

**ИНСТИТУТ ПОСЛЕДИПЛОМНОГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ  
ФГБУ «ГОСУДАРСТВЕННЫЙ НАУЧНЫЙ ЦЕНТР РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
- ФЕДЕРАЛЬНЫЙ МЕДИЦИНСКИЙ БИОФИЗИЧЕСКИЙ ЦЕНТР  
ИМЕНИ А.И. БУРНАЗЯНА ФМБА РОССИИ»**

*На правах рукописи*

**ШУМАКОВ ФИЛИПП ГЕННАДИЕВИЧ**

**ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНО-КЛИНИЧЕСКОЕ СРАВНЕНИЕ  
КЕРАМИЧЕСКИХ И ТИТАНОВЫХ  
ДЕНТАЛЬНЫХ ИМПЛАНТАТОВ**

14.01.14 – Стоматология

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

Научный руководитель:  
доктор медицинских наук,  
доцент Олесов Е.Е.  
Научный консультант:  
доктор медицинских наук,  
доцент Самойлов А.С.

Москва – 2018

## СОДЕРЖАНИЕ

|                                                                                                                                               |           |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| <b>ВВЕДЕНИЕ .....</b>                                                                                                                         | <b>4</b>  |
| <b>Глава 1. ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ.....</b>                                                                                                         | <b>10</b> |
| 1.1. Диоксид циркония как перспективный конструкционный материал в стоматологии .....                                                         | 10        |
| 1.2. Эффективность немедленной нагрузки внутрикостных дентальных имплантатов .....                                                            | 22        |
| <b>Глава 2. МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ .....</b>                                                                                         | <b>32</b> |
| 2.1. Методика анкетирования врачей-стоматологов по использованию керамических дентальных имплантатов.....                                     | 32        |
| 2.2. Методика структурных, статических и динамических исследований прочности керамических и титановых имплантатов.....                        | 34        |
| 2.3. Математическое моделирование напряженно-деформированного состояния керамического дентального имплантата и окружающей костной ткани ..... | 36        |
| 2.4. Экспериментальное изучение остеоинтеграции керамического имплантата .....                                                                | 47        |
| 2.5. Изучение влияния керамических дентальных имплантатов на культуру мезенхимальных стволовых клеток .....                                   | 50        |
| 2.6. Методика клинического применения и анализа эффективности керамических имплантатов. ....                                                  | 52        |
| 2.7. Методы статистического анализа.....                                                                                                      | 59        |
| <b>Глава 3. РЕЗУЛЬТАТЫ СОБСТВЕННЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ.....</b>                                                                                      | <b>60</b> |
| 3.1. Результаты анкетирования врачей-стоматологов по проблемам применения титановых и керамических имплантатов .....                          | 60        |
| 3.2. Структурно-элементные и прочностные параметры керамических и титановых имплантатов .....                                                 | 64        |
| 3.3. Сравнительный анализ биомеханики керамического и титанового внутрикостных дентальных имплантатов .....                                   | 68        |
| 3.4. Характеристика остеоинтеграции имплантата из диоксида циркония, стабилизированного иттрием .....                                         | 82        |

|                                                                                                                                           |            |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------|
| 3.5. Влияние керамического имплантата из диоксида циркония, стабилизированного иттрием, на культуру мезенхимальных стволовых клеток ..... | 88         |
| 3.6. Клиническая эффективность керамических имплантатов из диоксида циркония .....                                                        | 90         |
| <b>Глава 4. ОБСУЖДЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ ИССЛЕДОВАНИЯ.....</b>                                                                                  | <b>94</b>  |
| <b>ВЫВОДЫ.....</b>                                                                                                                        | <b>101</b> |
| <b>ПРАКТИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ.....</b>                                                                                                     | <b>103</b> |
| <b>СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ .....</b>                                                                                                            | <b>104</b> |

## ВВЕДЕНИЕ

**Актуальность исследования** Дентальные имплантаты зарекомендовали себя как чрезвычайно надежные искусственные внутрикостные опоры зубных протезов. Их востребованность в современной стоматологии обусловлена тем, что только дентальные имплантаты создают возможность замещения несъемными протезами протяженных дефектов зубных рядов. История успешного клинического использования имплантатов составляет полвека и во многом объясняется биосовместимостью, технологичностью обработки и прочностью основного конструкционного материала имплантатов – титана [5,16,54,57,64,150,184,209,248,252,276].

