

На правах рукописи

АВETИCЯН Завен Ашотович

**ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНО-КЛИНИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ
ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ИНДИВИДУАЛЬНЫХ ТИТАНОВЫХ МЕМБРАН ДЛЯ
НАПРАВЛЕННОЙ КОСТНОЙ РЕГЕНЕРАЦИИ, ИЗГОТОВЛЕННЫХ
МЕТОДОМ ОБЪЕМНОЙ ПЕЧАТИ**

3.1.7. Стоматология

АВТОРЕФЕРАТ

диссертации на соискание ученой степени

кандидата медицинских наук

Москва, 2025

Работа выполнена в Институте цифровой стоматологии Медицинского института федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Российский университет дружбы народов имени Патриса Лумумбы» Министерства науки и высшего образования Российской Федерации

Научный руководитель:

Степанов Александр Геннадьевич, доктор медицинских наук, профессор

Официальные оппоненты:

Бадалян Вардигер Агабековна – доктор медицинских наук, доцент, ведущий научный сотрудник отделения клинической и экспериментальной имплантологии федерального государственного бюджетного учреждения Национального медицинского исследовательского центра «Центральный научно-исследовательский институт стоматологии и челюстно-лицевой хирургии» Министерства здравоохранения Российской Федерации.

Цициашвили Александр Михайлович – доктор медицинских наук, доцент, профессор кафедры пропедевтики хирургической стоматологии стоматологического факультета научно-образовательного института стоматологии им. А. И. Евдокимова ФГБОУ ВО «Российский университет медицины» Министерства здравоохранения Российской Федерации.

Ведущая организация: Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Казанский государственный медицинский университет» Министерства здравоохранения Российской Федерации.

Защита диссертации состоится «26» ноября 2025 г. в 10:00 часов на заседании постоянно действующего диссертационного совета ПДС 0300.028 при ФГАОУ ВО «Российский университет дружбы народов имени Патриса Лумумбы» по адресу: 117198, г. Москва, ул. Миклухо-Маклая, д. 6 С диссертацией можно ознакомиться в читальном зале УНИБЦ (Научная библиотека) ФГАОУ ВО «Российский университет дружбы народов имени Патриса Лумумбы» (117198, г. Москва, ул. Миклухо-Маклая, д. 6) и на сайте <https://www.rudn.ru/science/dissovet/dissertacionnye-sovety/pds-0300028>

Автореферат разослан «16» октября 2025 г.

Ученый секретарь

ПДС 0300.028

кандидат медицинских наук, доцент

Макеева Мария Константиновна

Список сокращений

КСИ — коэффициент стабильности имплантата.

RFA (Resonance Frequency Analysis) — резонансная частотная аналитика.

EHI (Early Healing Index) — индекс заживления ран.

РНР (Papillary Bleeding Index, Папиллярный индекс кровоточивости / гигиены временных коронок) — индекс оценки состояния мягких тканей и гигиены временных протезов.

ОНИР-14 (Oral Health Impact Profile-14) — опросник для оценки качества жизни, связанного со стоматологическим здоровьем.

КЛКТ — конусно-лучевая компьютерная томография.

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность и степень разработанности исследуемой темы

Современная стоматология очень активно развивается и сложные клинические случаи, предполагающие многоэтапные оперативные вмешательства, включающие в себя, направленную костную и тканевую регенерацию, дентальную имплантацию, непосредственное временное и постоянное протезирование, осуществляются в одно посещение (Кулаков А.А., 2019, Мураев А.А., Иванов С.Ю., 2022, Степанов А.Г. 2024).

Недостаток костной ткани, возникающий в результате хирургических вмешательств, травм, удаления зубов или возрастных дегенеративных изменений, является актуальной проблемой в дентальной имплантологии (Амхадова М.А., 2005, Ф. Кури 2013, Ломакин М.В, 2022, Яременко А.И. 2023, Панин А.М., Цициашвили А.М. 2024). Для восстановления костной ткани в области альвеолярного отростка широко применяются методы направленной регенерации (НКР) (Elgali I, 2017, Khojasteh, A.; 2017). Ключевую роль в этих процессах играет барьерная мембрана, которая изолирует костный дефект от окружающего эпителия, предотвращая врастание мягких тканей и создавая оптимальные условия для остеогенеза за счет миграции и пролиферации остеобластов (Мецуку И., 2017, Мураев А.А. 2017).

Идеальные барьерные мембраны должны обладать биосовместимостью, способностью к клеточной адгезии, полной интеграцией в ткани, клинической управляемостью, необходимыми пространственными характеристиками и адекватными физическими свойствами. Мембраны классифицируются на резорбируемые и нерезорбируемые в зависимости от их способности к биодеградации (Ackland DC, 2017, Долгалев А.А. 2020, Цициашвили А.М., 2023).

На сегодняшний день разработано множество методик НКР, каждая из которых эффективна в определенных клинических ситуациях. Все они предполагают стабилизацию костного трансплантата различными методами, которые различаются по эффективности, времени выполнения и травматичности. Некоторые этапы и материалы могут негативно влиять на прогноз и результат.

Современные аддитивные технологии позволяют создавать титановые каркасы для увеличения объема костной ткани и одномоментной временной имплантации. Эти каркасы демонстрируют высокую биосовместимость и механическую прочность, что делает их перспективным инструментом в стоматологической практике (Апресян С. В., Степанов А.Г., 2021).

Цифровые технологии значительно расширяют возможности в стоматологии, обеспечивая высокую точность изготовления конструкций. Виртуальное планирование операций и использование шаблонов для позиционирования имплантатов стали стандартом. Однако вопросы временного протезирования при дентальной имплантации остаются актуальными (Арапова И. А., 2017, Гажва С.И. 2018, Апресян С. В., Степанов А.Г. 2020, 2023, 2024).

Несмотря на прогресс в области имплантологии, до сих пор не существует конструкций, позволяющих обеспечить временное несъемное протезирование пациентов с частичным отсутствием зубов в период остеоинтеграции имплантатов. Эти конструкции должны одновременно способствовать направленной костной регенерации, исключать жевательную нагрузку на костный регенерат и

имплантаты до их полного интеграции. В связи с этим, целью настоящего исследования является разработка и оптимизация методов и конструкций, которые бы удовлетворяли этим требованиям.

Цель исследования

Повышение эффективности лечения пациентов с применением дентальных имплантатов у пациентов с концевыми дефектами зубных рядов и дефицитом костной ткани, путем разработки и применения индивидуальных титановых сеток для направленной костной регенерации с возможностью временного протезирования.

Задачи исследования:

1. Разработать конструкцию индивидуальной титановой сетки с элементами фиксации временных несъемных зубных протезов, для применения у пациентов с концевыми дефектами зубных рядов, на период остеоинтеграции дентальных имплантатов.
2. Провести математическое моделирование и экспериментальное исследование методом конечных элементов для оценки конструктивных характеристик разработанной индивидуальной титановой сетки, предназначенной для направленной костной регенерации и фиксации несъемных зубных протезов в целях временной ортопедической реабилитации пациентов с концевыми дефектами зубных рядов.
3. Разработать способ дентальной имплантации с одномоментной направленной костной регенерацией и временным зубным протезированием у пациентов с концевыми дефектами зубных рядов, с применением современных цифровых технологий.
4. Провести клиническую апробацию и оценить эффективность способа дентальной имплантации с одномоментной направленной костной регенерацией и временным зубным протезированием у пациентов с концевыми дефектами зубных рядов, с применением современных цифровых технологий.
5. Провести оценку качества жизни пациентов с концевыми дефектами зубных рядов в процессе комплексной ортопедической реабилитации, которая включает дентальную имплантацию с одномоментной направленной костной регенерацией и временным зубным протезированием по предложенному способу.

Научная новизна исследования

1. Впервые предложен и обоснован клинический протокол дентальной имплантации с одномоментной направленной костной регенерацией и временным протезированием у пациентов с концевыми дефектами зубных рядов в сложных клинических условиях, обеспечивающий раннюю функционально-эстетическую реабилитацию. Эффективность и новизна метода подтверждены патентом РФ № 2793523 от 04.04.2023.
2. Впервые с применением метода конечных элементов в рамках математического моделирования проведён комплексный анализ и научное обоснование конструктивных параметров индивидуальной титановой мембраны, предназначенной для направленной костной регенерации. Полученные результаты позволили определить оптимальные геометрические характеристики и зоны повышенных напряжений, что имеет существенное значение для повышения надёжности и предсказуемости клинического применения данной технологии.

3. Впервые получены количественные данные прироста костной ткани по данным морфометрического анализа, средний прирост абсолютных значений костной ткани в зоне нижней челюсти основной группы анализа составил 5,0 мм, верхней 5,6 мм (9,04 %, $p = 0,050$). Контрольная группа демонстрировала абсолютную величину изменений 4,8 мм на нижней челюсти и 5,5 мм на верхней (9,61 % $p = 0,028$).

