

**БОГОМОЛОВА Юлия Борисовна**

**ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНО-КЛИНИЧЕСКОЕ И БИОМЕХАНИЧЕСКОЕ  
ОБОСНОВАНИЕ ВИНТОВОЙ ФИКСАЦИИ  
ИМПЛАНТАЦИОННЫХ ПРОТЕЗОВ**

3.1.7. Стоматология

**Автореферат**

диссертации на соискание учёной степени

кандидата медицинских наук

Работа выполнена в федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего образования «Приволжский исследовательский медицинский университет» Министерства здравоохранения Российской Федерации на кафедре ортопедической стоматологии и ортодонтии.

**Научный руководитель:**

доктор медицинских наук, доцент **Саакян Михаил Юрьевич**

**Официальные оппоненты:**

**Аболмасов Николай Николаевич**, доктор медицинских наук, профессор, федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Смоленский государственный медицинский университет» Министерства здравоохранения Российской Федерации, заведующий кафедрой ортопедической стоматологии с курсом ортодонтии;

**Фадеев Роман Александрович**, доктор медицинских наук, профессор, федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Северо-Западный государственный медицинский университет имени И.И. Мечникова» Министерства здравоохранения Российской Федерации, заведующий кафедрой ортопедической стоматологии.

**Ведущая организация:** Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Российский университет дружбы народов имени Патриса Лумумбы».

Защита диссертации состоится «\_\_» \_\_\_\_\_ 2025 г. в \_\_\_\_ часов на заседании диссертационного совета (21.2.071.01) при федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Тверской государственный медицинский университет» Министерства здравоохранения Российской Федерации по адресу: 170100, Тверь, ул. Советская, д. 4.

С диссертацией можно ознакомиться в научной библиотеке ФГБОУ ВО Тверской ГМУ Минздрава России и на сайте [www.tvgmu.ru](http://www.tvgmu.ru)

Автореферат разослан «\_\_» \_\_\_\_\_ 2025 г.

Ученый секретарь  
диссертационного совета,  
доктор медицинских наук, доцент

**Мурга Владимир Вячеславович**

## ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

**Актуальность исследования.** В настоящее время распространенность частичной потери зубов, по данным ВОЗ, составляет от 40 % до 75 % случаев, причем встречается во всех возрастных группах. Неуклонный рост числа таких пациентов является одной из главных причин высокой потребности населения в ортопедическом лечении с применением различных конструкций, в том числе с опорой на имплантаты.

В то же время, как показал многолетний опыт применения имплантационных протезов, их эффективность не является абсолютной, а частота осложнений и потери имплантатов в сроки до 8 лет составляет от 4 % до 15 %. Несмотря на их популярность в практическом здравоохранении и достаточно большое число исследований по этой проблеме, до сих пор остаются нерешенными ряд вопросов.

Так, например, В.Н. Олесова с соавт. (2010), Anchieta (2016), С.Ю. Иванов с соавт. (2017), А.А. Кулаков (2018), R.B. Jingxiao Zhong (2020), Р.Ш. Гветадзе (2021), Н.Н. Аболмасов (2024) обращают внимание на возможность развития прогрессирующей резорбции периимплантатной костной ткани не только под влиянием функциональной перегрузки, но и недостаточной точности и надежности фиксации самой конструкции имплантационного протеза.

Кроме того, поскольку подавляющее большинство протезов на дентальных имплантатах относятся к несъемным конструкциям, способ их фиксации (винтовой или цементный) является методом выбора, который авторами трактуется по-разному, что также требует изучения и систематизации.

В настоящее время все более популярным становится винтовой способ фиксации имплантационных протезов. Однако и в этом случае имеются определенные сложности в так называемой «пассивной посадке», когда протез после изготовления полностью не накладывается и требуется дополнительная припасовка в области соединения «абатмент — имплантат» до полного его наложения на платформу имплантата. Особенно часто это наблюдается при использовании в качестве опоры нескольких имплантатов. Как отмечают многие исследователи, С.И. Буланов (2018), А.В. Иващенко (2018), И.А. Метелев (2019), Ю.А. Вокулова (2023), это происходит

не только из-за низкого качества оттиска или погрешностей в техническом исполнении протезов, но также из-за неизбежного отсутствия параллельности установки имплантатов даже с применением навигационного хирургического шаблона.

Наряду с обозначенными выше проблемами до сих пор отсутствует достоверный способ определения пространственного положения уже установленных имплантатов. Применение для этих целей конусно-лучевой компьютерной томографии не обеспечивает точного расчета угла расхождения имплантатов, а предложенные для этого специализированные программы и методики направлены, прежде всего, на изучение расхождения между запланированным и фактическим их положением. Отсутствие же автоматизированного способа определения фактического положения имплантатов в трехмерном пространстве костной ткани затрудняет обоснованный выбор применения винтового способа фиксации протеза на дентальных имплантатах. Таким образом, вопрос выбора винтовой или цементной фиксации при разном пространственном положении имплантатов в альвеолярной кости по-прежнему остается открытым.

Более того, изучение специальной литературы, в том числе результатов исследования Е.Е. Олесова с соавт. (2021), показали, что средний срок функционирования мостовидных протезов с опорой на имплантаты ниже, чем для одиночных коронок. Данный факт может быть связан с отсутствием достаточной информации об особенностях протезирования ортопедическими конструкциями с опорой более чем на один имплантат, в том числе обоснованными показаниями к выбору способа фиксации: винтовой или цементной, а также их супраструктуры.