Однако, современный этап технического прогресса в стоматологии характерен замещением конструкционных металлических материалов керамическими, а технологии литья – технологией CAD/CAM фрезерования. Наиболее перспективной признана диоксид циркониевая керамика, стабилизированная иттрием. Каркасы и цельноанатомические несъемные протезы, фрезерованные из диоксидциркониевых блоков, быстро вытесняют металлокерамические несъемные протезы. Они превосходят металлокерамику по эстетике, не уступая по прочности [21,32,56,61,90,107,124,164,194,215,253, 277].

На этом фоне естественен интерес к керамическим дентальным имплантатам и констатация некоторых недостатков титановых имплантатов, проявляющихся потемнением вдоль края коронки на имплантате при рецессии десны, а также случаями аллергических и гальванических явлений после протезирования на имплантатах [2,101,140,205,212,220,224,227,235,273,275]. При этом на практике керамические имплантаты используются неоправданно редко, почти отсутствуют публикации по экспериментально-клиническому обоснованию современных керамических имплантатов.

**Цель исследования:** экспериментально-клиническое изучение эффективности керамических диоксидциркониевых дентальных имплантатов.

### **Задачи исследования:**

1. Провести опрос врачей-стоматологов, использовавших метод дентальной имплантации, по проблемам клинического применения керамических дентальных имплантатов.
2. Изучить в стендовых условиях прочность, микроструктуру и химический состав поверхности современных керамических имплантатов.
3. Сопоставить биомеханику керамических и титановых имплантатов по величине и распределению напряжений в имплантатах и окружающей костной ткани при вертикальной и наклонной функциональной нагрузках.
4. Изучить в экспериментальных условиях динамику остеоинтеграции керамических имплантатов.
5. Проследить влияние керамических имплантатов из диоксида циркония на параметры клеточной культуры мезенхимальных стволовых клеток.
6. Дать клиническую оценку эффективности керамических имплантатов в ближайшие и отдаленные сроки контроля.

**Научная новизна исследования** Впервые проанализированы причины редкого применения в клинической практике керамических имплантатов.

Впервые в сравнении с титановым имплантатом проведены стендовые испытания прочности керамических дентальных имплантатов из диоксида циркония, стабилизированного иттрием; показана высокая прочность керамических имплантатов, приближающаяся к титану. С помощью последовательной микроскопии изучены параметры текстурированной поверхности керамических имплантатов и состав имплантатов на основании элементного анализа.

Впервые проведено сравнение биомеханики керамических и титановых имплантатов, выявлено снижение напряжений в кортикальной костной ткани вокруг керамических имплантатов в сравнении с титановыми за счет увеличения напряжений в покрывной коронке.

Впервые в экспериментальных условиях в течение трех месяцев прослежена динамика остеоинтеграции керамических дентальных имплантатов; установлены высокие темпы перестройки костной ткани вокруг керамических имплантатов. В культуре мезенхимальных стволовых клеток установлено стимулирующее действие диоксида циркония на пролиферацию фибробластов.

Впервые прослежены результаты клинического применения керамических неразборных имплантатов с анализом состояния периимплантатных тканей и периотестометрии.

**Практическая значимость исследования** В результате экспериментально-клинических исследований показана перспективность широкого практического применения керамических имплантатов из диоксида циркония, стабилизированного иттрием.

Представлена статистика выявления врачами стоматологами осложнений протезирования на титановых имплантатах, связанных с конструкционным материалом имплантатов.

Показана адекватность структуры поверхности керамических имплантатов для укрепления в костной ткани и прочность керамических имплантатов, достаточная для восприятия функциональных нагрузок.

Представлены параметры напряженно-деформированного состояния внутрикостных имплантатов и окружающей костной ткани, иллюстрирующие отсутствие перегрузки кости у керамических имплантатов при сравнении с титановыми имплантатами.

Выявлена высокая биосовместимость диоксида циркония, стабилизированного иттрием, по динамике экспериментальной остеоинтеграции и пролиферации клеточной культуры фибробластов.

Продемонстрирована высокая клиническая эффективность керамических неразборных имплантатов.

### **Положения, выносимые на защиту:**

1. По данным опроса врачи-стоматологи встречаются с характерными недостатками имплантатов из сплавов титана, однако применение керамических имплантатов сдерживается недостаточной информированностью о прочности современных керамических имплантатов и возможностях их немедленной нагрузки.

2. Керамические дентальные имплантаты из диоксида циркония обладают прочностью, сопоставимой с титановыми имплантатами, при статических и динамических стендовых испытаниях.