4. Впервые получены количественные данные прироста костной ткани по высоте и ширине после применения разработанных конструкций титановых сеток как с элементами для фиксации временных коронок, так и без них, которые составили в основной группе: 5,5 мм по высоте и 5,4 мм по ширине на верхней челюсти, 6,4 мм и 4,9 мм — на нижней челюсти; в контрольной группе — 5,3 мм и 4,8 мм на верхней, 6,5 мм и 5,5 мм на нижней челюсти, что подтверждает сопоставимую эффективность костной регенерации в обеих группах.

5. Впервые выявлены значимые различия ($p < 0,05$) индекса заживления ран для различных областей локализации вмешательства (ЕНИ). Процентные превышения средних значений ЕНИ на верхней челюсти относительно нижней челюсти в рамках анализа основной группы варьировались в диапазоне от 47 ($p = 0,002$) до 97 % ($p = 0,011$). Аналогичные процентные различия контрольной группы соответствовали диапазону 67 ($p = 0,106$) – 80 % ($p = 0,031$) в зависимости от рассматриваемой временной точки измерения.

6. Впервые осуществлена комплексная оценка качества жизни пациентов, включающая анализ компонентов физического и психофизиологического состояния, социальных взаимодействий, восприятия окружающей среды, а также интегрального показателя общего качества жизни, в динамике до и после применения индивидуализированных титановых сетчатых конструкций. Полученные данные продемонстрировали достоверное и устойчивое улучшение всех изучаемых параметров у пациентов основной группы, превышающее 50 % по сравнению с дооперационным уровнем, что подтверждает клиническую эффективность разработанного подхода к комплексной реабилитации.

Теоретическая и практическая значимость

Разработана и научно обоснована технология цифрового моделирования и аддитивного производства индивидуализированной титановой сетки для направленной костной регенерации с интегрированными элементами фиксации временных несъемных ортопедических конструкций.

Сформулирован клинический протокол дентальной имплантации, объединяющий этапы одномоментной костной аугментации, установки имплантатов и раннего временного протезирования у пациентов с концевыми дефектами зубных рядов, реализуемый с применением современных цифровых инструментов планирования.

В рамках математического моделирования методом конечных элементов получены новые сведения о напряженно-деформированном поведении системы «нижняя челюсть – титановая сетка – временный мостовидный протез» под действием функциональной нагрузки.

Проведенная клиническая апробация подтверждает эффективность разработанного протокола, включая стабильность достигнутого объема регенерата и возможность немедленного восстановления жевательной функции.

Проведённый клинический анализ степени резорбции краевой костной ткани в зоне дентальных имплантатов спустя 12 месяцев после протезирования, выполненного в день одномоментной костной аугментации с использованием разработанной индивидуальной титановой конструкции, подтвердил, что уровень костной утраты соответствовал физиологическим пределам и не достигал клинически значимых пороговых значений.

Доказано, что локализации хирургического воздействия в области верхней челюсти соответствует более интенсивная регенерация костной ткани во всех зонах измерения. Было выявлено, что средние значения вновь сформированной костной ткани в области верхней челюсти для основной группы превышали соответствующие показатели на нижней челюсти $13,53 \pm 3,42 \%$ ($p < 0,05$), контрольной — $18,15 \pm 10,20 \%$.

Выявлены значимые различия выборочных средних коэффициентов стабильности имплантатов, рассчитанных для двух групп сравнения в зонах вмешательства верхней и нижней челюсти. Завершение постоянного протезирования инициировало стабилизацию средних значений КСИ и соответствовало значимому межчелюстному процентному изменению в 10 %. Имплантаты демонстрировали положительную динамику стабильности. Через один год после протезирования средние значения КСИ в обеих группах сохранялись практически на том же уровне, без признаков снижения остеоинтеграции, что свидетельствует о высокой степени стабильности и отсутствия признаков дестабилизации в долгосрочной перспективе.

Дополнительно установлены достоверные изменения в показателях качества жизни пациентов, охватывающие физическое и психоэмоциональное здоровье, социальную адаптацию и оценку окружающей среды, что подчеркивает значимость предложенной методики в контексте комплексной реабилитации пациентов с выраженной атрофией альвеолярных отростков.

Методология и методы исследования

С целью обоснования конструкции индивидуальной титановой мембраны с фиксаторами временных несъёмных протезов для пациентов с концевыми дефектами зубных рядов на этапе остеоинтеграции имплантатов был проведён анализ 618 публикаций из баз данных PubMed, Scopus, eLibrary и патентного фонда Роспатента (2018–2023 гг.).

Для определения оптимальной геометрии сетки, числа и расположения фиксирующих элементов, а также допустимой функциональной нагрузки на временные протезы выполнено численное моделирование методом конечных элементов с участием шести компонентов: кортикальной и губчатой кости, титанового сплава, стоматологического цемента, винтов и фотополимерного материала.

Методология исследования основывалась на проспективном сравнительном клиническом анализе, проведённом у 48 пациентов с частичной адентией I–II классов по Кеннеди, разделённых на две равные группы. В основной группе использовали разработанный протокол одномоментной костной регенерации, имплантации и временного протезирования, с окончательным этапом спустя 6,5 месяцев. В контрольной группе применялась двухэтапная методика с установкой имплантатов через 6 месяцев и постоянным протезированием ещё через 3 месяца. Всего в основной группе установлено 53 имплантата (22 — верхняя челюсть, 31 — нижняя), в контрольной — 55 (27 и 28 соответственно).

Эффективность методик оценивалась на разных этапах по следующим критериям: индекс заживления ран (ЕНИ), индекс гигиены временных коронок (РНР), морфометрия костной ткани, рентгенологическая оценка прироста по высоте и ширине, коэффициент стабильности имплантатов (КСИ), а также качество жизни (ОНП-14). Использование цифровых протоколов и стандартизация клинических этапов обеспечили достоверность и воспроизводимость результатов.

Для анализа данных применялись Microsoft Excel 2019, Python 3.0 с соответствующими библиотеками (pandas, numpy, matplotlib и др.), а также IBM SPSS Statistics 25, что позволило обеспечить точную и комплексную статистическую обработку результатов.

Внедрение результатов исследования

Полученные результаты внедрены в образовательный процесс Медицинского института РУДН в рамках дисциплины «Стоматология хирургическая», преподаваемой клиническим ординаторам. Кроме того, они используются в практической деятельности клинико-диагностических и стоматологических учреждений, включая Центр цифровой стоматологии «МАРТИ» и пародонтологический центр «МаксТрит».

Основные положения, выносимые на защиту:

1. Созданная технология компьютерного моделирования и изготовления индивидуальных титановых сеток способствует увеличению ширины и высоты костной ткани, обеспечивая временную ортопедическую стоматологическую реабилитацию пациентов с концевыми дефектами зубных рядов, на период остеоинтеграции дентальных имплантатов.
2. Созданный клинический протокол дентальной имплантации с одномоментной направленной костной регенерацией и временным протезированием зубов существенно улучшает качество жизни пациентов с концевыми дефектами зубных рядов.
3. Применение разработанных конструкций индивидуальных сеток, позволяет значительно сократить период комплексной стоматологической ортопедической реабилитации пациентов с концевыми дефектами зубных рядов и неблагоприятными клиническими условиями для дентальной имплантации.

Степень достоверности результатов и апробация работы

Надёжность полученных в диссертационном исследовании данных обеспечивается достаточным объемом объективных лабораторных, экспериментальных и клинических наблюдений. Верификация клинической части подтверждается результатами комплексной оценки остеоинтеграции и функциональной стабильности 108 дентальных имплантатов, установленных 48 пациентам, распределённым по основной и контрольной группам с концевыми дефектами зубных рядов, в соответствии с установленными критериями отбора. Применение современных клинико-диагностических подходов в сочетании с валидными статистическими методами анализа позволило объективно оценить эффективность предложенного способа лечения.

Основные результаты и положения диссертационного исследования были представлены и получили обсуждение на ряде научных мероприятий. Так, материалы работы были доложены на межвузовской

конференции «Актуальные вопросы стоматологии», прошедшей 9 ноября 2023 года в Российском университете дружбы народов.

Также исследование было представлено на Всероссийской научно-практической конференции «Актуальные проблемы стоматологии», посвящённой памяти профессора И. М. Оксмана, состоявшейся в Казани 13 марта 2024 года.

Кроме того, работа была включена в программу Ломоносовских чтений, проходивших в Московском государственном университете имени М. В. Ломоносова 28 марта 2024 года.

Дополнительно результаты диссертации были озвучены на V Международной научно-практической конференции молодых учёных-стоматологов «Ученики — учителям», состоявшейся 23 апреля 2024 года в Московском областном НИИ им. М. Ф. Владимирского.

Ключевые положения исследования были также заслушаны в рамках симпозиума «Цифровые технологии в современной стоматологии», проходившего 22 апреля 2025 года в Москве в рамках 52-й Всероссийской научно-практической конференции СТАР «Актуальные проблемы стоматологии».

Работа получила положительное заключение на совместном заседании кафедры ортопедической стоматологии и Института цифровой стоматологии Медицинского института РУДН и была рекомендована к защите от 03.06.2025, протоколом №0300 – 65 – БУП - 3

Публикации

По материалам исследования опубликовано 6 печатных работ, из них 3 - в журналах, рекомендованных Перечнями РУДН/ВАК, 2 работы – в иных изданиях, а также получен 1 патент на изобретение.