Имеются публикации о биомеханических особенностях распределения напряжений в костной ткани и элементах ортопедической конструкции при восстановлении зубных рядов одиночными искусственными коронками с опорой на имплантаты. В то же время весьма мало исследований о распределении функциональной нагрузки при применении соединительного каркаса мостовидных имплантационных протезов, что также требует более детального изучения.

Таким образом, поиск оптимального пространственного положения установленных имплантатов, при котором применение винтового способа фиксации мосто-

видной конструкции не влечет за собой развития запорогового напряжения в костной ткани с последующей ее резорбцией, а также изучение биомеханики распределения функциональных напряжений как в конструкционной системе абатмент — имплантат, так и в костной ткани определяют актуальность настоящего исследования.

**Степень разработанности темы исследования.** Анализ данных специальной литературы показывает, что в настоящее время мнение клиницистов о выборе оптимального способа фиксации имплантационных протезов остается достаточно противоречивым. По мнению А.А. Утюж (2018), Т. Linkevicius (2020) и других авторов, винтовая фиксация до сих пор не получила должного обоснования для применения несмотря на наличие существенных преимуществ. Также остаются не изученными вопросы взаимосвязи между конструктивными особенностями имплантатов (тип соединения с абатментом) и способами фиксации ортопедических конструкций.

Изучением особенностей биомеханики имплантационных протезов занимались такие авторы как Р.Д. Каирбеков (2013), Н.А. Узунян (2017), А.А. Мураев (2019), А.А. Стрекалов (2021) и др. Однако, полученные при этом противоречивые результаты о прочности фиксирующих соединений в системе протез — абатмент — имплантат требуют дополнительных исследований. Более того, специальные биомеханические исследования по обоснованию применения винтового способа фиксации имплантационных протезов при различном пространственном положении имплантатов в зависимости от типа их соединения с абатментом ранее детально не изучались.

Многие исследователи отмечают сложность изготовления протезов с винтовой фиксацией из-за невозможности достижения «пассивной припасовки» имплантационного протеза, поэтому изучение этого вопроса по-прежнему остается открытым.

Наряду с этим остаются не разработанными клинические рекомендации для выбора способа фиксации имплантационных протезов, не обоснованы в достаточной степени показания и противопоказания к применению винтовой фиксации ортопедических конструкций с опорой на более чем один имплантат в зависимости от их конструктивных особенностей, способы определения пространственного положения установленных имплантатов и другие факторы.

Таким образом, вопросы обоснованного применения винтовой фиксации имплантационных протезов, в частности мостовидных ортопедических конструкций, с более эффективным предварительным планированием и прогнозированием результатов ортопедической реабилитации пациентов с частичной потерей зубов требуют дальнейшего изучения.

**Цель исследования.** Повышение эффективности ортопедического лечения с применением винтовой фиксации имплантационных протезов у пациентов с частичной потерей зубов.

**Задачи исследования:**

1. Провести ретроспективный анализ частоты применения врачами-стоматологами цементной и/или винтовой фиксации имплантационных протезов по данным амбулаторных карт больных, прошедших ортопедическое лечение за 1–5-летний период.

2. Изучить биомеханику имплантационных протезов с винтовым способом фиксации.

3. Разработать и внедрить в клиническую практику автоматизированную программу определения пространственного положения дентальных имплантатов.

4. Изучить прецизионность имплантационных протезов с винтовым способом фиксации при различном пространственном положении имплантатов в эксперименте.

5. Изучить особенности клинического применения имплантационных протезов с винтовым способом фиксации.

6. Разработать алгоритм планирования и выбора способа фиксации имплантационных протезов.

**Научная новизна.** Проведена оценка частоты применения цементного и винтового способов фиксации имплантационных протезов путем ретроспективного анализа медицинской документации.

Впервые проведено математическое моделирование распределения упругих напряжений в костной ткани при ортопедическом лечении имплантационными

протезами при различном пространственном положении имплантатов с учетом типов их соединения с абатментами.

Разработана и внедрена в клиническую практику автоматизированная программа определения пространственного положения установленных имплантатов и впервые проведено экспериментальное изучение прецизионности имплантационных протезов с винтовым способом фиксации с помощью мультимодальной оптической когерентной томографии.

Разработаны и внедрены в клиническую практику устройства-позиционеры для получения достоверных результатов при динамическом наблюдении за состоянием имплантатов.

Впервые определены критические углы между имплантатами, в пределах которых допустимо применение винтового способа фиксации без применения промежуточных многокомпонентных мульти-юнит абатментов. Определено влияние пространственного положения дентальных имплантатов на отдаленные результаты протезирования при применении винтового способа фиксации, а также разработан алгоритм планирования и выбора способа фиксации имплантационных протезов для снижения риска развития клинических осложнений.

**Теоретическая и практическая значимость.** Получены патенты Российской Федерации на полезные модели №221 756 «Устройство для определения стабильности зубных имплантатов после ортопедического лечения включенных дефектов зубных рядов» от 21.11.2023, №222 078 «Устройство для определения стабильности зубных имплантатов после ортопедического лечения концевых дефектов зубных рядов» от 11.12.2023 и свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ №2023681260 «STL Read & Calc» от 05.10.2023.