3. Керамические дентальные имплантаты при воздействии функциональной нагрузки уменьшают в сравнении с титановыми имплантатами концентрацию напряжений в окружающей кортикальной костной ткани и увеличивают напряжения в покрывающей коронке без превышения пределов прочности конструкционного материала.

4. Биоинертность керамических дентальных имплантатов характеризуется быстрой динамикой остеоинтеграции в экспериментальных условиях и сопоставимой с контролем пролиферативной активностью клеточной культуры мезенхимальных стволовых клеток.

5. Керамические неразборные имплантаты обеспечивают высокую клиническую эффективность в оптимальных условиях имплантации по показателям прочности и эстетики протезной конструкции, а также по состоянию периимплантатных тканей.

**Личный вклад автора** Автору принадлежит ведущая роль в выборе направления исследования, анализе и обобщении полученных результатов. Автором лично разработана анкета и проведен опрос врачей стоматологов по недостаткам титановых имплантатов, применены в клинике керамические имплантаты с последующим динамическим контролем в течении двух лет. В работах, выполненных в соавторстве, автором лично проведен анализ данных исследования прочности, состава и поверхности керамических дентальных имплантатов, результатов исследования биосовместимости имплантатов в

культуре мезенхимальных стволовых клеток и в костной ткани экспериментальных животных; проведен статистический анализ результатов исследования. Вклад автора является определяющим и заключается в непосредственном участии на всех этапах исследования: от постановки задач, их экспериментально-теоретической и клинической реализации до обсуждения результатов в научных публикациях и докладах и их внедрения в практику.

**Апробация работы** Результаты исследования доложены на ежегодном Междисциплинарном конгрессе с международным участием «Голова и Шея» (Москва, 2015, 2016), VII Международной конференции «Современные аспекты реабилитации в медицине» (Армения, 2015), научно-практической конференции «Совершенствование стоматологической помощи работникам предприятий с вредными и опасными условиями труда в свете клинических рекомендаций (протоколов лечения) СтАР» (Москва, 2015), VI Международной научно-практической конференции по реконструктивной челюстно-лицевой хирургии «Предпротезная восстановительная хирургия и имплантологическая реабилитация средней зоны лица» (Красногорск, 2016), научно-практическом семинаре памяти Л.В. Диденко (Москва, 2016), Международной научно-практической конференции «Современная медико-техническая наука. Достижения и проблемы» (Москва, 2016), Научно-практической конференции «Инновационные методы преподавания по специальности Стоматология ортопедическая» (Электросталь, 2016), Всероссийском стоматологическом форуме «ДЕНТАЛ-РЕВЮ 2017» (Москва, 2017), SMBIM Conference Proceedings Shape Memory Biomaterials and Implants in Medicine (Busan, South Korea, 2017), научно-практической конференции «Стоматологическая помощь работникам организаций отдельных отраслей промышленности с особо опасными условиями труда» (Москва, 2018).

Апробация прошла на конференции кафедры стоматологии ИППО ФГБУ ГНЦ ФМБЦ им. А.И. Бурназяна ФМБА России (Москва, 10.09.2018г.).

**Внедрение результатов исследования** Результаты исследования внедрены в практику работы ФГБУЗ «Клинический центр стоматологии ФМБА России» (Москва), «Центра стоматологии инновационных технологий» (Тула); в учебный процесс на кафедре стоматологии Института последипломного профессионального образования ФГБУ ГНЦ ФМБЦ им. А.И. Бурназяна ФМБА России, на кафедре клинической стоматологии и имплантологии ФГБОУ ДПО ИПК ФМБА России.

**Соответствие диссертации паспорту научной специальности** Диссертация соответствует паспорту научной специальности 14.01.14 – стоматология; формуле специальности: стоматология – область науки, занимающаяся изучением этиологии, патогенеза основных стоматологических заболеваний (кариес зубов, заболевания пародонта и др.), разработкой методов их профилактики, диагностики и лечения. Совершенствование методов профилактики, ранней диагностики и современных методов лечения стоматологических заболеваний будет способствовать сохранению здоровья населения страны; области исследований согласно пунктам 1, 2, 6; отрасли наук: медицинские науки.

**Публикации** По теме диссертации опубликовано 19 работ, в том числе 5, в журналах рекомендованных ВАК РФ, два учебных пособия, глава в монографии.