Личное участие в проведенном исследовании

В рамках диссертационного исследования автором проведён анализ научных публикаций из баз данных PubMed, Scopus, eLibrary и Роспатента за 2017–2022 годы, позволивший определить конструктивные особенности, применяемые материалы и технологии аддитивного производства индивидуализированных титановых мембран. На основе патентного поиска оформлена заявка на изобретение. Разработана технология цифрового моделирования и изготовления индивидуальных титановых сеток для направленной костной регенерации с возможностью фиксации временных протезов на этапе остеоинтеграции имплантатов. Подготовлена модель для проведения численного анализа методом конечных элементов. Обследованы и пролечены 48 пациентов с частичной адентией I–II классов по Кеннеди, давших информированное согласие на участие в исследовании. Оценка эффективности лечения включала анализ гигиенического состояния временных протезов, аппаратную диагностику стабильности имплантатов, рентгенологический контроль и анкетирование пациентов по критериям качества жизни. Все этапы работы, включая статистическую обработку и интерпретацию клинических данных, выполнены автором самостоятельно. Результаты легли в основу научных публикаций по теме диссертации.

Структура и объем диссертации

Структура диссертационного исследования включает следующие разделы: «Введение», аналитический обзор литературы, описание используемых материалов и методик, две главы,

посвящённые анализу собственных клинических и экспериментальных данных, а также разделы «Заключение», «Выводы», «Практические рекомендации» и «Библиография». В литературном обзоре проанализировано 270 источников, из которых 102 — отечественные публикации и 168 — труды зарубежных авторов. Общий объём работы составляет 214 страниц машинописного текста. Иллюстративный материал включает 27 таблиц, 75 рисунков.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Материалы и методы исследования

Для реализации цели диссертационного исследования были проведены последовательные теоретические, экспериментальные и клинические этапы.

На первом этапе выполнен анализ литературы для выбора оптимальных технологий и материалов, применяемых в аддитивном производстве индивидуальных титановых мембран.

Второй этап включал разработку конструкции сетки с элементами фиксации временных протезов, изготовленной методом селективного лазерного спекания для пациентов с концевыми дефектами зубных рядов.

На третьем этапе методом конечных элементов определены оптимальные параметры конструкции и допустимая нагрузка на временные ортопедические конструкции.

Полученные результаты легли в основу методики одномоментной имплантации с направленной регенерацией и временным протезированием, эффективность которой подтверждена на завершающем клиническом этапе.

Общий дизайн исследования представлен на рисунке 1.

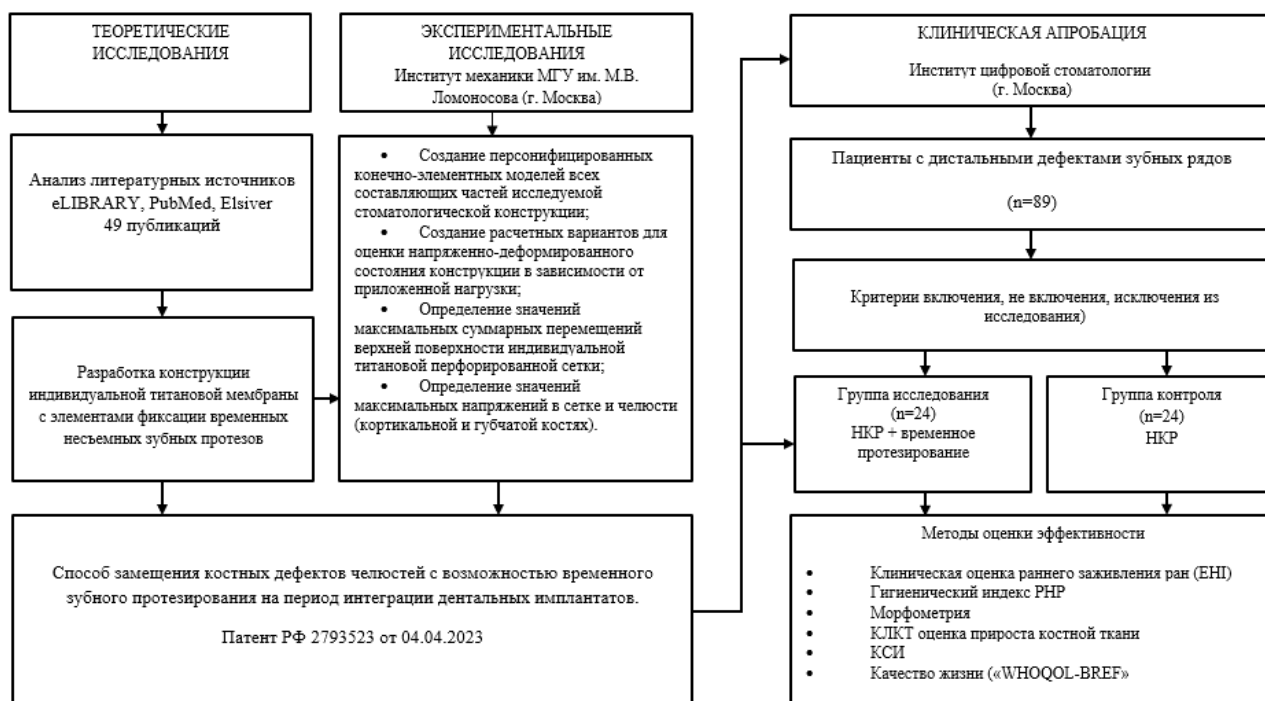


Рисунок 1 – Схема-дизайн диссертационного исследования.

На первом этапе исследования проведён аналитический обзор современных научных публикаций с целью выявления эффективных цифровых технологий и материалов, применяемых в аддитивном

производстве индивидуализированных титановых конструкций для челюстно-лицевой хирургии. В качестве материала использовался порошкообразный титановый сплав, сертифицированный для клинического применения и широко используемый при селективном лазерном спекании (SLS). Изготовление конструкций осуществлялось на установке Concept Laser M2 Cusing, соответствующей действующим европейским стандартам безопасности и качества.

Анализ подтвердил высокую прочность и биосовместимость титана, полученного методом SLS. Для повышения точности изделий применялось цифровое моделирование, обеспечивающее контроль геометрических параметров и снижение вероятности дефектов. На основе существующих прототипов разработана индивидуализированная гибридная конструкция, сочетающая элементы субпериостальных имплантатов и титановых мембран, оснащённая фиксаторами для временных несъёмных протезов. Такая конструкция обеспечивала равномерное распределение нагрузки и восстановление жевательной функции в период остеогенеза.

Оптимизация параметров конструкции и нагрузок осуществлялась методом конечных элементов: созданы анатомически персонализированные модели, рассчитаны напряжённно-деформированные состояния, линейные перемещения и максимальные напряжения в костной ткани и титановой сетке. Моделирование базировалось на данных конусно-лучевой компьютерной томографии, обработанных в системе Diagnocat и конвертированных в твердотельные модели в среде SpaceClaim, что обеспечило высокую точность соответствия анатомическим особенностям пациента (рисунок 2).

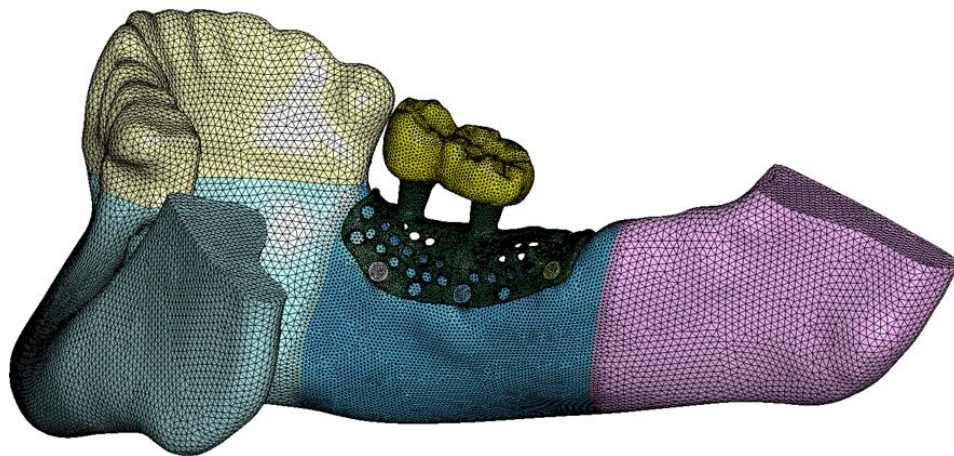


Рисунок 2 – Конечно-элементная модель системы «нижняя челюсть – титановая сетка – временный мостовидный протез»

Модель нижней челюсти была сегментирована на три блока с целью детализации участка, взаимодействующего с титановыми элементами и ортопедической конструкцией. На границах сопряжения геометрических фрагментов применялась генерация сетки с согласованной топологией, обеспечивающей точное наложение тетраэдральных элементов.