Проведен ретроспективный анализ частоты применения врачами-стоматологами цементной и/или винтовой фиксации имплантационных протезов по данным анализа амбулаторных карт больных, прошедших ортопедическое лечение за 1-5-летний период.

На основании проведенных экспериментальных исследований уточнена биомеханика имплантационных протезов с винтовым способом фиксации.

Изучена прецизионность имплантационных протезов с винтовым способом фиксации в эксперименте при различном пространственном положении имплантатов, а также особенности их клинического применения.

Разработана и внедрена в клиническую практику автоматизированная программа определения пространственного положения ранее установленных имплантатов.

Впервые разработан алгоритм планирования и выбора способа фиксации имплантационных протезов.

**Методология и методы исследования.** Диссертационное исследование выполнено в соответствии с принципами доказательной медицины. Клиническая часть исследования была одобрена Этическим комитетом федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Приволжский исследовательский медицинский университет» Министерства здравоохранения Российской Федерации от 22.12.2023. Для проведения исследования был выбран комплекс методов: метод выкопировки данных из медицинских карт пациентов, метод математического моделирования распределения упругих напряжений в костной ткани, метод проведения эксперимента, клинические методы, метод лучевой диагностики, методы функциональной диагностики, методы статистического анализа. Статус здоровья определяли по данным анамнеза.

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

1. Способ фиксации имплантационных протезов (цементный или винтовой), по данным математического моделирования, незначительно влияет на уровень напряжений в одиночных искусственных коронках. Для имплантатов с коническим типом соединения с абатментом и винтовой фиксацией мостовидных протезов критическим для развития патологической резорбции костной ткани является угол между имплантатами, превышающий  $8^\circ$ . Применение мостовидных протезов с винтовой фиксацией и плоскостным типом соединения возможно лишь при расхождении имплантатов не более  $6^\circ$ .

2. Частота развития и степень выраженности патологической резорбции костной ткани в течение первого года пользования имплантационными протезами тесно



связана с точностью установки имплантатов и биотипом десны как одних из наиболее важных условий долгосрочного функционирования имплантационных протезов.

3. Экспериментально-клиническое изучение состояния периимплантатных тканей с использованием новой конструкции устройства-позиционера позволило обнаружить увеличение показателей периотестометрии и инфракрасной термометрии при нарушении стабильности имплантатов с развитием воспалительных изменений в области мягких тканей и подтвердить рентгенологически наличие резорбции костной ткани в этой зоне.

**Степень достоверности и апробации результатов.** Достоверность полученных результатов, выводов и положений обосновывается достаточным объемом выборки клинического материала (91 пациент в ретроспективном анализе амбулаторных карт, 96 пациентов в клиническом исследовании), использованием современных, соответствующих поставленным в работе задачам, методов исследования и статистической обработкой полученных данных, представленных в виде таблиц и графиков. Для сбора, обработки и хранения полученных в ходе исследования информации были созданы базы данных в программах, получивших государственную регистрацию.

Результаты исследования доложены на IV Всероссийской научно-практической конференции «3D-технологии в медицине» (Нижний Новгород, 12 апреля 2019), Международном научно-практическом форуме молодых ученых и специалистов ГНЦ ФМБЦ им. А.И. Бурназяна ФМБА России «Ильинские чтения» (Москва, 28 февраля 2024); X Всероссийской научно-практической конференции молодых ученых и студентов с международным участием «ВолгаМед» (Нижний Новгород, 28 марта 2024); VII научно-практической конференции «Актуальные вопросы стоматологии» (Киров, 17 мая 2024).

Апробация диссертационной работы проведена на межкафедральном заседании ФГБОУ ВО «ПИМУ» Минздрава России (19.04.2024, протокол № 4).

**Внедрение результатов исследования в практику.** Результаты исследования внедрены в лечебную практику Стоматологической клиники ФГБОУ ВО «ПИМУ» Минздрава России, ФБУЗ ПОМЦ ФМБА России Поликлиники № 2 стоматологиче-

ской, Государственного автономного учреждения здравоохранения Нижегородской области «Областная стоматологическая поликлиника», на кафедре ортопедической стоматологии и ортодонтии ФГБОУ ВО «ПИМУ» Минздрава России. Они используются при проведении практических занятий у студентов стоматологического факультета ФГБОУ ВО «ПИМУ» Минздрава России, включены в материалы лекций и семинаров с клиническими ординаторами и аспирантами.

**Личный вклад автора и выполнение работы.** Автор провел обзор отечественных и зарубежных источников литературы по теме исследования, сбор фактического материала для исследования, анализ историй болезней пациентов, ведение пациентов в качестве лечащего врача, выполнение экспериментальной и клинической частей исследования. Также автором была проведена статистическая обработка и анализ полученных результатов, их систематизация и интерпретация.

Автор участвовал в разработке автоматизированной программы определения пространственного положения ранее установленных имплантатов, принимал участие в построении математических моделей распределения упругих напряжений в костной ткани, а также проводил дальнейшее представление результатов исследования в виде публикаций в научных журналах и докладах на конференциях регионального значения.