**Объем и структура диссертации** Работа изложена на 136 листах машинописного текста, состоит из введения, обзора литературы, трех глав собственных исследований собственных исследований, выводов, практических рекомендаций, указателя литературы. Диссертация иллюстрирована 39 рисунками и 16 таблицами. Указатель литературы включает 284 источников, из которых 193 отечественных и 91 зарубежных.

## **Глава 1. ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ**

### **1.1. Диоксид циркония как перспективный конструкционный материал в стоматологии**

В современной литературе накоплен большой опыт исследования свойств титановых сплавов применительно к дентальной имплантологии, в частности для внутрикостных имплантатов [13,15,78,81,84,112,121,192,206, 217,236,240,259,279].

Появились публикации о возможности аллергических и электрохимических реакций организма на титановые сплавы, в первую очередь, с высокой долей легирующих металлов, что характерно для сплава Grade 5 с содержанием алюминия и ванадия. В исследовании Абрамова Д.В. представлена длительная динамика реакции экспериментальных животных на подкожное введение разных конструкционных стоматологических материалов; показано, что после стихания через семь дней фазы острого воспаления в зоне имплантации организм реагирует даже через год на коррозию присутствующего инородного материала, в том числе титана, о чем свидетельствуют патологические изменения в печени на этом сроке контроля [1,2,39]. На возможность аллергии на титановый имплантат указывает Chaturvedi T.P. [211,212]. По его мнению, стоматологические материалы во рту постоянно взаимодействуют с физиологическими жидкостями, а ткани по контакту с материалами подвергаются воздействию как химических, так и физических факторов, а также метаболизма бактерий. По большей части ткани остаются здоровыми. Имплантаты подвержены большим перепадам температур и pH, особое беспокойство вызывает электролитическая среда полости рта в отношении коррозии и деградации материалов. Аллергические реакции могут произойти от присутствия ионов вследствие коррозии имплантата. В систематическом обзоре Javed F. с соавт. указывают на тенденцию проявлений аллергических реакций на титан, упускаемую из виду клиницистами [235]. Несмотря на скудность сведений по аллергической

непереносимости имплантатов, автор приводит семь тематических публикаций, в пяти из которых описаны дермальные воспалительные явления и гиперплазия десны как аллергические реакции на титановые имплантаты, также описан случай обширного отека и гиперемии мягких тканей у пациента с титановыми имплантатами. В двух исследованиях аллергия на титан не была подтверждена специальными тестами.

Все же титан остается наиболее востребованным материалом дентальных имплантатов, хотя и продолжаются углубленные и инновационные исследования по титановым сплавам. Хасанова Л.Р. предложила для стоматологии марку наноструктурированного титана «Nano-Grade 4» с шероховатостью поверхности 250 nm (это на 40,3 nm больше в сравнении с имплантатами «Имплантиум» и на 214,6 nm – имплантатами «Конмет») [171]. В эксперименте на животных в присутствии нанотитана не было токсичности, происходила активная остеоинтеграции; имплантаты «Nano-Grade 4» хорошо проявили себя в клинике. Другой вариант совершенствования титановых имплантатов предложил Бегларян В.В. из нетканого титанового материала со сквозной пористостью, имплантаты интегрировались в костной ткани и применены в клинике [12]. В исследовании Щербовских А.Е. нетканый титановый материал приводил к ремоделированию костной ткани, остеоинтеграции и обеспечивал уменьшение напряженно-деформированного состояния в окружающей кости на 6,6МПа [189]. В титановых имплантатах внутрикостного назначения важны характеристики поверхности; давно доказана целесообразность шероховатой или микропористой поверхности внутрикостной части имплантатов для механического сцепления с костной тканью [30,36,45,62,70,74,80,81,146,162,181,229,233,244,259]. Например, Кузнецов А.В. сообщил о возможности лишь дистантного остеогенеза вокруг имплантатов с гладкой поверхностью, имеющих борозды машинной обработки глубиной 0,1мкм, что делает эффективными подобные имплантаты лишь в хорошей структуре костной ткани и при крупных размерах