Цементное пространство моделировалось в зоне контакта штифтов с абатментами, жестко интегрированными в титановую сетку. Мембрана фиксировалась к костной ткани шестью винтами (по три с вестибулярной и оральной стороны) размерами $1,2 \times 4$ мм. Толщина кортикального слоя принималась равной 2 мм, что отражено в геометрической модели.

Вокруг каждого винта создавались вырезы в кортикальной и губчатой костях с целью повышения разрешающей способности сеточной модели в зоне максимальных нагрузок и последующего анализа напряжений вблизи резьбы фиксаторов.

Расчётные физико-механические характеристики материалов, включая модуль упругости и коэффициент Пуассона, приведены на основе экспериментальных данных, полученных при испытаниях порошкового титана, соответствующего регистрационному удостоверению РЗН 2019/8300 от 18.04.2019 и предназначенного для производства медицинских изделий методом SLS.

Клиническая оценка эффективности авторской методики костной регенерации с возможностью временного протезирования проведена на 48 пациентах с частичной адентией I–II классов по Кеннеди, разделённых на две равные группы в соответствии с критериями включения в исследование.

Критерии включения:

- Пациенты обоих полов в возрасте от 25 до 50 лет с частичной адентией, соответствующей I и II классам по классификации Кеннеди (МКБ-10: K08.1 — утрата зубов в результате травм, удаления или локализованного пародонтита).
- Наличие атрофии беззубого альвеолярного отростка (МКБ-10: K08.2).
- Отсутствие системных соматических заболеваний, способных оказывать влияние на костный метаболизм.
- Отсутствие психоневрологических расстройств и патологий центральной нервной системы.

Критерии невключения:

- Пациенты в возрасте младше 25 и старше 50 лет.
- Пациенты с частичной утратой зубов, классифицируемой как III или IV класс по Кеннеди (МКБ-10: K08.1).
- Диагностированные острые или хронические заболевания слизистой оболочки полости рта.
- Наличие соматических заболеваний, влияющих на костную ткань.
- Некомпенсированные сердечно-сосудистые патологии.
- Постоянный приём антикоагулянтов, а также глюкокортикостероидов и нестероидных противовоспалительных препаратов.
- Наличие вредных привычек, таких как курение и злоупотребление алкоголем.
- Психические и неврологические заболевания.

Критерии исключения:

- Добровольный отказ пациента от участия на любом этапе клинического исследования.
- Развитие в ходе наблюдения состояний, соответствующих критериям невключения.

В основной группе (n=24) применяли индивидуальные титановые сетки с одномоментной имплантацией и установкой временных несъёмных протезов. Всего установлено 53 имплантата (22 – верхняя, 31 – нижняя челюсть). Через 6 месяцев производилось удаление сеток и фиксация временных протезов на имплантатах, постоянное протезирование выполнялось спустя 14 дней.

В контрольной группе (n=24) осуществляли двухэтапную имплантацию с предварительной направленной костной регенерацией, используя индивидуальные титановые сетки, созданные методом

3D-печати. После 6 месяцев удаляли сетки и устанавливали 55 имплантатов (27 – верхняя, 28 – нижняя челюсть) по цифровому протоколу. Через 3 месяца имплантаты раскрывали, устанавливали формователи десны, а затем – постоянные конструкции.

Формирование клинической выборки включало стандартное стоматологическое обследование, лабораторную диагностику и оценку системных факторов, влияющих на метаболизм костной ткани. Особое внимание уделяли курящим пациентам и анатомическим особенностям слизистой оболочки. При тонком гингивальном фенотипе предварительно выполнялась пластика десны.

Диагностика включала фотопротоколирование, интраоральное сканирование и 3D-моделирование с изготовлением индивидуальных сеток и временных протезов. Гигиеническая оценка у пациентов основной группы проводилась через 14, 90 и 180 дней по индексу РНР. Морфометрическую оценку костного прироста выполняли после удаления сетки с использованием зонда, выбирая участки с максимальной регенерацией.

Раневое заживление регистрировали по индексу ЕНІ на 3, 7 и 14 сутки. В отдалённые сроки оценивали экспозицию сетки, некроз и резорбцию костного материала. Первичную и вторичную стабильность имплантатов фиксировали в день установки и на ключевых этапах протезирования с использованием резонансной частотной аналитики (RFA).

КЛКТ выполнялась на всех этапах: дооперационном, после операции, при удалении сетки, перед и после установки постоянных конструкций. Сравнение медианных значений прироста кости осуществлялось по трём равноудалённым точкам вдоль сетки, с применением виртуальной линейки.

Качество жизни оценивалось анкетой WHOQOL-BREF до вмешательства и на сроках 14, 30, 90 и 180 дней. Статистическая обработка проводилась в Excel 2019 и SPSS 25; визуализация — средствами Python (pandas, matplotlib, seaborn).

Этап статистической обработки данных проводился с использованием комплекса программных пакетов. Накопление экспериментальных результатов реализовано при помощи Microsoft Office Excel 2019. Графическая визуализация проводилась с использованием программного пакета python 3.0 (используемые библиотеки: pandas, numpy, matplotlib.pyplot, seaborn, scipy, os, tkinter и matplotlib.gridspec). Конечный статистический анализ реализован при помощи программного пакета IBM SPSS Statistics 25. Применение различных статистических моделей вне зависимости от выбранного теста подразумевало следующие условия: уровень значимости (α) 0,05; значимыми считались различия при значении тестовой статистики (F, t и т.д), приводящей к $p < 0,05$.

Результаты исследований

Анализ перемещений в математическом эксперименте показал, что при вертикальной нагрузке величина смещения верхней поверхности титановой перфорированной сетки составила всего 10 мкм. При воздействии угловых нагрузок под 45° в различных плоскостях наблюдалось более чем четырёхкратное увеличение деформаций, что указывает на необходимость учёта направления нагрузки при проектировании конструкции.

Результаты расчёта напряжений продемонстрировали, что в губчатом костном веществе значения максимальных напряжений колебались от 1,66 до 3,81 МПа, тогда как в кортикальной кости отмечены

более высокие показатели — от 81,91 до 152 МПа, особенно при воздействии угловых векторов нагрузки. Несмотря на это, все значения остаются в пределах допустимого диапазона, не превышая физиологические пределы прочности тканей.

В титановой сетке при вертикальной нагрузке зафиксировано напряжение порядка 411 МПа. При угловых нагрузках его значения превышали 1000 МПа, переходя в зону пластических деформаций. Максимумы напряжений локализовались в узком участке между малыми и большими перфорациями конструкции (рисунок 3).

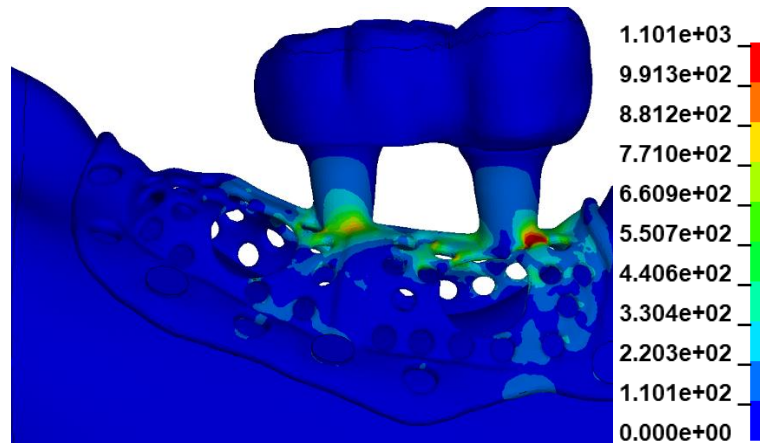


Рисунок 3 – Распределение напряжений в сетке. Закрепление шестью винтами. Нагрузка $F = 100$ Н на 2 коронки под углом 45° в плоскости ZY локальной системы координат.

С учётом результатов моделирования нами были даны рекомендации по увеличению толщины титановой сетки до 0,5 мм и оптимизации перфораций — исключение мелких отверстий вблизи зон повышенного напряжения, особенно у верхней поверхности, что позволит снизить риск локальной потери прочности и увеличить общую надёжность изделия.

На основе полученных данных была сформирована комплексная методика одномоментной дентальной имплантации с костной регенерацией и одновременным временным протезированием, ориентированная на клинические потребности пациентов с концевыми дефектами зубных рядов:

На дооперационном этапе пациентам с концевыми дефектами зубных рядов определяли межчелюстные отношения и межальвеолярную высоту, на основе которых выполнялось сканирование зубных рядов и КЛКТ. Объединение полученных данных в единую цифровую модель позволяло смоделировать утраченные зубы в оптимальном окклюзионном положении.

Для автоматизированной сегментации анатомических структур использовалась облачная платформа Diagnocat, формировавшая STL-модели на основе КЛКТ. Далее проводилось виртуальное планирование имплантации с учётом осевого совмещения имплантатов и предполагаемой геометрии протезов. Одновременно проектировались хирургические шаблоны и формировалась 3D-модель будущего костного объема, необходимого для последующей костной аугментации.