Автор самостоятельно выполнил всю клиническую часть исследования и разработал алгоритм планирования и выбора способа фиксации имплантационных протезов.

**Публикации.** По теме диссертации соискатель имеет 6 печатных работ, из них 3 работы опубликованы в научных рецензируемых изданиях, рекомендованных ВАК РФ, два патента и одно свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ.

**Структура и объем диссертации.** Диссертация изложена на 183 страницах печатного текста, состоит из введения, обзора литературы, материалов и методов, двух глав собственных исследований, выводов, практических рекомендаций, приложений и списка литературы, включающего 147 источников, из них 96 отечественных и 51 зарубежных авторов. Работа иллюстрирована 44 таблицами, 68 рисунками.

## ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

### Материалы и методы исследования

Оценка частоты применения цементного и винтового способов фиксации имплантационных протезов осуществлялась путем ретроспективного анализа медицинской документации.

Для оценки напряженно-деформированного состояния костной ткани вокруг имплантатов были разработаны расчетные математические модели методом конечных элементов.

После получения данных об одиночных коронках нами было принято решение детально изучить биомеханические особенности распределения упругих напряжений в костной ткани при ортопедическом лечении имплантационными мостовидными протезами при различном пространственном положении имплантатов.

Для определения пространственного положения ранее установленных имплантатов была разработана специальная программа «STL Read & Calc» и получено свидетельство об ее государственной регистрации (№2023681260 от 11.10.2023). Для реализации работы программы нами была изучена геометрия 3D-аналогов имплантатов, имеющихся в библиотеке «Exocad», в системе автоматизированного проектирования «Компас 3D v21». Выявлено, что круглые торцы объектов представлены в виде множества треугольников, имеющих общую вершину, что использовалось для автоматизации данных. Далее программа автоматически определяет продольные оси виртуальных 3D-аналогов имплантатов и координаты полученных векторов (Ox, Oy, Oz), проходящих через центры торцов. Затем полученные значения координат автоматически подставляются в математическую формулу нахождения угла между двумя скрещивающимися прямыми и выводится результат в градусах.

С целью изучения прецизионности имплантационных протезов с винтовым способом фиксации при различном пространственном положении имплантатов нами был проведен отдельный эксперимент. С помощью программы «STL Read & Calc» были смоделированы различные ситуации расположения виртуальных 3D-аналогов имплантатов по отношению друг к другу (расстояние между ними — 10 мм, угол расхождения — от 2 до 10° с шагом в 2°). Виртуальные 3D-аналоги имплантатов размещали в цифровом аналоге костного блока «M.Tech Korea» и производили их

3D-печать. Затем моделировали мостовидные протезы с винтовым способом фиксации с уровня платформы имплантатов, осуществляли их 3D-печать и фиксацию на изготовленных 3D-моделях.

Изучение конгруэнтности основания абатментов и платформы имплантатов проводили с помощью оттисковой массы «Спидекс» и оценивали ее с помощью оптической когерентной томографии.

В основу диссертационной работы также легли результаты обследования 96 пациентов в возрасте от 32 до 60 лет, из которых было 59 женщин ( $61,5 \pm 5 \%$ ) и 37 мужчин ( $38,5 \pm 5 \%$ ). Все они были с диагнозом K08.1. В ходе клинического исследования всем 96 пациентам было проведено ортопедическое лечение с применением 60 ( $58,8 \pm 4,9 \%$ ) соединенных друг с другом искусственных коронок и 42 ( $41,2 \pm 4,9\%$ ) мостовидных протезов из диоксида циркония с опорой на 2 имплантата с применением винтового способа фиксации с уровня их платформы.

В зависимости от типа установленных имплантатов по виду соединения между элементами (абатмент и имплантат) были сформированы 2 группы пациентов. В первую группу были включены 51 пациентов, которым ранее были установлены денальные имплантаты с плоскостным типом соединения (П). Во вторую группу были включены 45 пациентов, которым ранее были установлены денальные имплантаты с коническим типом соединения (К).

В зависимости от применения абатментов с антиротационными элементами или без них данные группы были разделены на подгруппы: с наличием антиротационных элементов и без антиротационных элементов.

Ортопедическое лечение с применением ортопедических конструкций с винтовым типом фиксации с уровня имплантатов у пациентов первой группы (П — плоскостной тип соединения) было проведено: у 27 пациентов (П1) — с применением абатментов с антиротационными элементами; у 24 (П0) — с применением абатментов без антиротационных элементов.

По этой же схеме ортопедическое лечение у пациентов второй группы (К — конический тип соединения) было проведено: у 17 пациентов (К1) — с применением абатментов с антиротационными элементами; у 28 (К0) — с применением абатментов без антиротационных элементов.

Клиническое обследование пациентов проводили сразу после фиксации ортопедической конструкции, через 3, 6 и 12 месяцев от начала исследования по специально разработанной нами карте.

Для оценки состояния гигиены полости рта и пародонта использовали упрощенный индекс гигиены полости рта, предложенный J.C. Green, J.R. Vermillion и «Ассоциированный пародонтальный индекс» (АПИ), предложенный Е.Н. Жулевым и Е.П. Архангельской (2020).

Оценка окклюзионных взаимоотношений проводилась с применением аппарата T-scan 3.

