.С., Янушевич О.О., Постников М.А.; заявитель и патентообладатель ФГБОУ ВО «МГМСУ», № 2020126291, заявл. от 06.08.2020, опубл. 02.02.2022. – Бюлл. №4.
80. Пат. № 2835468 РФ., МПК А 61 С 7/00, А61В 17/60, А61В 17/68, А61В 17/80 Способ комбинированного расширения верхней челюсти у взрослых пациентов с сужением верхней челюсти вследствие расщелины губы и неба / Лосев Ф.Ф., Чкадуа Т.З., Текучева С.В., Чолокава Т.Д., Согачев Г.В., Хамхоев

М.Б., заявитель и патентообладатель ФГБУ НМИЦ «ЦНИИС и ЧЛХ», № 2024107249, заявл. 20.03.2024, опубл. 25.02.2025. – Бюлл. №6.

81. Пат. № 2855915 РФ, МПК А61С 7/00 Способ планирования омплексного ортодонтно-хирургического лечения / Ф.Ф. Лосев, С.В. Текучева, Т.Д. Чолокава, П.Н. Гелетин, Е.С. Скоробогатько; заявитель и патентообладатель ФГБУ НМИЦ «ЦНИИС и ЧЛХ», № 2025114079, заявл. 26.05.2025, опубл. 04.02.2026. – Бюлл. №4.

82. Пат. №2798376 РФ, А61В 5/00, А61В 6/00, А61В 8/00, А61С 7/00 Способ комплексной морфофункциональной диагностики зубочелюстной системы у пациентов с аномалиями окклюзии в сочетании с расстройствами височно-нижнечелюстных суставов / Текучева С.В., Персин Л.С., Постников М.А., Афанасьева Я.И., Попова И.В. и др.; ООО «Центр комплексной стоматологии», № 2021132443 от 12.01.2022, опубл. 21.06.2023. – Бюлл. №18.

83. Персин Л.С. Стоматология детского возраста: в 3 ч. Ч. 3. Ортодонтия: учебник / Л.С. Персин и др. – М.: ГЭОТАР-Медиа, 2016. – 240 с.

84. Персин, Л.С. Ортодонтия. Диагностика и лечение зубочелюстно-лицевых аномалий и деформаций: учебник / Л.С. Персин и др. – М.: ГЭОТАР-Медиа, 2016. – 640 с.

85. Персин, Л.С. Ортодонтия. Диагностика и лечение зубочелюстнолицевых аномалий и деформаций: учебник / Л.С. Персин, М.А. Колесов, М.Я. Алимова. – Москва: ГЭОТАР-Медиа, 2015. – 640 с.

86. Персин, Л.С. Ортодонтия. Современные методы диагностики аномалий зубов, зубных рядов и окклюзии / Л.С. Персин. – М.: ГЭОТАР-Медиа, 2017. – 160 с.

87. Персин, Л.С. Современные методы диагностики аномалий зубных рядов и окклюзии: учебное пособие по ортодонтии / Л.С. Персин, А.Б. Слабковская, Е.А. Картон, Н.С. Дробышева, С.В. Текучева и др. – Москва, 2017. – 62 с.

88. Планирование комплексного ортодонтно-хирургического лечения пациентов со скелетными формами зубочелюстных аномалий на основе применения цифровых 3D-технологий /Текучева С.В., Лосев Ф.Ф., Чолокава Т.Д., Скоробогатько Е.С., Клипа И.А. и др. // Стоматология. - 2025. - №6-2. - С. 84-93.

89. Погабало, И.В. Коррекция функционального состояния жевательных мышц у пациентов с сочетанными деформациями челюстей в процессе комплексного лечения / И.В. Погабало, И.Е. Гусева, Е.К. Кречина, О.П. Погонина// Материалы XXI ежегодного научного форума «Стоматология-2019». - 2019. - С. 86.

90. Погабало, И.В. Нарушения функционального состояния жевательных мышц и постуральной системы у пациентов с сочетанными деформациями челюстей и их реабилитация / И.В. Погабало // Материалы Международного конгресса «Реабилитация и санаторно-курортное лечение». – М., 2011. – С.80.

91. Погабало, И.В. Стабилометрические параметры вертикальной устойчивости здоровых добровольцев при искусственном кратковременном изменении прикуса / И.В. Погабало, О.В. Кубряк, С.С. Гроховский, И.С. Копецкий // Стоматология. - 2014. - №5. - С. 65-68.

92. Польша, Л.В. Диагностика эстетических нарушений и планирование комплексной реабилитации пациентов с сагиттальными аномалиями окклюзии: дисс. ... докт. мед. наук: 14.00.21 / Людмила Владимировна Польша. – Москва, 2009. – 353 с.

93. Применение компьютерных технологий для оценки состояния зубочелюстной системы. Руководство для врачей / Агафонова И.С., Афанасьева Я.И., Айвазова Р.А., Белоусова М.А. и др. - Москва, 2024.

94. Применение поверхностной электромиографии у пациентов с функциональными нарушениями в жевательных мышцах / Лосев Ф.Ф., Гелетин П.Н., Котик М.С., Текучева С.В. и др. // Стоматология. - 2025. - Т. 104. № 4. - С. 83-87.

95. Проффит, У.Р. Современная ортодонтия / У.Р. Проффит; пер. с англ.; под ред. Л.С. Персина. – М.: МЕДпресс-информ, 2015. – 559 с.

96. Рабухина, Н.А. О некоторых ошибках при телерентгенографическом исследовании в ортодонтии / Рабухина Н.А., Каламкаров Х.А., Титов В.И. // Стоматология.- 1977. - №1 - С. 73-76.

97. Рубникович, С.П. Сравнительная характеристика антропометрических методов диагностики у пациентов с постоянным прикусом / Рубникович С.П., Корхова Н.В., Тимчук Я.И // Вестник ВГМУ. – 2017. – Т. 16, № 5. – С. 105– 111.

98. Самсонов, А.В. Ускоренный аппаратурно- хирургический способ лечения больных с макрогнатией нижней челюсти. автореф. дисс. ... канд. мед. наук: 14.00.21 / Сасонов А.В. – Калинин, 1990. - 15 с.

99. Свидетельство о регистрации программы для ЭВМ RU 2023612589 Promvision / Текучёва С.В., Фокина А.А., Врачева Д.Н., Маркин А.С., Ермольев С.Н., Персин Л.С. и др., № 2022686747, заявл. 30.12.2022, опубл. 06.02.2023.

100. Свидетельство о регистрации программы для ЭВМ RU 2023682419 PROTRACK / Текучева С.В., Ермольев С.Н., Афанасьева Я.И., Кузнецов М.И., Лыга В.Н., № 2023681378, заявл. 17.10.2023, опубл. 25.10.2023.

101. Свиридов, Е.Г. Особенности диагностики и лечения пациентов с асимметричными деформациями челюстей, обусловленными гипо- и

гиперплазией мышечного отростка нижней челюсти: дисс. канд. мед.наук; 14.01.14 / Свиридов Евгений Геннадьевич. – Москва, 2014. – 205 с.

102. Слабковская, А.Б. Трансверсальные аномалии окклюзии. Этиология, клиника, диагностика, лечение: диссертация на соискание ученой степени доктора медицинских наук / Слабковская А.Б. – Москва: МГМСУ, 2008. – С. 404.

103. Слабковская, А.Б. Функциональное состояние жевательных мышц у пациентов со скелетными формами зубочелюстных аномалий / Слабковская А.Б., Мерзвинская Е.И., Дробышева Н.С., Персин Л.С. // *Ортодонтия*. – 2021. - №1. – Р. 15-21.

104. Сорвин, В.А. Анализ и профилактика интраоперационных осложнений хирургического лечения пациентов с врожденными аномалиями челюстей/ В.А. Сорвин, А.Ю. Дробышев, К.А. Куракин, И.А. Клипа, Д.В. Шипика // *Head and Neck/ Голова и шея*. Российское издание. Журнал Общероссийской общественной организации Федерация специалистов по лечению заболеваний головы и шеи. – 2019. - №4. – С. 42-52.