На модели челюсти моделировалась индивидуальная титановая сетка толщиной 0,5 мм, с перфорацией и отверстиями для фиксации и внесения костного материала. При проектировании учитывались анатомические ограничения, включая расположение ментального отверстия и

нижнечелюстного канала. Для точного позиционирования создавался шаблон, обеспечивающий правильную ориентацию сетки.

Все цифровые модели трансформировались в физические объекты методом аддитивного производства. Сетка изготавливалась по технологии селективного лазерного плавления на 3D-принтере Concept Laser M2 Cusing из титанового порошка, соответствующего ТУ 32.50.11–007-31072128-2018. Протезы и шаблоны создавались из сертифицированных фотополимеров, пригодных для клинического применения.

Хирургический этап включал установку имплантатов с применением шаблона, остеоперфорацию для стимуляции остеогенеза и размещение остеопластического материала (аутокость + ксеногенный трансплантат). Сетка фиксировалась титановыми винтами, а её поверхность покрывалась коллагеновой мембраной. Выполнялась мягкотканевая пластика с использованием свободного десневого трансплантата. После герметичного ушивания раны временные ортопедические конструкции фиксировались на абатменты с помощью цемента, а окклюзия корректировалась.

Через шесть месяцев сетка удалялась поэтапно после лоскутного доступа. В этот же период на имплантаты фиксировались временные коронки. Послеоперационное ведение включало стандартную медикаментозную терапию. Разработанная методика прошла доклиническую и клиническую валидацию, подтверждённую патентом РФ № 2793523 от 04.04.2023.

Результаты клинических исследований

В послеоперационном периоде у всех пациентов обеих групп отмечалось неосложнённое течение, с первичным заживлением ран и снятием швов на 14-е сутки. По индексу ЕНІ выявлены различия динамики регенерации в зависимости от челюстной локализации: на 3-и и 7-е сутки в основной группе значения ЕНІ были статистически выше на верхней челюсти — на 47 % ($p=0,002$) и 97 % ($p=0,011$) соответственно. К 14-м суткам различия нивелировались ($p=0,285$), при сохраняющейся тенденции (рисунок 4).

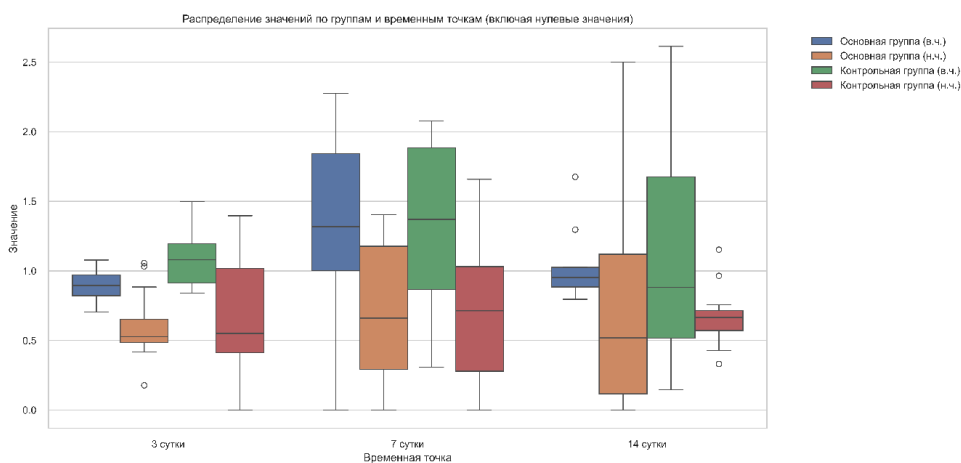


Рисунок 4 – Динамические изменения индекса заживления ран (ЕНІ), распределение значений для всех групп анализа (box-plot).

В контрольной группе также отмечалась разница в заживлении между челюстями: на 7-е сутки ЕНІ на верхней челюсти превышал нижнечелюстной на 80 % ($p=0,031$), на 14-е — на 67 % ($p=0,106$), что

свидетельствует о более благоприятном заживлении на нижней челюсти и не позволило объединить данные по челюстям. По результатам Repeated Measures ANOVA, внутри каждой группы изменения ЕНІ во времени были статистически незначимы, тогда как межгрупповое отличие зафиксировано только на 3-и сутки на верхней челюсти (разница 0,2; $p = 0,025$).

На 3-и сутки в основной группе индекс ЕНІ = 1 регистрировался у 8 пациентов на верхней и 6 — на нижней челюсти; индекс = 2 — у 3 и 1 пациента соответственно. В контрольной группе индекс 1 отмечен у 7 и 5 пациентов, индекс 2 — у 2 на каждой челюсти. На 7-е сутки у ряда пациентов наблюдалось усиление фибринозного налёта, к 14-м суткам — в основном стабилизация, за исключением единичных случаев индекса 3, потребовавших отсроченного снятия швов до 21-х суток.

Поздние осложнения включали экспозицию титановой сетки у 3 пациентов верхнечелюстной области в каждой группе (27 % и 30 %) и у одного пациента основной группы на нижней челюсти (9 %). Инфицирования не отмечено. Всем пациентам сетка была удалена; в контрольной группе — с одновременной установкой имплантатов. Спустя 3 месяца произведено раскрытие, через 2 недели — постоянное протезирование.

Оценка гигиены полости рта с использованием индекса РНР проводилась на 14-е сутки, а также через 3 и 6 месяцев после установки титановой сетки. На раннем этапе значения индекса (1,47–1,61) соответствовали удовлетворительному уровню, что связано со снижением качества самостоятельного ухода в послеоперационный период. Статистически значимых различий между челюстями по парному t-критерию не выявлено на всех сроках наблюдения (рисунок 5).

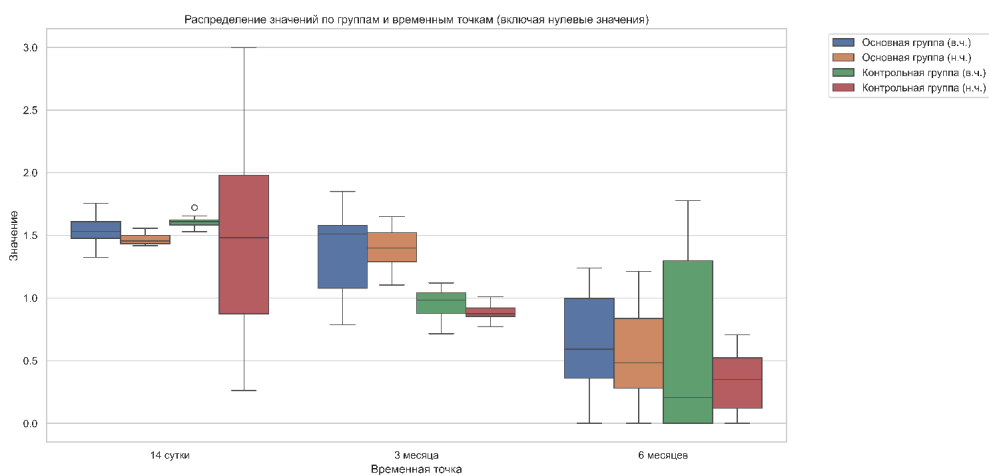


Рисунок 5 – Динамические изменения гигиенического индекса РНР, распределение значений для всех групп анализа (box-plot)

На всех сроках наблюдения индекс РНР по верхней челюсти был выше, чем по нижней (разница 0,03–0,27). Пациентам основной группы с временными несъёмными протезами предоставлялись индивидуальные рекомендации, включая применение ирригатора.

Через 3 месяца в контрольной группе зафиксировано значительное улучшение гигиены: индекс РНР составил $0,96 \pm 0,13$ (верхняя челюсть) и $0,89 \pm 0,06$ (нижняя), что соответствует хорошему уровню. В основной группе также отмечено снижение до 1,36–1,39, однако показатели оставались в пределах

удовлетворительных значений, что могло быть связано с труднодоступными зонами очистки конструкции или недостаточной мотивацией пациентов.

К 6 месяцам обе группы достигли уровня хорошей гигиены (0,64–0,56 в основной и 0,60–0,33 в контрольной группе), при этом положительная динамика прослеживалась на всех этапах. На 3-м месяце выявлены значимые межгрупповые различия в пользу контрольной группы.

У семи пациентов (4 — основная группа, 3 — контрольная) с неудовлетворительным индексом РНР к 4-му месяцу зафиксирована экспозиция сетки. Отмечено выраженное накопление налёта на временных протезах, фиксированных к титановой сетке; часть пациентов избегала гигиенических процедур, опасаясь повредить зону вмешательства.

Полученные данные подчёркивают важность регулярного профессионального контроля и мотивации пациентов к соблюдению гигиены на всех этапах имплантационного лечения.

Морфометрическая оценка объема новообразованной костной ткани проводилась в момент удаления индивидуализированной титановой сетки путём измерения в трёх равноудалённых точках по длине конструкции с использованием пуговчатого зонда. Для расчёта прироста костной ткани вычитались показатели исходного уровня кости пациента (рисунок 6).