Эффективность костной интеграции имплантатов оценивали с помощью электрического измерительного прибора Periotest-M.

Термометрические показатели десны, окружающей имплантат, получали с помощью медицинского инфракрасного термометра СЕМ — TermoDiagnostics с использованием оптоволоконной насадки.

Для получения более достоверных результатов клинических исследований нами были разработаны индивидуальные внутриротовые устройства — позиционеры, которые позволили идентично снимать показания перитестометрии и термометрии на разных этапах диспансерного наблюдения (получены патенты на полезные модели № 221756 от 21.11.2023 и № 222078 от 11.12.2023).

## **РЕЗУЛЬТАТЫ СОБСТВЕННОГО ИССЛЕДОВАНИЯ**

В рамках ретроспективного анализа медицинской документации была определена взаимосвязь выбора способа фиксации протезов от установленных имплантатов с коническим или плоскостным типом соединения с абатментами с помощью критерия хи-квадрат, который выявил статистически значимые различия с уровнем значимости  $p < 0,05$ .

Результаты математического моделирования распределения упругих напряжений в костной ткани при ортопедическом лечении имплантационными протезами показало, что при вертикальной нагрузке одиночной искусственной коронки с опорой на имплантат пластические деформации во всех элементах конструкции отсутствуют. Однако при нагрузке под углом  $45^\circ$  развиваются значительные пороговые

напряжения в кортикальном слое кости (более 60 МПа). При использовании плоскостного соединения максимальные эквивалентные напряжения в фиксирующем винте и имплантате обнаружены выше (30, 6 Мпа), чем в этих же элементах конструкции при применении конического соединения (20,9 МПа) (рисунок 1).

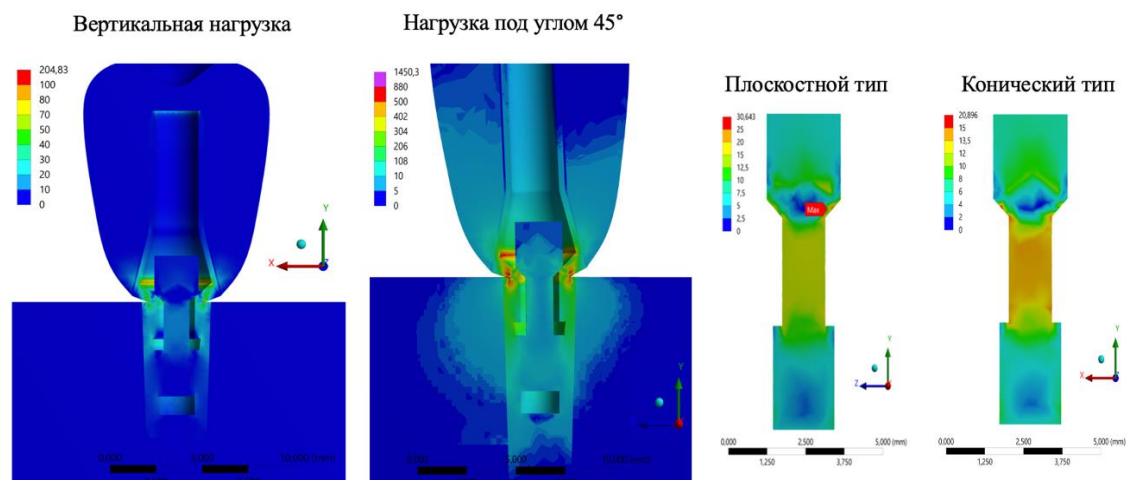


Рисунок 1 — Распределение упругих напряжений в костной ткани (объяснение в тексте)

При расположении двух рядом стоящих параллельно друг другу имплантатов с коническим типом соединения и изготовлении мостовидного протеза отмечается эквивалентное напряжение по Мизесу при воздействии вертикальной нагрузки как в костной ткани в области шейки имплантата, так и внутри самой конструкции, равное 52,791 МПа. Однако, даже при минимальном угле расхождения между имплантатами в  $2^\circ$  уровень напряжений заметно увеличивается и составляет 78,418 Мпа. При большем увеличении угла наклона имплантатов напряжение в костной ткани возрастает.

Однако в мостовидной конструкции с точки зрения прочности узла сопряжения наиболее опасным оказался угол между имплантатами равный  $8^\circ$ , при котором возникают зоны локальной критической пластической деформации в абатменте и значительные напряжения (более 100 МПа) в кортикальном слое кости с возможным развитием ее последующей резорбции.

Необходимо отметить, что влияние на подлежащую костную ткань плоскостного типа соединения супраструктуры и имплантата является более щадящим: возникающее в области шейки имплантата эквивалентное напряжение по Мизесу составляет на разных участках до 23,173 МПа при вертикальной нагрузке, в то время как при коническом типе соединения оно достигает 52,791 Мпа.

При использовании плоскостного соединения по сравнению с коническим максимальные эквивалентные напряжения наблюдаются выше в фиксирующем винте и ниже в абатменте. При наклоне имплантатов более  $6^\circ$  увеличиваются зоны максимальных эквивалентных напряжений, что создает технологические сложности и клинические трудности при наложении мостовидного протеза.

Для имплантационной системы с коническим типом соединения начиная с модели №8, где угол расхождения между имплантатами равен  $8^\circ$ , было обнаружено отсутствие конгруэнтности абатментов с платформой имплантатов.