105. Сравнительный анализ результатов антропометрии зубов, выполненной на гипсовых и цифровых 3D-моделях зубных рядов / Текучева С.В., Оборотистов Н.Ю., Персин Л.С., Чантурия Н.З. и др. // *Ортодонтия*. - 2015. - № 4 (72). - С. 17-29.

106. Структура патологии зубочелюстной системы пациентов, направляемых врачом-стоматологом на ортодонтическое лечение / Шакирова Р.Р., Николаева Е.В., Гильмутдинова Л.В., Абанина И.Н. и др. // *Вятский медицинский вестник*. – 2019. - № 2(62). – С. 73-76.

107. Текучева, С.В. Особенности морфофункционального состояния височно-нижнечелюстного сустава у лиц с нормальной окклюзией при различных типах роста лицевого черепа / Текучева С.В., Афанасьева Я.И., Ермольев С.Н. // *Ортодонтия*. - 2023. - № 3 (103). - С. 84-85.

108. Текучева, С.В. Оценка результатов макроскопического и ультразвукового исследования жевательных мышц / Текучева С.В., Ермольев С.Н., Гуланиян Г.А. // *Ортодонтия*. - 2021. - № 3 (95). - С. 79-80.

109. Текучева, С.В. Применение ультразвукового исследования в комплексной диагностике зубочелюстной системы у пациентов с дисфункцией височно-нижнечелюстных суставов / Текучева С.В., Афанасьева Я.И., Ермольев С.Н., Григориади Е.С. // *Ортодонтия*. - 2023. - № 3 (103). - С. 15-25.

110. Текучева, С.В. Разработка стоматологического типодонта для совершенствования мануальных навыков в ортодонтии / Текучева С.В., Румянцев И.Д., Каплан Д.Б., Румянцев С.Д. // *Ортодонтия*. - 2023. - № 3 (103). - С. 86.

111. Текучева, С.В. Современные методы оценки морфофункционального состояния зубочелюстной системы у пациентов с аномалиями окклюзии и заболеваниями височно-нижнечелюстного сустава / Текучева С.В., Персин Л.С., Ермольев С.Н., Афанасьева Я.И. // Ортодонтия. - 2022. - № 3 (99). - С. 75.

112. Текучева, С.В. Сравнительная характеристика аксиографического и ультразвукового методов регистрации траектории движения нижней челюсти / Текучева С.В., Афанасьева Я.И., Румянцев И.Д. // Российская стоматология. - 2023. - Т. 16, № 2. - С. 81.

113. Текучева, С.В. Сравнительный анализ результатов антропометрии зубов, выполненной на гипсовых и цифровых 3D-моделях зубных рядов / Текучева С.В., Оборотистов Н.Ю., Персин Л.С. // Ортодонтия. - 2015. - № 4. - С. 17-29.

114. Текучева, С.В. Стандарт Эджуайз: Философия Твида - Меррифильда; диагностика и планирование ортодонтического лечения / Текучева С.В. // Ортодонтия. - 2018. - № 4 (84). - С. 20-27.

115. Текучева, С.В. Стандарт эджуайз: философия Твида - Меррифильда; техника направленных сил / Текучева С.В. // Ортодонтия. - 2019. - № 1 (85). - С. 42-50.

116. Текучева, С.В. Структурно-функциональная оценка жевательных мышц у лиц с различным типом роста лицевого черепа по данным современных методов исследования / Текучева С.В., Врачева Д.Н., Фокина А.А., Ермольев С.Н. // Теоретические и практические вопросы клинической стоматологии. Материалы Всероссийской научно-практической конференции. - Санкт-Петербург, 2023. - С. 103-106.

117. Текучева, С.В. Структурно-функциональная оценка жевательных мышц у лиц с различным типом роста лицевого черепа по данным современных методов исследования / Текучёва С.В., Врачева Д.Н., Фокина Н.М., Ермольев С.Н. // Ортодонтия. - 2023. - № 3 (103). - С. 85.

118. Текучева, С.В. Цифровые технологии в ортодонтии: программный комплекс ORTHO3D / Текучева С.В., Оборотистов Н.Ю., Порохин А.Ю. // Ортодонтия. - 2018. - № 2 (82). - С. 12-26.

119. Трёхмерная оценка стабильности перемещения зубочелюстных фрагментов верхней челюсти после хирургически-ассистированного расширения верхней челюсти у взрослых пациентов с расщелиной губы и неба / Чкадуа Т.З., Согачев Г.В., Чолокава Т.Д., Текучева С.В. и др. // Стоматология. - 2025. Т. 104, № 2. - С. 48-53.

120. Трёхмерное планирование ортогнатических операций: современные возможности и перспективы / Дробышев А.Ю., Акопян Г.А., Айрапетов Г.А., и др. // Стоматология. 2021. - №4. – С. 71-76.

121. Ультразвуковая анатомия жевательных мышц. (Экспериментально-клиническое исследование) / Текучева С.В., Лосев Ф.Ф., Надточий А.Г., Ермольев С.Н. и др. // Стоматология. - 2023. - № 6-2. - С. 44-50.

122. Ультразвуковая оценка жевательных мышц при различных типах роста лицевого черепа / Текучева С.В., Ермольев С.Н., Зайлер А.С., Персин Л.С. и др. // Стоматология. - 2021. - № 3. - С. 72-81.

123. Ультразвуковая оценка структуры жевательных мышц на фоне купирования миофасциального болевого синдрома / В.В. Шкарин, А.Г. Павлова-Адамович, Е.Н. Ярыгина, Ю.А. Македонова и др. // Эндодонтия today. - 2024. - №3. – С. 288-294.

124. Фадеев, Р.А. Современные методы диагностики, планирования и прогнозирования лечения взрослых больных с зубочелюстными аномалиями: автореф. дисс. ... докт. мед. наук: 14.00.21 / Р.А. Фадеев. – Санкт-Петербург, 2001. – 36 с.

125. Флис, П.С. Необходимость устранения этиологических факторов при лечении дистального прикуса путем взаимодействия с врачами смежных специальностей / Флис П.С., Касьяненко Д.М. // Современная стоматология. – 2014. – № 1 (58).

126. Хватова, В.А. Функциональная окклюзия в норме и патологии / В.А. Хватова. - М., 1993.- 159 с.

127. Хирургические методы лечения взрослых пациентов с верхней микрогнатией вследствие расщелины губы и неба / Чкадуа Т.З., Согачев Г.В., Чолокава Т.Д., Текучева С.В., Хамхоев М.Б. // Стоматология. - 2024. - № 6-2. - С. 64-69.

128. Хирургическое расширение верхней челюсти: ретроспективный анализ осложнений за 2012 -2017 гг. / Дробышев А.Ю., Клипа И.А., Дробышева Н.С., Ильина Н.В., Жмырко И.Н. // Медицинские новости Грузии. – 2021. - № 2. - С. 58 – 62.

129. Хорошилкина, Ф.Я. Ортодонтия. Дефекты зубов, зубных рядов, аномалии прикуса, морфофункциональные нарушения в челюстно-лицевой области и их комплексное лечение / Ф.Я. Хорошилкина. – 2–е изд. – М.: Медицинское информационное агентство, 2010. – 592 с.

130. Царик, В.С. Морфометрические изменения зубочелюстно-лицевых параметров при комплексном (ортодонтическом и хирургическом) лечении

пациентов с мезиальной окклюзией: дисс. ... канд. мед. наук: 14.00.21 / Весела Стоичкова Царик. – Москва, 2008. – 160 с.

131. Чепик, Е.А. Комплексная реабилитация пациентов с сочетанной формой мезиальной окклюзии: дисс. ... канд. мед. наук: 14.00.21 / Екатерина Александровна Чепик. – Москва, 2008. – 164 с.