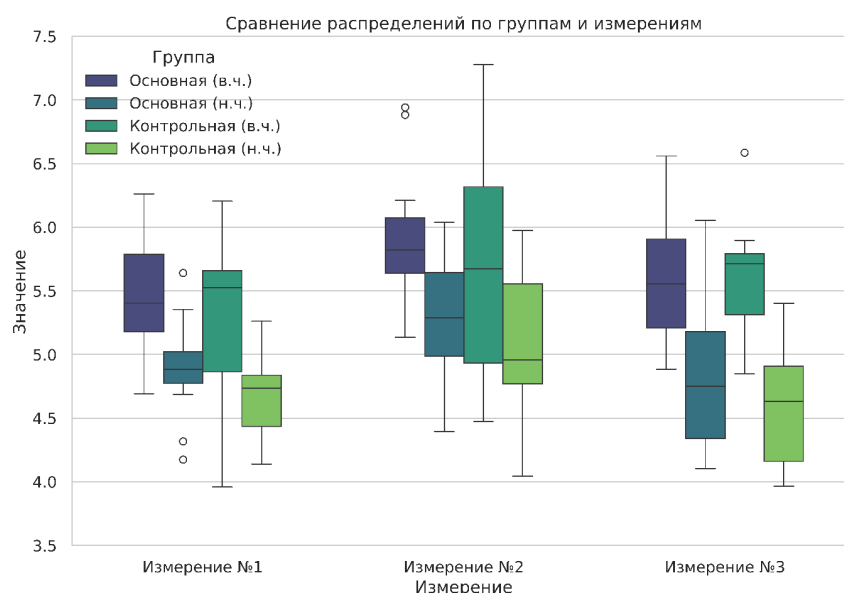


Рисунок 6 – Графическая визуализация значений прироста костной ткани у пациентов исследуемой группы по результатам морфометрического анализа

Статистический анализ показал более выраженную костную регенерацию в области верхней челюсти в обеих группах. В основной группе прирост кости в точках №1–3 превышал показатели нижней челюсти на 12,24% ($\Delta = 0,60$ мм, $p = 0,003$), 11,11% ($\Delta = 0,59$ мм, $p = 0,013$) и 15,94% ($\Delta = 0,77$ мм, $p = 0,002$) соответственно. В контрольной группе наибольшее отличие зафиксировано в точке №3 — 29,91% ($\Delta = 1,01$ мм, $p < 0,001$), с аналогичными тенденциями в точках №1 и №2.

Однофакторный дисперсионный анализ не выявил статистически значимых различий между группами в верхней челюсти (разброс 1–8,5%), тогда как в нижней челюсти отмечены значимые различия в точках №2 и №3: в основной группе $\Delta = 0,48$ мм ($p = 0,050$), в контрольной — $\Delta = 0,49$ мм ($p = 0,028$).

Парное межгрупповое сравнение показало близкие результаты остеогенеза во всех точках, с незначительным преобладанием основной группы (максимальное различие — 0,22 мм), что указывает на сопоставимую эффективность методов направленной костной регенерации. Морфометрический анализ подтвердил тенденцию к большему объему регенерата в верхней челюсти у пациентов основной группы.

Рентгенологический анализ подтвердил положительную динамику остеогенеза в обеих группах. В основной группе вертикальный прирост в нижней челюсти превышал показатели верхней, достигая 20,7% ($p < 0,001$). Горизонтальный прирост также был статистически значим, за исключением одной точки ($p = 0,358$). Схожие тенденции наблюдались и в контрольной группе (рисунок 7).

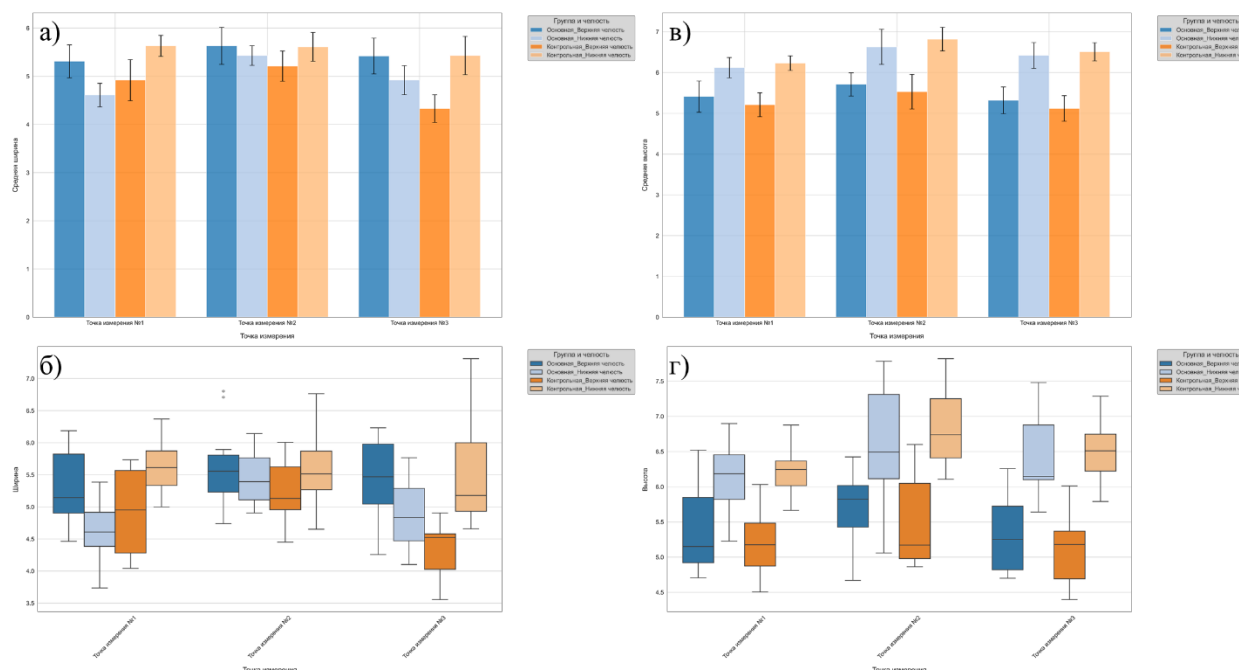


Рисунок 7 – Графическая визуализация для различных групп и зон вмешательства: (а) – средние значения различий в ширине альвеолярной кости до вмешательства и после формирования регенерата под сеткой; (б) – распределение значений различий в ширине альвеолярной кости до вмешательства и после формирования регенерата под сеткой; (в) – средние значения различий в высоте альвеолярной кости до вмешательства и после формирования регенерата под сеткой; (г) – распределение значений различий в высоте альвеолярной кости до вмешательства и после формирования регенерата под сеткой

ANOVA не выявил значимых различий по приросту костной ткани в верхней челюсти (до 6,83%), однако в нижней челюсти ширина прироста отличалась достоверно ($p < 0,001$), при этом клинически разница не превышала 0,82 мм. Вертикальные различия по высоте были незначительными (до 5,5%). Парные сравнения выявили незначительную разницу вертикального прироста между группами: 0,19 мм (верхняя челюсть) и 0,13 мм (нижняя). Статистически значимое горизонтальное различие зафиксировано в точке №3 верхней челюсти ($\Delta = 1,09$ мм, $p < 0,001$) и точке №1 нижней челюсти ($\Delta = 1,02$ мм, $p < 0,001$), остальные показатели отличались в пределах 0,35–0,41 мм.

В обеих группах наблюдалось стабильное формирование костного объема в вертикальной и горизонтальной проекциях, с более выраженным остеогенезом в основной группе. Рентгенологическое наблюдение через 12 месяцев показало сохранение физиологического уровня краевой кости: резорбция не превышала 0,8–1,2 мм ($p > 0,05$), что находится в пределах допустимых 1,5 мм.

Морфометрия при удалении сеток продемонстрировала сопоставимые результаты: прирост по ширине в основной группе составил 5,67 мм (в/ч) и 5,01 мм (н/ч), в контрольной — 5,54 мм и 4,80 мм. Рентгенологически отмечены приросты 5,45 мм и 4,99 мм в основной группе и 4,82 мм и 5,56 мм — в контрольной. Среднее расхождение между методами составило 1,45%.

Оценка стабильности дентальных имплантатов в исследуемых группах осуществлялась с использованием метода резонансной частотной аналитики (RFA) на этапах установки, временного и постоянного протезирования, а также через 12 месяцев после операции (рисунок 8). Установлено 108 имплантатов в области верхней и нижней челюстей. В основной группе протезирование выполнено в среднем через 6,5 месяцев, в контрольной — через 9,5 месяцев. Показатели КСИ на всех этапах находились в пределах 71–82 у.е., что свидетельствует о надёжной остеоинтеграции.

По данным t-критерия выявлены достоверные различия КСИ между челюстями: при установке имплантатов показатели на нижней челюсти превышали верхнечелюстные в обеих группах (основная — 82 ± 5 против 76 ± 4 у.е., $p = 0,000$; контрольная — 80 ± 4 против 77 ± 5 у.е., $p = 0,001$). Межгрупповые различия в этот период были статистически незначимыми.