При увеличении угла расхождения между 3D-аналогами имплантатов с коническим типом в  $10^\circ$  подтверждена гипотеза об увеличении зазора в области узла соединения «3D-аналог имплантата — абатмент». Применение методики мультимодальной оптической когерентной томографии показало, что зазор в этом случае достигает 83 мкм.

По данным мультимодальной оптической когерентной томографии для имплантационной системы с плоскостным типом соединения критическим углом расхождения между имплантатами с винтовой фиксацией протеза является угол в  $6^\circ$ . При увеличении этого угла (в случае сохранения антиротационных элементов у ортопедических компонентов) наложение мостовидной конструкции становится невозможным (рисунок 2).



Рисунок 2 — Результаты изучения прецизионности имплантационных протезов с помощью мультимодальной оптической когерентной томографии (объяснение в тексте)

При клиническом обследовании 27 пациентов первой подгруппы (П1) спустя 3 месяца пользования протезами в области одного из них и спустя 6 месяцев в области 3-х протезов были выявлены нарушения состояния десны в виде ее рецессии. В этой части исследования была апробирована разработанная нами цифровая методика определения пространственного положения имплантатов, направленная на определение степени ангуляции установленных имплантатов. Максимальный угол в этой подгруппе обследуемых больных составил  $7^\circ$ .

При клиническом обследовании 24-х пациентов второй подгруппы (П0) спустя 6 месяцев пользования протезами в области одного протеза и спустя 12 месяцев в области 3-х протезов было выявлено нарушение их устойчивости, что было связано с ослаблением затяжки винта, а в области 2-х имплантатов — его поломка. Максимальный угол между установленными имплантатами в этой подгруппе обследуемых больных составил  $26^\circ$ .

При клиническом обследовании 17 пациентов третьей подгруппы (К1) спустя 3 мес пользования протезами в области 4 установленных имплантатов наблюдалось изменение состояния десны, спустя 6 мес еще у 4-х и спустя 12 мес в области 6 имплантатов. Максимальный угол между установленными имплантатами у этой подгруппы обследуемых больных составил  $6^\circ$ .

При клиническом обследовании 28 пациентов четвертой подгруппы (К0) спустя 3 мес было обнаружено нарушение устойчивости конструкции в области 1 протеза, что сопровождалось ослаблением затяжки винтов, нарушением краевого прилегания и болезненной перкуссией. Кроме того, у этой подгруппы больных через 6 мес было обнаружено нарушение целостности 1 протеза, а спустя 12 мес были обнаружены патологические изменения десны в области 4 установленных имплантатов. Максимальный угол между установленными имплантатами в этой подгруппе составил  $26^\circ$ .

Результаты оценки состояния гигиены полости рта и пародонта у пациентов с частичной потерей зубов не выявили значимых различий в период диспансерного наблюдения (12 мес). Однако выраженная тенденция к улучшению уровня гигиены полости рта наблюдалась после проведенного ортопедического лечения у пациентов с плоскостным типом соединения элементов имплантационной системы.



С целью исключения риска развития периимплантита, связанного с наличием окклюзионных нарушений в области естественных зубов или протезов с опорой на имплантаты преждевременные окклюзионные контакты устранялись путем шлифования зубов под контролем аппарата T-scan в день фиксации имплантационных протезов у всех пациентов.

Во всех подгруппах больных в день фиксации ортопедических конструкций значения перитестометрии в области всех имеющихся имплантатов свидетельствовали о хорошей их остеоинтеграции.

В подгруппах пациентов, у которых присутствовали антиротационные элементы в составе имплантационных протезов, через 12 мес максимальные значения перитестометрии составили +1,9 и +4,4, что явилось показанием для проведения периодического клинического контроля. Во второй и четвертой подгруппах (П0 и К0) через 12 мес максимальное значение перитестометрии составило +44, +20 соответственно, что свидетельствовало о недостаточной остеоинтеграции. При этом показатели перитестометрии в ближайшие и отдаленные сроки после протезирования менялись с тенденцией к увеличению, но, к сожалению, статистически значимые различия мы обнаружили только в первой подгруппе пациентов (П1).

Во всех подгруппах обследуемых пациентов в день фиксации ортопедической конструкции максимальные значения инфракрасной термометрии в области всех имеющихся имплантатов были в пределах нормы, что свидетельствовало об отсутствии воспалительного процесса.

Средние показатели инфракрасной термометрии увеличивались с течением времени, однако, у 11 ( $11 \pm 7\%$ ) пациентов через 12 мес значения термометрии выходили за пределы нормы, что послужило поводом для проведения у них дополнительного контроля.

В первый год эксплуатации протезов наибольшее количество имплантатов, имеющих резорбцию костной ткани более 1,2 мм выявлено в подгруппах пациентов, у которых отсутствовали антиротационные элементы в составе имплантационных протезов.