132. Ягублу, И.А. Оценка движений нижней челюсти и состояния осанки пациентов 12–15 лет с сагиттальными аномалиями окклюзии: дисс. ... канд. мед. наук: 14.01.14 / Ягублу Исмаил Абульфат. – Москва, 2016. – 125 с.

133. A combined Surgical-Orthodontic treatment in skeletal Class II malocclusion Patients / D. Baruah, A. Rekhawat, K. Cariappa, P. Shetty et al. // The Journal of Dental Panacea. – 2021. – Vol. 3(2). – P. 82–87.

134. A new 3Dtool for assessing the accuracy of Bimaxillary surgery: the Ortho Gnathic Analyser / Baan F., Liebrechts J., Xi T., Schreurs R. et al. // PLoS One. – 2016. - №11.

135. A nomogram prediction of gingival recession in mandibular incisors of orthodontic-orthognathic treated skeletal class III malocclusion with or without PAOO: A retrospective cohort study / Liu J., Xu X., Yang H.F., Han Y. et al. // Heliyon. – 2024. - №10(13).

136. A novel technique that protects the lips during orthognathic surgery / Kamochi H. et al. // Plastic and Reconstructive Surgery Global Open. – 2016. – Vol. 4, № 11.

137. A study of Class III treatment: orthodontic camouflage vs orthognathic surgery / Georgalis K. et al. // Australian orthodontic journal. – 2015. – Vol. 31, № 2. – P. 138.

138. A transdisciplinary approach for treatment of class III malocclusion / Jain S. et al. // Journal of Family Medicine and Primary Care. – 2019. – Vol. 8, № 10. – P. 3412.

139. ABO initial certification examination: official announcement of criteria / Dykhouse V.J., Moffitt A.H., Grubb J.E. et al. // Am J Orthod Dentofacial Orthop. – 2006. – Vol. 130, № 5. – P. 662–665.

140. Accuracy and reliability of a three-dimensional superimposition method for maxillary jaws and dentition. / Yang Q., Cai M., Hao S., Chu H. et al. // BMC Oral Health. – 2025. – Vol. 25(1). – P. 1281.

141. Accuracy evaluation of a three-dimensional face reconstruction model based on the hifi3d face model and clinical two-dimensional images / Xiao Y., Mao B., Nie J., Liu J. et al. // Bioengineering (Basel). – 2024. - №11(12). – P.1174.

142. Accuracy of computer-assisted design and manufactured three-dimensional device for condylar positioning in mandibular bilateral sagittal split

osteotomy (clinical trial) / Habib A.A., Sharara A.A., Yousry T.N., Swidan A.O. et al // Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol. – 2024. – Vol. 137(4). – P. 331-337.

143. Accuracy of splint vs splintless technique for virtually planned orthognathic surgery: A voxel-based three-dimensional analysis / Karanxha L, Rossi D, Hamanaka R, et al. // Journal of Cranio-Maxillofacial Surgery. – 2021. – Vol. 49(1). – P. 1-8.

144. Accuracy of virtual adjustment in modeling treatment outcomes in orthodontic practice: a systematic review / B. Serevisai, R. Chintawalakorn, P.Santivong, T. Nakornnoi et al. //BDJ Open. – 2023. - № 9(1). – P. 41.

145. Accuracy of virtual surgical planning in two-jaw orthognathic surgery: comparison of planned and actual results / Zhang N., Liu S., Hu Z., Hu J. et al. // Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology and Oral Radiology. – 2016. – Vol. 122, №2. – P. 143-51.

146. Accuracy of virtual surgical planning of orthognathic surgery with aid of CAD/CAMfabricated surgical splint-a novel 3D analyzing algorithm / Chin S.J., Wilde F., Neuhaus M., Schramm A., Gellrich N.C. et al. // J CraniomaxillofacSurg. – 2017. – Vol. 45. – P. 1962-1970.

147. Ahn, J. Transverse dental compensation in relation to sagittal and transverse skeletal discrepancies in skeletal Class III patients / J. Ahn, S. Kim, J. Lee, Gh. Chung, K. Kim // Am J Orthod Dentofacial Orthop. – 2017. – Vol.151. – P.148–156.

148. Ainsworth, N.J. The incidence of dental disease in the children. In Medical Research Council: Reports of the committee for investigation of dental disease / N.J. Ainsworth // Special Report Series. – 1925. – № 97.

149. Alexander, R.G. The Alexander discipline / Alexander, R.G. - Edited by Gary a Engel M.S. - Ormco Corporation, 1986.

150. Alkhayer, A. Accuracy of virtual planning in orthognathic surgery: a systematic review / Alkhayer A, Piffkó J, Lippold C, Segatto E. // Head & Face Medicine. – 2020. – Vol. 16(1). – P. 1-9.

151. Almadi, D. Reproducibility and reliability of digital occlusal planning for orthognathic surgery /Almadi D., Benington P, Ju X, Ayoub A. // Int J Oral Maxillofac Surg. - 2023. – Vol. 52(10). – P. 1074-1080.

152. Analog to Digital Diagnosis and Planning in Orthognathic Surgery: A Narrative Review / Shetty S.K, et al. // Cureus. – 2025. – Vol. 17(3).

153. Andrewes, L.F. The six keys to normal okklusion / Andrewes L.F. // Amer. J. Orthodont. - 1972. - Vol. 61. - P. 297.

154. Application of the Digital Articulator in Surgery-First Approach / Biao Y., Jung J.A., Kook M.S. et al. // J Craniofac Surg. – 2021. – Vol.32(6). – P. 524-526.

155. Baan, F. Virtual setup in orthodontics: planning and evaluation / Baan F. // *Clinical oral investigations*. – 2019. – P. 1–9.
156. Baccetti, T. Gender differences in Class III malocclusion / T. Baccetti, B.C. Reyes, J.A. Mc Namara // *Angle Orthod.* – 2005. – Vol. 75. – P. 510–520.
157. Bell, W.N. *Surgical correction of dentofacial deformities : New concepts*. - Philadelphia 1985. - 784.
158. Bishara, S.E. Dental and facial asymmetries: a review / S.E. Bishara, P.S. Burkey, J.G. Kharouf // *Angle Orthod.* – 1994. – Vol. 64. – P. 89–98.
159. Bishara, S.E. Dental and facial asymmetries: a review / S.E. Bishara, P.S. Burkey, J.G. Kharouf // *Angle Orthod.* – 1994. – Vol. 64. – P. 105–112.
160. Bjork, A. *The face in profile: anthropological x-ray investigation of Swedish children and conscripts* / A. Bjork. – Lund: Berlingska Boktryckeriet, 1947. – P. 40-58.
161. Breuel, W. Genetic stretching factors in masseter muscle after orthognathic surgery / W. Breuel, M. Krause, M. Schneider // *The British Journal of Oral & Maxillofacial Surgery*. – 2013. – Vol. 51. – № 6. – P. 530-535.
162. Brunharo, I.H.V.P. Surgical treatment of dental and skeletal Class III malocclusion / I.H.V.P. Brunharo // *Dental Press Journal of Orthodontics*. – 2013. – Vol. 18, № 1. – P. 143-149.
163. Bryant, R.A. Orthodontics and orthognathic surgery: Adjuncts to restorative and periodontal therapy / Bryant R.A., McNeil R.W., West R.A. // *J. Amer. Dent. Ass.* - 1984. - Vol. 108, № 1. - P. 33-40.
164. Burms, N. Class III camouflage treatment: What are the limits / N. Burms, D. Musich, Ch. Martin, P. Ngan // *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* – 2010. – Vol. 137.
165. Can we justify combined orthodontic and orthognathic surgery treatment? / Good J. et al. // *Orthodontic Update*. – 2018. – Vol. 11, № 3. – P. 100–104.
166. Chen, Z. A meta-analysis and systematic review comparing the effectiveness of traditional and virtual surgical planning for orthognathic surgery: based on randomized clinical trials / Chen Z, Mo S, Fan X, You Y. // *Journal of Oral and Maxillofacial Surgery*. - 2021. – Vol. 79(2). – P. 471.
167. Chitra, P. Photogrammetry as a tool to aid orthodontic diagnosis and treatment assessment / Chitra P., Prakash A. // *Journal of Contemporary Orthodontics*. – 2017. – Vol. 1, № 2. – P. 46–51.
168. Class III Malocclusion Surgical-Orthodontic Treatment / B.A. Furquim, K.M.S. de Freitas, G. Janson et al. // *Case Reports in Dentistry*. – 2014. – Vol. 2014.
169. Comparison of the accuracy of maxillary position between conventional model surgery and virtual surgical planning / Ritto F.G, Schmitt A.R.M., Pimentel T., Canellas J.V. et al. // *Int J Oral Maxillofac Surg*. – 2017. – Vol. 47. – P. 160-166.