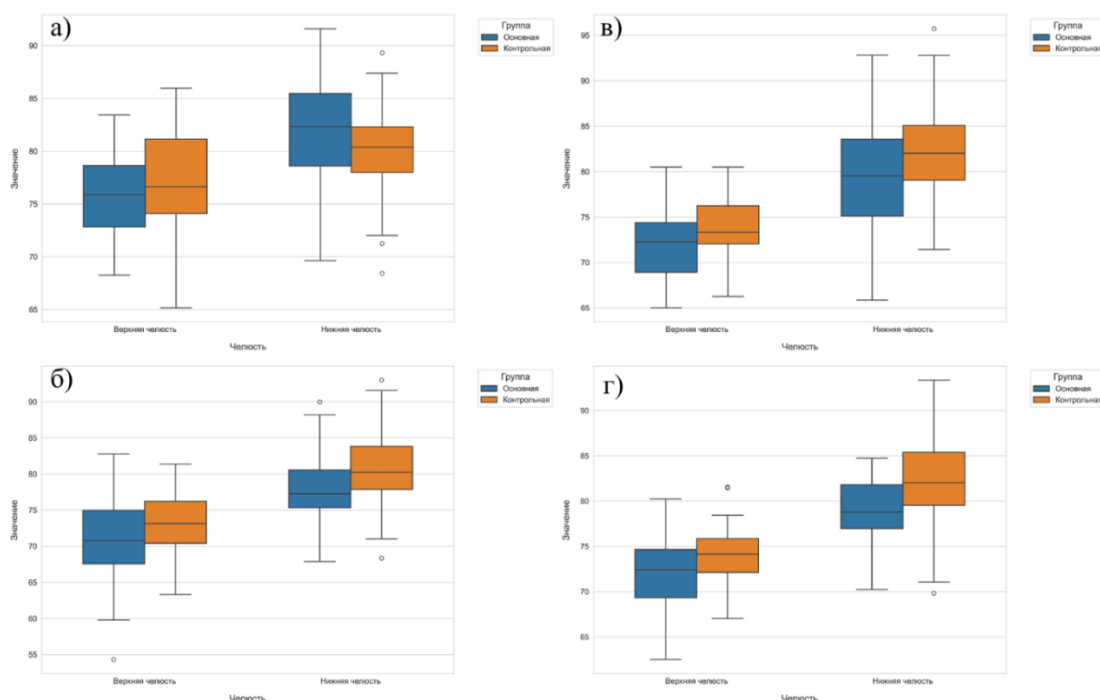


Рисунок 8 – Распределение значений КСИ для различных групп анализа и зон вмешательства: (а) – Установка; (б) – Временное протезирование; (в) – Постоянное протезирование; (г) – 1 год наблюдения

На этапе временного протезирования зафиксировано физиологическое снижение КСИ, связанное с ремоделированием: основная группа — 71 ± 6 (в/ч) и 78 ± 5 у.е. (н/ч); контрольная — 73 ± 4 и 81 ± 5 у.е.

соответственно. Различия между челюстями оставались значимыми, но показатели соответствовали диапазону функциональной нагрузки (60–85 у.е.).

После постоянного протезирования значения КСИ стабилизировались: в основной группе — 72 ± 4 (в/ч) и 79 ± 6 у.е. (н/ч), в контрольной — 74 ± 3 и 82 ± 5 у.е. Разница между челюстями составила 10% ($p = 0,000$), подтверждая устойчивую интеграцию. Через год параметры КСИ оставались стабильными в обеих группах, несмотря на более ранние сроки протезирования в основной, что указывает на сопоставимую надёжность имплантации.

Оценка качества жизни (КЖ) пациентов проводилась в динамике — до вмешательства и на 14, 30, 90 и 180 сутки после операции, с анализом таких доменов, как физическое здоровье (ФЗ), психофизиологическое состояние (ПФЗ), социальные взаимоотношения (СВ), окружающая среда (ОС) и интегральный показатель общего качества жизни (ОКЖ) (таблица 1).

Таблица 1 – Сравнительный межгрупповой анализ результатов оценки качества жизни

Показатель	Δ “До”	Δ “180 сутки”	Абсолютный прирост основная группа	Абсолютный прирост контрольная группа
ФЗ	+1,4	+9,0	+9,4	+1,8
ПФЗ	+0,2	+7,7	+8,0	+0,5
СВ	+0,2	+2,1	+2,3	+0,4
ОС	+0,4	+3,5	+4,1	+1,0
ОКЖ	+2%	+25%	+26%	+3%

У пациентов основной группы отмечено выраженное улучшение всех показателей качества жизни. Физическое здоровье (ФЗ) увеличилось на 68,1% — с $13,80 \pm 2,96$ до $23,20 \pm 3,68$ балла к 180-м суткам, а доля положительных оценок выросла с 27% до 60%. В контрольной группе прирост ФЗ составил лишь 14,5% без устойчивой динамики.

Психофизическое здоровье (ПФЗ) в основной группе выросло на 61,5% (с $13,00 \pm 2,15$ до $21,00 \pm 3,47$), в то время как в контрольной — только на 3,9%.

Социальные взаимоотношения (СВ) улучшились на 26,4% в основной группе (с $8,70 \pm 2,55$ до $11,00 \pm 2,66$), тогда как в контрольной — всего на 4,7%.

Показатель удовлетворённости окружающей средой (ОС) в основной группе увеличился на 15,6%, а в контрольной — на 3,9%.

Интегральный показатель общего качества жизни (ОКЖ) в основной группе вырос с 39% до 65%, в контрольной — лишь с 37% до 40%. Основная группа показала значительное преимущество, особенно по параметрам ФЗ и ПФЗ, где прирост превышал контрольную в 4–8 раз.

Таким образом, применение индивидуализированных титановых сеток с временным протезированием обеспечивало существенное улучшение качества жизни, в отличие от стандартного подхода, показавшего ограниченную эффективность.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Перспективы дальнейшей разработки темы

Результаты диссертационного исследования обладают высокой практической ценностью для клинической стоматологии и перспективны для дальнейших научных разработок. Разработанные

технологии временной ортопедической реабилитации при дефектах зубных рядов в условиях ограниченной анатомии демонстрируют потенциал для использования в качестве постоянных решений, при условии адаптации конструкции и проведения масштабных клинических исследований. Представленный алгоритм проектирования и валидации может быть использован как методологическая база для создания индивидуализированных титановых конструкций, учитывающих различные клинико-анатомические особенности.

Выводы

1. Разработана индивидуализированная титановая сетка с элементами фиксации временных несъёмных протезов, обеспечивающая ортопедическую реабилитацию пациентов с концевыми дефектами зубных рядов в условиях ограниченной возможности немедленной дентальной имплантации.

2. Проведённый по результатам математического моделирования анализ напряжённо-деформированного состояния показал, что в губчатом и кортикальном костном веществе уровни напряжений варьировали в пределах от 1,66 до 152 МПа в зависимости от направления нагрузки, оставаясь в пределах физиологической нормы, в то время как в титановой сетке имеющей толщину 0,5 мм при воздействии угловых нагрузок значения напряжений превышали 1000 МПа, достигая зоны пластических деформаций с локализацией пиковых значений в зоне между малыми и крупными перфорациями конструкции.

3. Разработана технология цифрового проектирования и аддитивного изготовления персонализированной титановой сетчатой конструкции для направленной регенерации костной ткани, совмещённая с разработанным клиническим протоколом одномоментной дентальной имплантации и временного несъёмного протезирования у пациентов с концевыми дефектами зубных рядов и выраженной атрофией альвеолярного отростка (Патент РФ № 2793523 от 04.04.2023).

4. Согласно данным морфометрического анализа, средний прирост абсолютных значений костной ткани в зоне нижней челюсти основной группы анализа составил 5,0 мм, верхней 5,6 мм (9,04 %, $p = 0,050$). Контрольная группа демонстрировала абсолютную величину изменений 4,8 мм на нижней челюсти и 5,5 мм на верхней (9,61 %, $p = 0,028$).

5. Рентгенологический анализ показал достоверное увеличение объема костной ткани в вертикальном и горизонтальном направлениях альвеолярного отростка у пациентов обеих клинических групп, при этом в основной группе зафиксированы статистически значимые ($p < 0,05$) приросты по высоте ($16,64 \pm 3,81$ %) и ширине ($11,25 \pm 2,73$ %); однако межгрупповые различия средних значений в области верхней челюсти по указанным параметрам не достигли уровня статистической значимости.

6. Результаты исследования качества жизни посредством анализа компонент физического и психофизиологического здоровья, социальных взаимоотношений, качества окружающей среды (ОС) и интегрального показателя общего качества жизни демонстрировали высокую эффективность применения индивидуальных титановых сеток у пациентов основной группы, что выражалось в значительном и стабильном повышении (более 50 % от дооперационного периода) всех параметров качества жизни. Контрольная группа, напротив, характеризовалась низкой динамикой и отсутствием выраженного клинического улучшения, что подтверждало необходимость временного протезирования на период направленной костной регенерации и интеграции дентальных имплантатов.