Мы провели анализ влияния ангуляции между установленными имплантатами на степень резорбции костной ткани. Были получены значения углов, сопоставимые с результатами биомеханического и экспериментального исследования. Кроме того, нам удалось провести анализ влияния толщины прикрепленной десны. Полученные результаты показали, что при увеличении толщины прикрепленной десны выявляется тенденция к лучшему сохранению костной ткани. В подгруппе пациентов П1 отсутствие резорбции костной ткани в области установленных имплантатов наблюдалось при толщине прикрепленной десны в среднем в  $3,561 \pm 0,7762$  мм, в подгруппе пациентов П0 —  $3,78 \pm 0,7637$  мм, в подгруппе пациентов К1 —  $4,875 \pm 0,991$  мм и в подгруппе пациентов К0 —  $4 \pm 0,966$  мм.

Разработанный нами алгоритм, направленный на исключение ошибок планирования несъемных имплантационных протезов и определения тактики ведения больных, показал высокую эффективность, что явилось основанием для рекомендации внедрения его в клиническую практику.

## **ЗАКЛЮЧЕНИЕ**

Результаты наших исследований показывают, что конструкциям с винтовым типом фиксации следует уделять особое внимание, так как данный вид фиксации отличается более высоким риском технических ошибок, чем с цементной, и требует более тщательного клинического планирования всей имплантационной системы. Особенно это касается тех случаев, когда речь идет об использовании винтовой фиксации с уровня платформы имплантатов без использования промежуточных мульти-юнит абатментов.

Использование разработанного нами алгоритма позволяет грамотно проводить планирование и выбор способа фиксации несъемных имплантационных протезов. Правила пользования предложенным алгоритмом основаны на данных клинической и рентгенологической картины и направлены в первую очередь на выбор имплантационной системы по типу соединения с абатментами. С помощью методики определения пространственного положения имплантатов можно определить фактический угол между ними в трехмерном пространстве костной ткани и далее по результатам значения этого угла с

помощью алгоритма определить наилучший вариант конструкции абатментов и выбрать наиболее эффективный способ фиксации протеза.

### **Перспективы дальнейшей разработки темы**

Перспективы дальнейшей разработки темы заключаются в более детальном изучении конструктивных особенностей винтовой фиксации протезов с применением мульти-юнит абатментов, что позволит усовершенствовать алгоритмы планирования ортопедического лечения с применением дентальных имплантатов при частичной потере зубов.

Более того, разработанная автоматизированная программа определения пространственного положения имплантатов «STL Read & Calc» в дальнейшем позволяет введение в интерфейс дополнительных функций с целью ее широкого использования среди врачей-стоматологов при планировании ортопедического стоматологического лечения.

### **ВЫВОДЫ**

1. Ретроспективный анализ медицинской документации показал, что при ортопедическом лечении мостовидными протезами с опорой на имплантаты с плоскостным типом соединения с абатментом врачами-стоматологами чаще используется винтовой способ фиксации ( $65,9 \pm 7,1$  %), а при увеличении количества опорных имплантатов и применении конического типа соединения предпочтение отдается цементному способу фиксации ( $72,7 \pm 5,5$  %), что является статистически значимым с уровнем значимости  $p < 0,05$ .

2. Результаты математического моделирования показали, что при вертикальной нагрузке на одиночную искусственную коронку при использовании имплантата с плоскостным типом соединения с абатментом максимальные эквивалентные напряжения (МЭН) в фиксирующем винте (30,6 МПа) и имплантате (51,3 МПа) выше, чем при применении конического соединения (20,9 МПа и 45,5 МПа). При моделировании мостовидных протезов с винтовой фиксацией МЭН в костной ткани при использовании плоскостного типа соединения и увеличении угла расхождения между опорными имплантатами увеличивается (30,166 МПа), однако оно существенно ниже, чем при использовании конического типа соединения (101,4 МПа).

3. Критическим значением угла наклона имплантатов с коническим типом соединения, до которого допустимо использование винтовой фиксации без развития начальных признаков патологической резорбции костной ткани, является угол равный  $8^\circ$ , в пределах которого достигается свободное наложение мостовидного протеза. Для имплантатов с плоскостным типом соединения превышение этого угла более  $6^\circ$  и сохранения антиротационных элементов наложение мостовидного протеза становится невозможным.

4. Разработанная авторская программа «STL Read & Calc» позволяет получить данные о пространственном 3D-положении имплантатов и открывает принципиально новый подход к планированию и последующему ортопедическому лечению с применением имплантационных протезов.

5. По данным периотестометрии изменения в остеоинтеграции имплантатов появляются спустя 6–12 мес после операции, а изменение показателей термометрии наблюдается уже через 3 мес после протезирования. Увеличение показателей периотестометрии и инфракрасной термометрии свидетельствует о нарушении стабильности имплантатов, развитии воспалительных изменений мягких тканей и наличии резорбции костной ткани, подтверждаемых рентгенологически.

6. Разработанный алгоритм планирования несъемных имплантационных протезов отличается высокой эффективностью, способствует снижению ошибок при лечении больных с частичной потерей зубов и рекомендован для внедрения в клиническую практику.

### **ПРАКТИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ**

1. Разработанная автоматизированная программа определения пространственного положения имплантатов позволяет измерять фактический угол и расстояние между установленными имплантатами и рекомендуется для использования в клинической практике при планировании и выборе способа фиксации имплантационных протезов.

2. Применение винтового способа фиксации мостовидных протезов с коническим типом соединения следует признать необоснованным при использовании ортопедических компонентов с антиротационными элементами в связи с появлением дополнительных зон напряжения во всей имплантационной конструкции.