170. Conformity of the Actual to the Planned Result in Orthognathic Surgery / A. Wilson, K. Gabrick, R. Wu et al. // *Plastic and reconstructive surgery*. – 2019. – Vol. 144, № 1. – P. 89–97.
171. De Gijt, J.P. Complications in mandibular midline distraction / J.P. De Gijt, A. Gül, E.B. Wolvius, K.G.H. van der Wal // *Cranio Maxillofac Trauma Re- constr.* - 2017. - Vol. 10(3). - P. 204- 207.
172. Deep learning for spatio-temporal localization of temporomandibular joint in ultrasound videos / Belikova K., Dylov D.V., Zailer A., Tekucheva S.V., Ermoljev S.N. // *Proceedings - 2021 IEEE International Conference on Bioinformatics and Biomedicine, BIBM 2021*. - P. 1257-1261.
173. Dehghani, M. Efficiency and duration of orthodontic/orthognathic surgery treatment / Dehghani M., Fazeli F., Sattarzadeh A.P. // *Journal of Craniofacial Surgery*. – 2017. – Vol. 28, № 8. – P. 1997–2000.
174. Dentoskeletal Stability in Conventional Orthognathic Surgery, Presurgical Orthodontic Treatment and Surgery-First Approach in Class-III Patients / Seifi M. et al. // *World journal of plastic surgery*. – 2018. – Vol. 7, № 3. – P. 283.
175. Digital planning of orthognathic surgery with aligners: ortho-facial-driven, a viable protocol for surgery-first treatment / Barbo B.N., Azeredo F., Rizzatto S.M.D., Fritscher G.G. et al. // *Dental Press J Orthod*. – 2026. – Vol. 30(4).
176. Dimberg, L. The impact of malocclusion on the quality of life among children and adolescents: a systematic review of quantitative studies / Dimberg L., Annrup K., Bondemark L. // *European journal of orthodontics*. – 2015. – Vol. 37, № 3. – P. 238–247.
177. Does adjunctive fixation in conjunction with miniplate affect condylar position and morphology after mandibular advancement through bilateral sagittal split ramus osteotomy? A retrospective 3-dimensional CT comparative study / Al-Watary M.Q., Telha W.A., Ge H., Wu Y., Sun X. et al. // *J Craniomaxillofac Surg*. – 2024. - 52(6). – P. 778-785.
178. Does skeletal surgery for asymmetric mandibular prognathism influence the soft tissue contour and thickness? / S.-T. Lee, Y. Mori, K. Minami et al. // *Journal of Oral and Maxillofacial Surgery: Official Journal of the American Association of Oral and Maxillofacial Surgeons*. – 2013. – Vol. 71, № 9. – P. 1577-1587.
179. Does two-dimensional vs. three-dimensional surgical simulation produce better surgical outcomes among patients with class III facial asymmetry? / Udomlarptham N., Lin C.H., Wang Y.C., Ko E.W. // *Int J Oral Maxillofac Surg*. – 2018. – Vol. 47(8). – P. 1022-1031.

180. Dogan, S. Skeletal and dental changes after orthognathic surgical treatment of mandibular prognathism / Dogan S. // J. Wihon. Univ. Sch. Dent. - 1997. - Vol. 39, №1. - P. 25-30.
181. Dubel, H. Psychologische Aspekte bei Patient mit operativer Progniebehandlung / Dubel H., Honiomann K. // Zahn, Mund - u. Kieferhheilk. - 1982. -Vol.70, №7. -P.715-721.
182. Dynamic changes in morphometric analysis in patients following Class III bimaxillary surgery / Downarowicz P. et al. // Adv Clin Exp Med. – 2012. – Vol. 21, № 1. – P. 93–97.
183. Ebker, T. Comprehensive virtual orthognathic planning concept in surgery-first patients / Ebker T., Korn P., Heiland M., Bumann A. // British Journal of Oral and Maxillofacial Surgery. – 2022. – Vol. 60(8). – P. 1092-1096.
184. Effects of hypotensive anesthesia on reducing intraoperative blood loss, duration of operation, and quality of surgical field during orthognathic surgery: a systematic review and meta-analysis of randomized controlled trials / Lin S. et al. // Journal of Oral and Maxillofacial Surgery. – 2017. – Vol. 75, № 1. – P. 73– 86.
185. Eggensperger, N. Long-term changes of hyoid bone position and pharyngeal airway size following mandibular setback by sagittal split ramus osteotomy / N. Eggensperger, W. Smolka, T. Iizuka // Journal of Cranio-Maxillo-Facial Surgery: Official Publication of the European Association for CranioMaxillo-Facial Surgery. – 2005. – Vol. 33, № 2. – P. 111-117.
186. El-Mangoury, N.H. Epidemiologic panorama of dental occlusion / N.H. ElMangoury, Y.A. Mostafa // Angle Orthod. – 1990. – Vol. 60. – P. 207–214.
187. Emrich, E.R. Prevalence of Class 1/Class 2 and Class 3 malocclusions (Angle) in urban population. An epidemiological study / E.R. Emrich, A.G. Brodie, J.R. Blayney // J Dent Res. – 1965. – Vol. 44. – P. 947–953.
188. Endo, T. An epidemiological study of reversed occlusion. I. Incidence of reversed occlusion in children 6 to 14 years old / T. Endo // J Jpn Orthod Soc. – 1971. – Vol. 30. – P. 73–7.
189. Environmental Factors Associated with Malocclusion in Children Population from Mining Areas, Western Romania / Todor B.I. et al. // International journal of environmental research and public health. – 2019. – Vol. 16, № 18. – P. 3383.
190. Eslami, S. Treatment decision in adult patients with class III malocclusion: surgery versus orthodontics / Eslami S. // Progress in orthodontics. – 2018. – Vol. 19, № 1. – P. 28.

191. Eslamipour, F. Prevalence of Malocclusion in Permanent Dentition of Iranian Population: A Review Article / Eslamipour F., Afshari Z., Najimi A. // *Iranian journal of public health*. – 2018. – Vol. 47, № 2. – P. 178–187.

192. Establishment and evaluation of a similarity measurement model for orthognathic patients based on the 3D craniofacial features / Wu L, Fang J, Liu X, Li Z, Li Y, Wang X. // *Beijing Da Xue Xue Bao Yi Xue Ban*. – 2025. – Vol. 57(1). – P. 128-135.

193. Evaluation of masseter muscle morphology in different types of malocclusions using cone beam computed tomography / M.P. Becht, J. Mah, C. Martin et al. // *International Orthodontics*. – 2014. – Vol. 12, № 1. – P. 32-48.

194. Evaluation of minimal versus conventional presurgical orthodontics in skeletal class III patients treated with two-jaw surgery / B. Joh, M. Bayome, J.H. Park et al. // *Journal of Oral and Maxillofacial Surgery: Official Journal of the American Association of Oral and Maxillofacial Surgeons*. – 2013. – Vol. 71, № 10. – P. 1733-1741.

195. Evaluation of root resorption after surgical orthodontic treatment of skeletal Class malocclusion by three-dimensional volumetric measurement with cone-beam CT / Gao J., Lv H.M., Ma H.M., Zhao Y.J. et al. // *Beijing Da Xue Xue Bao Yi Xue Ban*. - 2022. – Vol. 54, №4. – P. 719-726.