Практические рекомендации

1. В процессе цифрового проектирования индивидуализированной титановой сетки, предназначенной для направленной костной регенерации и временной фиксации мостовидных ортопедических конструкций, рекомендуется обязательное предварительное определение оптимального положения дентальных имплантатов с использованием виртуального 3D-моделирования, ориентированного на ортопедически обоснованную позицию, что позволяет обеспечить точное соответствие анатомическим условиям, снизить риск смещения конструкции, повысить стабильность остеогенеза и упростить последующие хирургические и ортопедические этапы лечения.

2. С целью снижения риска экспозиции индивидуализированной титановой сетки у пациентов с тонким гингивальным фенотипом и недостаточной глубиной преддверия в области предполагаемой имплантации, рекомендуется за 6–8 недель до проведения основного хирургического вмешательства выполнять предварительную пластику зоны вмешательства. Оптимальной тактикой является проведение хирургического углубления преддверия полости рта с одновременным увеличением зоны прикреплённой кератинизированной десны путём трансплантации свободного эпителизированного аутоотрансплантата, полученного с твёрдого нёба пациента. Подобная подготовка мягкотканого ложа способствует улучшению условий для адаптации слизистого лоскута, снижает натяжение в послеоперационном периоде и, как следствие, минимизирует вероятность преждевременного обнажения сетчатой конструкции.

3. С учётом результатов моделирования и анализа напряжённо-деформированного состояния титановой конструкции, в качестве практической рекомендации обоснованно увеличение толщины индивидуальной титановой сетки свыше 0,5 мм с целью повышения её механической прочности и устойчивости к пластическим деформациям. Дополнительно, при проектировании перфорации в верхней трети конструкции следует избегать размещения мелких отверстий вблизи друг друга, особенно в зонах с минимальной толщиной материала, поскольку такие участки формируют критически напряжённые области, подверженные локальному накоплению деформации и риску потери структурной целостности.

4. В целях обеспечения эффективного и равномерного распределения остеопластического материала под индивидуализированной титановой сеткой, целесообразно предусматривать в

конструкции дополнительные технологические отверстия в верхнем сегменте сетки. Их наличие способствует плотному внесению, направленной укладке и адекватной конденсации костнозамещающего материала, что является важным условием для формирования стабильного объёма регенерата и достижения предсказуемого остеогенеза. Размещение таких отверстий должно быть продумано с учётом сохранения механической прочности конструкции и предотвращения локальных зон перегрузки.

5. В ходе хирургического вмешательства, направленного на установку индивидуализированной титановой сетчатой конструкции для направленной костной регенерации, целесообразно применять многослойный протокол мягкотканой изоляции. Рекомендуется полностью перекрывать сетку резорбируемой коллагеновой мембраной, что способствует стабилизации остеопластического материала, ограничивает прорастание эпителиальной ткани и снижает риск микроподвижности регенерата. Дополнительно, в области шейки формируемых абатментов рационально использовать деэпителизированный соединительнотканый трансплантат, полученный из твёрдого нёба пациента, для увеличения толщины мягких тканей и улучшения их адаптации к протезной конструкции. Данная методика способствует формированию герметичной зоны перехода имплантат–мягкие ткани, улучшает эстетику и снижает вероятность воспалительных осложнений в раннем послеоперационном периоде.

6. При проектировании абатментной части индивидуализированной титановой сетчатой конструкции, предназначенной для направленной костной регенерации с возможностью временного протезирования, необходимо учитывать совокупную толщину тканей, перекрывающих зону вмешательства. В расчет должны включаться как индивидуальные анатомические особенности пациента (в частности, толщина слизистой оболочки в области предполагаемой имплантации), так и дополнительные параметры, обусловленные применением вспомогательных биоматериалов: резорбируемых коллагеновых мембран и мягкотканевых трансплантатов.

7. Пациентам, использующим несъёмные зубные протезы, зафиксированные на индивидуализированной титановой сетке, необходимо обеспечивать постоянный клинический контроль и проводить регулярные гигиенические консультации на всех этапах стоматологической реабилитации. Обучение правильной технике ухода за полостью рта должно сопровождаться формированием мотивации к соблюдению индивидуального гигиенического режима, с акцентом на необходимость применения вспомогательных средств, включая ирригаторы, межзубные ёршики и антисептические растворы. Это особенно актуально в раннем послеоперационном периоде и в процессе временного протезирования, когда ограничен доступ к поддесневым зонам конструкции. Несоблюдение этих рекомендаций существенно повышает риск воспалительных осложнений, экспозиции сетки и нарушений остеоинтеграции имплантатов. Следовательно, поддержание высокого уровня гигиены полости рта следует рассматривать как критически важный компонент успешного исхода лечения с применением индивидуальных титановых конструкций.

СПИСОК РАБОТ, ОПУБЛИКОВАННЫХ АВТОРОМ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ

Публикации в изданиях, рекомендованных Перечнями РУДН/ВАК

1. **Аветисян З.А.**, Степанов А.Г., Апресян С.В., Копылов М.В. Разработка конструкции индивидуальной титановой мембраны с элементами фиксации временных несъемных зубных протезов. Российский вестник дентальной имплантологии. 2023; 1(59): 18-24.

2. Копылов М. В., Степанов А. Г., Апресян С. В., **Аветисян З.А.** Клиническая эффективность способа замещения костных дефектов челюстей с возможностью временного зубного протезирования на период интеграции дентальных имплантатов. Проблемы стоматологии. – 2025; 1: 119-126. DOI: 10.18481/2077 7566 2025 21 1-119-126.

3. Саркисов Д. С., Степанов А. Г., Апресян С. В., **Аветисян З. А.** Клиническая эффективность применения навигационных хирургических шаблонов оптимизированной конструкции. Проблемы стоматологии. 2025; 1: 135-141. DOI: 10.18481/2077 7566 2025 21 1-135-141.

Публикации в иных изданиях:

4. Разработка конструкции индивидуальной титановой мембраны с элементами фиксации временных несъемных зубных протезов / **З. А. Аветисян**, А. Г. Степанов, С. В. Апресян, М. В. Копылов // Актуальные вопросы стоматологии: сборник тезисов межвузовской конференции, Москва, 09 ноября 2023 года. – Москва: Российский университет дружбы народов имени Патриса Лумумбы, 2023. – С. 5-8. – EDN HSY PXD.

5. Джалалова М.В., Королькова О.П., Степанов А.Г., Апресян С.В., Копылов М.В., **Аветисян З.А.** Исследование напряженно-деформированного состояния индивидуальной титановой сетки для направленной костной регенерации. Сборник «Ломоносовские чтения – 2024». Секция механики: Ежегодная научная конференция, 20 марта – 4 апреля 2024 г., механико-математический факультет, НИИ механики МГУ имени М.В. Ломоносова: тезисы докладов. Изд-во Моск. ун-та (М). 2024. С. 56.

Патент:

6. Способ замещения костных дефектов челюстей с возможностью временного зубного протезирования на период интеграции дентальных имплантатов: Пат. 2793523 РФ. МПК А61С 9/00 / А.Г. Степанов, С.В. Апресян, М.В. Джалалова, М.В. Копылов, **З.А. Аветисян**; заяв. 16.02.2023; опуб. 04.04.2023, Бюл. №10 – 14 с.

7.

Аветисян З.А.

«Экспериментально-клиническое обоснование использования индивидуальных титановых мембран для направленной костной регенерации, изготовленных методом объемной печати»

В рамках проведенного исследования сформирован усовершенствованный клинический протокол дентальной имплантации, предназначенный для пациентов с концевыми дефектами зубных рядов, который объединяет этапы одномоментной направленной костной регенерации, установки имплантатов и временного протезирования. Индивидуализированная титановая мембрана с элементами фиксации временных несъемных ортопедических конструкций была спроектирована с применением численного моделирования методом конечных элементов. Морфометрический анализ подтвердил прирост костной ткани: в основной группе средние абсолютные значения увеличения составили 5,0 мм в области нижней челюсти и 5,6 мм — верхней (9,04 %, $p = 0,050$), в то время как в контрольной — 4,8 мм и 5,5 мм соответственно (9,61 %, $p = 0,028$). Реализация предложенного протокола способствовала

восстановлению функциональных и эстетических параметров, а также значительному повышению качества жизни и социальной адаптации пациентов.

Avetisyan Z.A.

"Experimental and clinical substantiation of the use of individual titanium membranes for targeted bone regeneration produced by volumetric printing"

As part of the study, an improved clinical dental implantation protocol was developed for patients with distally unlimited dental defects, which combines the stages of simultaneous targeted bone regeneration, implant placement, and temporary prosthetics. An individualized titanium membrane with fixing elements for temporary non-removable orthopedic structures was designed using numerical finite element modeling. Morphometric analysis confirmed the increase in bone tissue: in the main group, the average absolute magnifications were 5.0 mm in the lower jaw and 5.6 mm in the upper jaw (9.04%, $p = 0.050$), while in the control group they were 4.8 mm and 5.5 mm, respectively (9.61%, $p = 0.028$). The implementation of the proposed protocol contributed to the restoration of functional and aesthetic parameters, as well as a significant improvement in the quality of life and social adaptation of patients.