3. Применение винтового способа фиксации мостовидных имплантационных протезов с уровня платформы имплантатов с коническим типом соединения рекомендуется при использовании ортопедических компонентов без антиротационных элементов и при угле расхождения между установленными имплантатами не более  $8^\circ$ .

4. Винтовой способ фиксации мостовидных имплантационных протезов с уровня платформы имплантатов с плоскостным типом соединения с антиротационными элементами не рекомендуется применять при расхождении между имплантатами более  $6^\circ$ .

5. Винтовой способ фиксации мостовидных имплантационных протезов с уровня платформы имплантатов с плоскостным типом соединения нецелесообразно применять без антиротационных элементов из-за появления чрезмерного напряжения в фиксирующем винте и связанному с этим возможностью его перелома.

6. При расхождении между имплантатами с коническим типом соединения с абатментом более  $8^\circ$  и с плоскостным типом соединения более  $6^\circ$  рекомендуется применять винтовой способ фиксации мостовидных протезов с использованием мульти-юнит абатментов или цементный способ при наложении протеза с уровня платформы имплантатов.

## **СПИСОК РАБОТ,**

### **ОПУБЛИКОВАННЫХ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ**

**Работы, опубликованные в научных рецензируемых изданиях, рекомендованных ВАК РФ:**

1. **Богомолова, Ю.Б.** Анализ напряженно-деформированного состояния костной ткани при ортопедическом лечении мостовидными протезами с опорой на дентальные имплантаты / Ю.Б. Богомолова, М.Ю. Саакян, И.В. Вельмакина, В.А. Кикеев, А.А. Мхитарян // Медико-фармацевтический журнал «Пульс»: электронный журнал. — 2024. — Т. 26, № 1. — С. 129–136. — URL: <http://dx.doi.org/10.26787/nydha-2686-6838-2024-26-1-129-136>. — Дата публикации: 30.01.2024. (К2)

2. **Богомолова, Ю.Б.** Анализ напряженно-деформированного состояния костной ткани при ортопедическом лечении цельнокерамическими коронками из диоксида циркония с опорой на имплантаты / Ю.Б. Богомолова, М.Ю. Саакян, В.А. Кикеев // Медицинский альманах. — 2023. — № 3. — С. 48–54. (К1)
3. **Богомолова, Ю.Б.** Разработка и внедрение в клиническую практику компьютерной программы для определения пространственного положения дентальных имплантатов / Ю.Б. Богомолова, М.Ю. Саакян, И.В. Вельмакина // Российский вестник дентальной имплантологии. — 2023. — № 4. — С. 25–32. (К3)

**В других изданиях:**

4. **Богомолова, Ю.Б.** Разработка и внедрение в клиническую практику компьютерной программы для определения пространственного положения дентальных имплантатов / Ю.Б. Богомолова, М.Ю. Саакян, И.В. Вельмакина // Ильинские чтения 2024: сборник материалов международного научно-практического форума молодых учёных и специалистов. — Москва, 2024. — С. 218–221.
5. **Богомолова, Ю.Б.** Изучение размерной точности моделей челюстей, изготовленных по технологии 3D-печати / Ю.Б. Богомолова // Медицинские этюды: сборник тезисов научной сессии молодых учёных и студентов. — Нижний Новгород, 2018. — С. 209–210.
6. Вельмакина, И.В. Сравнительная оценка размерной точности цифровых моделей челюстей, изготовленных по технологии стереолитографии / И.В. Вельмакина, Е.Н. Жулев, **Ю.Б. Богомолова** // Современные проблемы науки и образования. — 2018. — № 3. — С. 55.

**Результаты интеллектуальной деятельности:**

1. Патент № 221756 Российская Федерация, МПК А61С 19/00 (2006.01). Устройство для определения стабильности зубных имплантатов после ортопедического лечения включенных дефектов зубных рядов / **Богомолова Ю.Б.**,

- Саакян М.Ю., Алексеева Н.А., Васин М.С. ; заявитель ФГБОУ ВО «ПИМУ» Минздрава России ; Федеральный институт промышленной собственности. — № 2023118020 ; заявл. 07.07. 2023 ; опубл. 21.11.2023. — Бюл. № 33.
2. Патент № 222078 Российская Федерация, МПК А61С 19/00 (2006.1). Устройство для определения стабильности зубных имплантатов после ортопедического лечения концевых дефектов зубных рядов / **Богомолова Ю.Б.**, Саакян М.Ю., Алексеева Н.А., Васин М.С. ; заявитель ФГБОУ ВО «ПИМУ» Минздрава России ; Федеральный институт промышленной собственности. — № 2023126061 ; заявл. 11.10.2023 ; опубл. 11.12.2023. — Бюл. № 35.
3. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2023681260 РФ. «STL Read & Calc» / **Богомолова Ю.Б.**, Саакян М.Ю., Исаков М.А. ; заявитель ФГБОУ ВО «ПИМУ» Минздрава России ; Федеральный институт промышленной собственности. — Заявл. № 2023680382 от 05.10.2023 ; опубл. 11.10.2023. — Бюл. № 10.

### СПИСОК УСЛОВНЫХ СОКРАЩЕНИЙ

мес — месяц

МПа — мегапаскаль

МЭН — максимальные эквивалентные напряжения