196. Evaluation of the accuracy of virtual planning in bimaxillary orthognathic surgery: a systematic review / Tondin G.M., Costa S.T., Grillo R., Jodas C.R.P. et al. // *Br J Oral Maxillofac Surg*. – 2022. – Vol. 60, №4. – P. 412-421.

197. Factors related to stability following the surgical correction of skeletal open bite / G. Ito, M. Koh, T. Fujita et al. // *Australian Orthodontic Journal*. – 2014. – Vol. 30, № 1. – P. 61-66.

198. Family history and genetics of mandibular prognathism / Otero L.M., Morford L.A., Falcao-Alencar G. et al. // Ngan P.W, Deguchi T., Roberts E.W., editors. *Orthodontic treatment of Class III malocclusion*. – Sharjah, United Arab Emirates: Bentham Science. – 2014. – P. 3–24.

199. Friedrich, C. A narrative review of present knowledge and digital approaches in orthognathic surgery / Friedrich C. // *Innovative Surgical Sciences*. - 2024. – Vol. 9(3). – P. 145-158.

200. Goose, D.H. Malocluccion of school children of West Midlands (England) / D.H. Goose, D.G. Thompson, F.C. Winter // *Br Dent J*. – 1956. – Vol. 102. – P. 174–178.

201. Guglielmi M. Orthognathic surgery for correction of patients with mandibular excess: don't forget to assess the gonial angle / M. Guglielmi, K.M. Schneider, G. Iannetti et al. // *Journal of Oral and Maxillofacial Surgery: Official*

Journal of the American Association of Oral and Maxillofacial Surgeons. – 2013. – Vol. 71, № 6. – P. 1063-1072.

202. Gui, J.P. Traitement d'une malocclusion adulte de class II, division I / Gui J.P. // L'Orthodontie Fr. - 1997. -Vol. 68. - P. 57-61.

203. Haas, O.L. Computer-aided planning in orthognathic surgery – systematic review / Haas O.L., Becker O.E., De Oliveira R.B. // International journal of oral and maxillofacial surgery. – 2015. – Vol. 44, № 3. – P. 329–342.

204. Halimi, A. Surgical-orthodontic treatment of patients suffering from severe periodontal disorders - a clinical case study / A. Halimi, F. Zaoui // International Orthodontics. – 2013. – Vol. 11, № 3. – P. 314-332.

205. Hard and soft tissue stability of orthognathic surgery / T. Kitahara, A. Nakasima, S. Kurahara et al. // The Angle Orthodontist. – 2009. – Vol. 79, № 1. – P. 158-165.

206. Hernández-Alfaro, F. Surgery first in orthognathic surgery: what have we learned? A comprehensive workflow based on 45 consecutive cases / F. Hernández-Alfaro, R. Guijarro-Martínez, M.A. Peiró-Guijarro // Journal of Oral and Maxillofacial Surgery: Official Journal of the American Association of Oral and Maxillofacial Surgeons. – 2014. – Vol. 72, № 2. – P. 376-390.

207. Hill, I.N. The Evanston Dental Caries Study XIX. Prevalence of malocclusion of children in a fluoridated and control area / I.N. Hill, J.R. Brayney, W. Wolf // J Dent Res. – 1959. – Vol. 38. – P. 782–794.

208. Ho, C.T. Three-dimensional computer-assisted orthognathic surgery: traditional hybrid versus full digital planning models / Ho C.T., Denadai R., Lin H.H., Lo L.J. // Annals of Plastic Surgery. - 2021. – Vol.86. – P. 70-S77.

209. Ho, C.T. Three-dimensional surgical simulation improves the planning for correction of facial prognathism and asymmetry: a qualitative and quantitative study / Ho CT, Lin HH, Liou EJ, Lo LJ. // Sci Rep. - 2017. - №7. – P. 40423.

210. Huang, C. Systematic review of the surgery-first approach in orthognathic surgery / Huang C., Hsu S., Chen Y.R. // Biomedical journal. – 2014. – Vol. 37, № 4. – P. 184.

211. Humphreys, H.F. A survey of anteriorposterior abnormalities of the jaws in children between the age of two and five and a half years of age / H.F. Humphreys, B.C. Leighton // Br Dent J. – 1950. – Vol. 88. – P. 3–15.

212. Increasing orthodontic and orthognathic surgery treatment efficiency with a modified surgery – first approach / Uribe F. et al. // American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics. – 2015. – Vol. 148, № 5. – P. 838– 848.

213. Interdisciplinary 3D digital treatment simulation before complex esthetic rehabilitation of orthodontic, orthognathic and prosthetic treatment: workflow

establishment and primary evaluation. / Lv L., He W., Ye H., Cheung K., Tang L., Wang S. et al. // BMC Oral Health. – 2022. – Vol. 22, №1. – P. 34.

214. Intraoral Scanning and Setting Up the Digital Final Occlusion in Three-Dimensional Planning of Orthognathic Surgery: Its Comparison with the Dental Model Approach / Ho C.T., Lin H.H., Lo L.J. // Plast Reconstr Surg. – 2019. – Vol. 143, №5. – P. 1027-1036.

215. Is virtual surgical planning in Orthognathic surgery faster than conventional planning? A time and workflow analysis of an office-based workflow for single- and double-jaw surgery / Steinhuber T., Brunold S., Gartner C., Offermanns V. et al. // J Oral Maxillofac Surg. - 2018. – Vol.76. – P. 397-407.

216. Janson, G. Class III subdivision malocclusion corrected with asymmetric inter maxillary elastics / G. Janson, R. de Freitas, J. Araki, J. Frankco // Am J Orthod Dentofacial Orthop. – 2010. – Vol.138. – P. 221–230.

217. Kim, D.-K. Change in maxillary incisor inclination during surgical orthodontic treatment of skeletal Class III malocclusion: comparison of extraction and nonextraction of the maxillary first premolars / D.-K. Kim, S.-H. Baek // American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics: Official Publication of the American Association of 174 Orthodontists, Its Constituent Societies, and the American Board of Orthodontics. – 2013. – Vol. 143, № 3. – P. 324-335.

218. Kim, H. Analysis of dental compensation in patients with facial asymmetry using cone-beam computed tomography / H. Kim, M. Hong, H. Park // Am J Orthod Dentofacial Orthop. – 2019. – Vol. 156. – P. 493–501.

219. Kim, H.H. Anterior decompensation using segmental osteotomy for patients with mandibular asymmetry / H.H. Kim, H.R. Ha, H.W. Ahn, S.J. Kim // J Oral Maxillofac Surg. – 2015. – Vol. 73. – P. 1391-1392.

220. Kim, H.O. Comparison of the condyle-fossa relationship between skeletal class III malocclusion patients with and without asymmetry: a retrospective three-dimensional cone-beam computed tomography study / H.O. Kim, W. Lee, Y.-A. Kook // Korean Journal of Orthodontics. – 2013. – Vol. 43, № 5. – P. 209-217.

221. Kim, S. Dentoalveolar compensation according to skeletal discrepancy and overbite in skeletal Class III patients / S. Kim, K. Kim, H. Yu, H. Baik // Am J Orthod Dentofacial Orthop. – 2014. – Vol. 145. – P. 317–324.

222. Kim, Y.I. Three-dimensional analysis of dental decompensation for skeletal Class III malocclusion on the basis of vertical skeletal patterns obtained using cone-beam computed tomography / Y.I. Kim, Y.K. Choi, S.B. Park, W.S. Son, S.S. Kim // Korean J Orthod. – 2012. – Vol. 42. – P. 227–234.

223. Kim, Y.-K. Influence of the changes in arch width on postsurgical relapse after mandibular setback surgery with minimal orthodontics / Y.-K. Kim, P.-Y. Yun, S.-

W. Moon et al. // *Journal of Oral and Maxillofacial Surgery: Official Journal of the American Association of Oral and Maxillofacial Surgeons.* – 2014. – Vol. 72, № 9. – P. 1820-1831.

224. Kinzinger, G. Class II treatment in adults: comparing camouflage orthodontics, dentofacial orthopedics and orthognathic surgery – a cephalometric study to evaluate various therapeutic effects / Kinzinger G., Frye L., Diedrich P. // *Journal of Orofacial Orthopedics.* – 2009. – Vol. 70, № 1. – P. 63–91.

225. Klein, K.P. Orthognathic Surgery and Orthodontics: Inadequate Planning Leading to Complications or Unfavorable Results / Klein K.P., Kaban L.B., Masoud M.I. // *Oral and Maxillofacial Surgery Clinics.* – 2020. – Vol. 32, № 1. – P. 71–82.

226. Kor, H.S. Relapse of skeletal class III with anterior open bite after bimaxillary orthognathic surgery depending on maxillary posterior impaction and mandibular counterclockwise rotation / H.S. Kor, H.J. Yang, S.J. Hwang // *Journal of Cranio-Maxillo-Facial Surgery: Official Publication of the European Association for Cranio-Maxillo-Facial Surgery.* – 2014. – Vol. 42, № 5. – P. 230-238.

227. Kusayama, M. Relationship between transverse dental anomalies and skeletal asymmetry / M. Kusayama, N. Motohashi, T. Kuroda // *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* – 2003. – Vol. 123. – P. 329–337.

228. Larson, B.E. Orthodontic preparation for orthognathic surgery / Larson B.E // *Oral and Maxillofacial Surgery Clinics.* – 2014. – Vol. 26, № 4. – P. 441–458.

229. Lee Y.-S. A more accurate soft-tissue prediction model for Class III 2-jaw surgeries / Y.-S. Lee, H.-Y. Suh, S.-J. Lee et al. // *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics: Official Publication of the American Association of Orthodontists, Its Constituent Societies, and the American Board of Orthodontics.* – 2014. – Vol. 146, № 6. – P. 724-733.

230. Lee, C.H. Modern trends in Class III orthognathic treatment: A time series analysis / Lee C.H. et al. // *The Angle Orthodontist.* – 2016. – Vol. 87, № 2. – P. 269–278.

231. Lee, D.-H. Masseter muscle changes following orthognathic surgery: a longterm three-dimensional computed tomography follow-up / D.-H. Lee, H.-S. Yu // *The Angle Orthodontist.* – 2012. – Vol. 82, № 5. – P. 792-798.

232. Lee, Y.C. Redefining precision and efficiency in orthognathic surgery through virtual surgical planning and 3D printing: a narrative review / Lee YC, Kim SG. // *Maxillofacial Plastic and Reconstructive Surgery.* – 2023. – Vol. 45, №1.

233. Leung, M.Y. Accuracy of Different Modalities to Record Natural Head Position in 3 Dimensions: A Systematic Review / Leung MY, Lo J, Leung YY. // *Journal of Oral and Maxillofacial Surgery.* – 2016. – Vol. 74(11). – P. 2261-2284.

234. Liao, L. Correction of asymmetric facial deformity by contouring: indications and outcomes / L. Liao, Y. Hsu, J. Hu, X. Li // *J Craniofac Surg.* – 2015. – Vol. 26. – P. 94–98.
235. Lin, H.H. Development of customized positioning guides using computer-aided design and manufacturing technology for orthognathic surgery / Lin H.H., Chang H.W., Lo L.J. // *International journal of computer assisted radiology and surgery.* – 2015. – Vol. 10, № 12. – P. 2021–2033.
236. Long-term occlusal changes assessed by the American Board of Orthodontics' model grading system / Aszkler R.M., Preston C.B., Saltaji H. et al. // *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* – 2014. – Vol. 145, № 2. – P.173–178.
237. Lonic, D. Three-dimensional simulation of orthognathic surgery surgeon's perspective / Lonic D., Lo L.J. // *J Formos Med Assoc.* – 2016. – Vol. 115, № 6. – P. 387–388.
238. Macri, V. Sources of error in lateral cephalometry / V. Macri, A.E. Athanasiou // Athanasiou A.E. (Ed.). *Orthodontic Cephalometry* / A.E. Athanasiou. – Mosby-Wolfe, London, 1995. – P. 125–140.
239. Magnusson, T.E. An epidemiologic study of occlusal anomalies in relation to the development of the dentition in Icelandic children / T.E. Magnusson // *Community Dent Oral Epidemiol.* – 1976. – № 4. – P. 121–128.
240. Management of facial asymmetry assisted with digitally designed surgical guide for 3-dimensional maxillary repositioning: A case report / Verma S., Kumar V., Verma R.K., Subbaiah N.K., Lal C. et al. // *Int Orthod.* – 2025. – Vol. 23, №1.
241. Masticatory efficiency in class II and class III dentofacial deformities / M.N.C. Picinato-Pirola, W. Mestriner, O. Freitas et al. // *International Journal of Oral and Maxillofacial Surgery.* – 2012. – Vol. 41, № 7. – P. 830-834.
242. Meza, R.S. Sagittal cephalometric diagnosis using Power Point (Microsoft® Office) / Meza R.S. // *Revista Mexicana de Ortodoncia.* – 2016. – Vol. 4, № 1. – P. 8–16.
243. Mogavero, F.J. Orthognathic surgery effect on maxillary growch in patients with vertical maxillary excess / Mogavero F.J., Buschang P., Wolford L.M. // *Amer. J. Orthodont.* - 1997. - Vol. 111, № 3. - P. 288-296.
244. Montian Manosudprasit, D.D.S. Surgery first orthognathic approach for skeletal class III malocclusion corrections – a literature review / Montian Manosudprasit D.D.S. // *J Med Assoc Thai.* – 2012. – Vol. 95, № 11. – P. 172–180.
245. Moreno Uribe, L.M. Genetics of the dentofacial variation in human malocclusion / L.M. Moreno Uribe, S.F. Miller // *Orthod Craniofac Res.* – 2015. – Vol.18. – P. 91–99.

246. Morphologic outcome of bimaxillary surgery – An anthropometric appraisal / Raschke G.F. et al. // *Medicina oral, patologia oral y cirugia bucal.* – 2015. – Vol. 20, № 1. – P. 103.

247. Morphological changes in the pharyngeal airway of female skeletal class III patients following bimaxillary surgery: a cone beam computed tomography evaluation / Y.-M. Li, J.-L. Liu, J.-L. Zhao et al. // *International Journal of Oral and Maxillofacial Surgery.* – 2014. – Vol. 43, № 7. – P. 862-867.

248. Moser, K. Long-term experience with simultaneous movement of the upper and lower jaw / Moser K., Freihofer H. // *J max.-fac. Surg.* - 1980. - Vol. 8. - P. 271-277.

249. Mossey, P.A. The heritability of malocclusion : part 2. The influence of genetics in malocclusion / P.A. Mossey // *Br J Orthod.* – 1999. – Vol. 26. – P. 195–203.

250. Muscular activity in class III dentofacial deformity / B.U.L. De Farias, E.M.G. Bianchini, J.B. De Paiva et al. // *Cranio: The Journal of Craniomandibular Practice.* – 2013. – Vol. 31, № 3. – P. 181- 189.

251. Nanda, R. Biomechanics and Esthetic Strategies in clinical orthodontics/ Nanda R. // *Elsevier Science.* – 2005. - Vol. 145.

252. Need for training sessions for orthodontists in the use of the American Board of Orthodontics objective grading system / Murakami K., Deguchi T., Hashimoto T. et al. // *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* – 2007. – Vol. 132, № 4. – P. 427.–427.

253. New protocol for in-house management of computer-assisted orthognathic surgery / De Riu G, Vaira LA, Ligas E, et al. // *British Journal of Oral and Maxillofacial Surgery.* – 2020. – Vol. 58, №10. – P. 265-271.

254. Newman, G.V. Prevalence of malocclusion in children 6–14 years of age and treatment in preventable cases / G.V. Newman // *J Am Dent Assoc.* – 1956. - Vol. 52. - P. 566–575.

255. Ngan, P. Evolution of Class III treatment in orthodontics / P. Ngan, W. Moon // *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* – 2015. - Vol. 148. – P. 22–36.

256. Nguyen, V.A. Digitally planned bimaxillary orthognathic surgery with 3D-printed splints for skeletal class III malocclusion: A case series / Nguyen V.A., Nguyen T.M. // *Medicine (Baltimore).* - 2025. – Vol. 104(39).

257. Nicolet, C. Lip competence in Class III patients undergoing orthognathic surgery: an electromyographic study / C. Nicolet, D. Muñoz, A. Marino // *Journal of Oral and Maxillofacial Surgery: Official Journal of the American Association of Oral and Maxillofacial Surgeons.* – 2012. – Vol. 70, № 5. – P. 331-336.

258. Nielsen, I.B. Leth Important Orthodontic Considerations in Preparation of Orthognathic Surgical Cases / Nielsen I.B. // *Taiwanese Journal of Orthodontics*. – 2022. - Vol. 34, № 2.

259. Nojima, K. Tooth axis and skeletal structures in mandibular molar vertical sections in jaw deformity with facial asymmetry using MPR Images / K. Nojima, T. Yokose, T. Ishii, M. Kobayashi, Y. Nishii // *Bull Tokyo Dent Coll*. – 2007. - Vol. 48. – P. 171–176.

260. Nonextraction “surgery first” treatment of a skeletal Class III patient with severe maxillary crowding / Z. Aymach, J. Sugawara, S. Goto et al. // *Journal of clinical orthodontics: JCO*. – 2013. – Vol. 47, № 5. – P. 297-304.

261. Non-syndromic hypodontia of permanent dentition associated with other dental anomalies in children and adolescents / Tent A. et al. // *Romanian journal of morphology and embryology*. – 2018. – Vol. 59, № 3. – P. 879–883.

262. Nowrin, S.A. Craniofacial morphology of Class III malocclusion with DUSP6 gene: mutation and non-mutation groups / S.A. Nowrin, R. Basri, M.K. Alam, T. Yusa // *J Hard Tissue Biol*. – 2016. – Vol. 25. – P. 247–256.

263. Objective grading system for dental casts and panoramic radiographs. American Board of Orthodontics / Casko J.S., Vaden J.L., Kokich V.G. et al. // *Am J Orthod Dentofacial Orthop*. – 1998. – Vol. 114, № 5. – P. 589–599.

264. Occlusal splint guides for presurgical orthodontic treatment / Farronato G., Maspero C., Giannini L. et al. // *J Clin Orthod*. – 2008. – № 42 (9). – P. 508– 512.

265. Ornitz, D.M. FGF signaling pathway in endochondral and intramembranous bone development and human genetic disease / D.M. Ornitz, P.J.Marie // *Genes Dev*. – 2002. – Vol. 16. – P. 1446–465.

266. Orthodontic camouflage versus orthodontic–orthognathic surgical treatment in class II malocclusion: a systematic review and meta– analysis / Raposo R. et al. // *International journal of oral and maxillofacial surgery*. – 2018. – Vol. 47, № 4. – P. 445–455.

267. Orthodontic camouflage versus orthognathic surgery for class III deformity: comparative cephalometric analysis / Martinez P. et al. // *International journal of oral and maxillofacial surgery*. – 2017. – Vol. 46, № 4. – P. 490–495.

268. Orthodontic-surgical treatment: neuromuscular evaluation in skeletal Class II and Class III patients / G. Farronato, L. Giannini, G. Galbiati et al. // *Progress in Orthodontics*. – 2012. – Vol. 13, № 3. – P. 226-236.

269. Patient satisfaction after orthodontic treatment combined with orthognathic surgery: A systematic review / Pachêco-Pereira C. et al. // *The Angle Orthodontist*. – 2016. – Vol. 86, № 3. – P. 495–508.

270. Peck, H. A concept of facial esthetics / H. Peck, S. Peck // *Angle Orthod.* – 1970. – Vol. 40. – P. 284–318.
271. Peterson, L.J. Psychological considerations in corrective maxillary and midfacial surgery / Peterson L.J., Tarasian R.G. // *J. Oral. Surg.* - 1976. - Vol. 34, №2. - P. 157-159.
272. Pirttiniemi, P.M. Associations of mandibular and facial asymmetries: a review / Pirttiniemi P.M. // *Amer J. Orthodont.* - 1994. - Vol. 106, № 2 - P. 191-200.
273. Predictability of maxillary positioning: a 3D comparison of virtual and conventional orthognathic surgery planning / Quast A, Santander P, Kahlmeier T, Moser N, Schliephake H, Meyer-Marcotty P. // *Head Face Med.* – 2021. – Vol. 17, №1. – P. 27.
274. Preoperative, intraoperative, and postoperative complications in orthognathic surgery: a systematic review/ M. Jędrzejewski, T. Smektała, K. Sporniak-Tutak et al. // *Clin Oral Invest.* - 2015. - Vol. 19. - P. 969–977.
275. Prospective, multi-center study of the effectiveness of orthodontic/orthognathic surgery in the United Kingdom / O'Brien K., Wright J., Conboy F., et al. // *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* – 2009. – Vol. 135. – P. 709–714.
276. Rabie, A.B. Diagnostic criteria for pseudo-Class III malocclusion / A.B. Rabie, Y. Gu // *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* – 2000. – Vol. 117. – P. 1–9.
277. Rakosi, T. Class III anomalies: a coordinated approach to skeletal, dental and soft tissue problems / T. Rakosi, W. Schilli // *J Oral Surgery.* – 1981. – Vol. 39. – P. 860–870.
278. Rationale, relevance, and efficacy of “surgery first, orthodontics later” approach in the management of cases of severe malocclusion with skeletal discrepancy / Jeyaraj P. et al. // *Annals of Maxillofacial Surgery.* – 2019. – Vol. 9, № 1. – P. 57–71.
279. Resistance and stress finite element analysis of different types of fixation for mandibular orthognathic surgery / Stringhini D.J. et al. // *Brazilian dental journal.* – 2016. – Vol. 27, № 3. – P. 284–291.
280. Rhee C.H. Correlation between skeletal and dental changes after mandibular setback surgery-first orthodontic treatment: Cone-beam computed tomography-generated half-cephalograms / C.H. Rhee, Y.-K. Choi, Y.-I. Kim et al. // *Korean Journal of Orthodontics.* – 2015. – Vol. 45, № 2. – P. 59-65.
281. Role of three-dimensional printing in treatment planning for orthognathic surgery: a systematic review / Alhabshi M.O., Aldhohayan H., BaEissa O.S., Al Shehri M.S., Alotaibi N.M. et al. // *Cureus.* – 2023. – Vol. 15, №10.
282. Ryu, H.S. Cone-beam computed tomography based evaluation of rotational patterns of dentofacial structures in skeletal Class III deformity with mandibular

asymmetry / H.S. Ryu, K.Y. An, K.H. Kang // Korean J Orthod. – 2015. – Vol. 45. – P. 153–163.

283. Shaheen, E. Three-dimensional printed finalocclusal splint for orthognathic surgery: design and validation / Shaheen E, Sun Y, Jacobs R, Politis C. // Int J OralMaxillofac Surg. – 2017. – Vol. 46. – P. 67-71.

284. Srinivas, M.R. Bite force and Masticatory efficiency before and after Orthognathic Surgical Correction / Srinivas M.R., James D., Muthusekhar M.R. // Research Journal of Pharmacy and Technology. – 2018. – Vol. 11, №8. – P. 3350–3354.

285. Stability of maxillary expansion and tongue posture / M.M. Ozbek, U.T.T. Memikoglu, A.T. Altug-Atac et al. // The Angle Orthodontist. – 2009. – Vol. 79, № 2. – P. 214-220.

286. Surgery-first approach in skeletal class III malocclusion treated with 2-jaw surgery: evaluation of surgical movement and postoperative orthodontic treatment / S.-H. Baek, H.-W. Ahn, Y.-H. Kwon et al. // The Journal of Craniofacial Surgery. – 2010. – Vol. 21. – № 2. – P. 332-338.

287. Systemic review of soft-to-hard tissue ratios in orthognathic surgery; 3D analysis – update scientific evidence / Ravelo V., Olate S, Bravo-Soto G, et al. // International Journal of Oral and Maxillofacial Surgery. – 2025. – Vol. 55, №9. – P. 819-829.

288. Tabchi, Y. Accuracy of hard and soft tissue prediction using three-dimensional simulation software in bimaxillary osteotomies: A systematic review / Tabchi Y., Zaoui F., Bahoum A. // Int Orthod. - 2023. - Vol. 21, №4.

289. The Accuracy and Stability of Intentional Change of Frontal-Ramal Inclination in Orthognathic Surgery for Facial Asymmetry Patients / Ha S.H., Meny A.H., Jeong C.G., Yeo J.H. et al. // J Craniofac Surg. – 2023. – Vol. 34(5). – P. 462-468.

290. The accuracy of soft tissue movement using virtual planning for non-syndromic facial asymmetry cases-a systematic review / Philip MR, AlFotawi R. // Oral Maxillofac Surg. - 2023. – Vol. 27(2). – P. 187-200.

291. The accuracy of three-dimensional prediction of soft tissue changes following the surgical correction of facial asymmetry: An innovative concept / Mundluru T, Almukhtar A, Ju X, Ayoub A. Int J Oral Maxillofac Surg. – 2017. – Vol. 46(11). – P. 1517-1524.

292. The accuracy of virtual setup in simulating treatment outcomes in orthodontic practice: a systematic review / Sereewisai B., Chintavalakorn R., Santiwong P., Nakornnoi T. et al. // BDJ Open. - 2023. – Vol. 9(1). – P. 41.

293. The Prediction Accuracy of Digital Orthodontic Setups for the Orthodontic Phase before Orthognathic Surgery / Olivier de Waard, Frank Baan, Robin Bruggink, Ewald M Bronkhorst et al. // *J Clin Med* . – 2022. – Vol. 11(20). – P. 6141.

294. The reliability of a surgery-first orthognathic approach without presurgical orthodontic treatment for skeletal class III dentofacial deformity / J.W. Choi, J.Y. Lee, S.J. Yang et al. // *Annals of Plastic Surgery*. – 2015. – Vol. 74, № 3. – P. 333-341.

295. The surgery-first approach in orthognathic surgery: a retrospective study of 50 cases / Yu H. B. et al. // *International journal of oral and maxillofacial surgery*. – 2015. – Vol. 44, № 12. – P. 1463–1467.

296. Three-dimensional accuracy of virtual planning in orthognathic surgery / De Britto Teixeira AO, de Oliveira Almeida MA, da Cunha Almeida RC, et al. // *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics*. - 2020. - 158(5). – P. 674-683.

297. Three-dimensional analysis of maxillary protraction with inter maxillary elastics to manipulates / G. Heymann, L. Cevidanes, M. Cornelis, H. De Clerck et al.// *Am J Orthod Dentofacial Orthop*. – 2010. – Vol. 137. – P. 274–84.

298. Three-dimensional analysis of nasal changes after Le Fort I osteotomy: a systematic review / Haas O.L., Guijarro-Martínez R., de Sousa Gil A.P., Méndez-Manjón I. et al. // *International Journal of Oral and Maxillofacial Surgery*. - 2019. – Vol. 48(8). – P. 1010-1021.

299. Three-dimensional evaluation of skeletal and dental changes in patients with skeletal class III malocclusion and facial asymmetry after surgical-orthodontic treatment / Ming Y, Hu Y, Wang T, Zhang J. et al. // *J Xray Sci Technol*. – 2020. – Vol.28(4). – P. 783-798.

300. Three-dimensional evaluation of soft-tissue response to osseous movement after orthognathic surgery in patients with facial asymmetry: A systematic review / Ajmera D.H., Singh P., Leung Y.Y., Gu M. // *J Craniomaxillofac Surg*. – 2021. – Vol.49(9). – P. 763-774

301. Three-dimensional surgical accuracy between virtually planned and actual surgical movements of the maxilla in two-jaw orthognathic surgery / Hong M., Kim M.J., Shin H.J., Cho H.J. et al. // *Korean Journal of Orthodontics*. – 2020. – Vol.50 (5). –P. 293-303.

302. Tin Li, J.W. Digital diagnostics and treatment planning for orthognathic surgery / Tin Li J.W., Leung Y.Y. // *Australian Dental Journal*. – 2025. – Vol. 70. – P. 45-55.

303. Todorova-Plachiyska, K.G. Lateral cephalometric study in adult Bulgarians with normal occlusion / Todorova-Plachiyska K.G., Stoilova-Todorova M.G. // *Folia medica*. – 2018. – Vol. 60, № 1. – P. 141–146.

304. Toh, A.Q.J. The effect of orthognathic surgery on temporomandibular disorder / Toh AQJ, Leung YY. // *Journal of Cranio-Maxillofacial Surgery*. – 2022. – Vol. 50(3). – P. 218-224.

305. Tongue posture improvement and pharyngeal airway enlargement as secondary effects of rapid maxillary expansion: a cone-beam computed tomography study / T. Iwasaki, I. Saitoh, Y. Takemoto et al. // *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics: Official Publication of the American Association of Orthodontists, Its Constituent Societies, and the American Board of Orthodontics*. – 2013. – Vol. 143, № 2. – P. 235-245.

306. Two and three-segment surgically assisted rapid maxillary expansion: a clinical trial / Prado GPR, Koga AF, Furtado FMGP, Ferreira LM, Pereira MD. // *Plast Reconstr Surg*. – 2021. – Vol. 148(5). – P. 1086-1097.

307. Two-year follow-up of changes in bite force and occlusal contact area after intraoral vertical ramus osteotomy with and without Le Fort I osteotomy / Y.J. Choi, H. Lim, C.J. Chung et al. // *International Journal of Oral and Maxillofacial Surgery*. – 2014. – Vol. 43, № 6. – P. 742-747.

308. Varol, A. Virtual Orthognathic Surgery: A Retrospective 3D Analysis of Surgical Planning vs. Postoperative Outcomes / Varol A, Basa S. // *Bezmialem Science*. - 2026. – Vol. 14(1). – P. 69-76.

309. Virtual surgical planning in orthognathic surgery: A prospective evaluation of postoperative accuracy / Varazzani A, Tognin L, Corre P, Bouletreau P, Perrin JP, Menapace G, et al. // *Journal of Stomatology, Oral and Maxillofacial Surgery*. – 2025. – Vol.126(1). – P. 102025.

310. Virtual surgical planning: Balancing esthetics, practicality, and anticipated stability in a complex Class III patient / Veiszenbacher É. et al. // *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics*. – 2019. – Vol. 156, № 5. – P. 685–693.

311. Virtual surgical planning and augmented reality for fixation of plate during Le Fort I osteotomy / Suenaga H, Sakakibara A, Taniguchi A, Hoshi K. // *Oral Maxillofac Surg*. – 2025. – Vol. 29(1). – P. 78.

312. Wolford, L.M. Comprehensive Post Orthognathic Surgery Orthodontics: Complications, Misconceptions, and Management / Wolford L.M. // *Oral and Maxillofacial Surgery Clinics*. – 2019. – P. 149.

313. Wu, T.Y. Postoperative outcomes of two- and three-dimensional planning in orthognathic surgery: a comparative study / Wu T.Y., Lin H.H., Lo L.J., Ho C.T. // *J PlastReconstr Aesthet Surg*. - 2017. – Vol. 70. – P. 1101-11.