имплантатов [81]. По его данным из современных методов обработки поверхности имплантатов (плазменное напыление титана или гидроксиапатита; кислотное протравливание; бомбардировка частицами с последующей обработкой кислотой или без нее; анодирование) только плазменное напыление дает шероховатость до 20 мкм, а остальные – не более 2 мкм. Хорошо оценивая пористое покрытие Endopore, Кузнецов А.В. приводит интересные показатели площади гладкого имплантата типа Branemark (размер 4,0x12мм – 248 мм<sup>2</sup>), а имплантата Endopore идентичного размера – 781 мм<sup>2</sup>. Поверхность Endopore (SPS) получается спеканием титановых сфер размером 50-150 мкм, что обеспечивает поры более 50 мкм (адекватно размеру остеобластов 15-30 мкм, тогда как размер остеокластов 75-100 мкм). Выживаемость пористых имплантатов 96,5%, а убыль кортикальной кости являлась следствием полированной шейки этих имплантатов. Однако, большинство имплантологов применяют имплантаты с текстурированной поверхностью и винтовые для первичной стабилизации. В обзоре Винникова Л.И. с соавт. отмечается оптимальность шероховатости от 1 до 10 мкм с наличием полусферических пор глубиной 1,5-4 мкм в диаметре [30]. Из основных способов обработки поверхности титана (SLA и RBM) более распространена SLA, т.е. дробеструйная обработка оксидом алюминия с последующей обработкой концентрированными кислотами, но поверхность не лишена загрязнений оксидом алюминия. Поверхность RBM более чистая, но в ней отсутствует четкая структура поверхностной топографии, поскольку для ее получения используется обработка фосфатом кальция с последующей отмывкой в слабых кислотах. Роль структуры поверхности, включая SLA и TiUnite (анодированная с толщиной оксидной пленки 10 000нм), для контакта с костной тканью изучал Дагер М. с соавт., показав на гистопрепаратах через два месяца контакт кости с имплантатом на уровне 50% [36]. У SLA и TiUnite ККИ (коэффициент кость-имплантат) соответственно 40,49 и 51,31; это исследование вносит существенный вклад в теорию остеоинтеграции. Вышеуказанные типичные поверхности титановых имплантатов Чой Х.-Я.

сопоставил в клеточной культуре MG-63 и показал более высокую остеогенную активность (адгезию, пролиферацию и активность щелочной фосфатазы) на поверхности SLA; кроме того, она ускоряет секрецию стимуляторов остеогенеза (остеокальцина, остеопонтин, TGFb1 и PGE2) [181]. В сравнении с RBM поверхность SLA контактировала с клетками MG-63, подобными остеобластам. Более явная шероховатость SLA ( $Ra=2,8$  микро) способствовала через месяц большему соединению с костью, что показано большей величиной усилия вывинчивания имплантатов в эксперименте на животных. Подобные результаты, а именно преимущества SLA перед RBM показал Чо И.-Х. с соавт.: снижение уровня кости у имплантатов через три месяца у собак было 0.83мм у RBM и 0.96мм SLA при усилии вывинчивания соответственно 61.9 Н/см и 127.2Н/см. При сравнении поверхностей разных имплантатов Перикова М.Г. сделала вывод о предпочтительности высокой шероховатости поверхности (от 100 до 150 нм), развитости структуры поверхности с глубокими и частыми порами с толщиной пористого слоя 1-1,5 мкм [62,137,162]. У животных установлена через шесть месяцев полноценная остеоинтеграция в отличие от гладкого титана (костеобразование по типу костной мозоли). Снижение костной ткани у гладких винтовых имплантатов через год 2,5 мм против 1,2 мм у текстурированных; соответственно оптическая плотность ниже на 19,3%; стабильность на протяжении 1-12 месяцев 47,6-53,3 ед. и 53,9-62,6 ед. Heinrich A. с соавт., изучая образование сложных 3D-подобных морфологически структур в полированной шейки имплантата после обработки эксимерным лазером, показали в сканирующем электронном микроскопе и при рентгеноспектральном анализе, что фибробласты скапливаются по краям пор, а не между ними, распластываясь по диаметру пор, не заходя на дно пор [231]. В связи с этим для взаимодействия с десной нужна шероховатость с минимальной пористостью. Сначала Дуддек Д.У. по данным количественного и качественного анализа поверхностей с помощью SEM и EDX, а затем Dohan Ehrenfest D.M. et al из ассоциации POSEIDO продемонстрировали большое количество

технологических загрязнений на поверхности титановых имплантатов большого количества фирм производителей [45,80,220]. Независимо от производителя (62 производителя) предложенный стандарт ISIS (электронная микроскопия и элементный анализ поверхности) выявил, что большинство из них «не в состоянии добиться постоянных и стабильных качественных результатов в сложном процессе обработки и очистки поверхностей дентальных имплантатов». Некоторый сегмент в современных дентальных имплантатах занимают титановые имплантаты с биоактивными покрытиями из гидроксиапатита и трикальция фосфата [88,103,146,147]. Они не находят широкого применения в связи с не гарантированностью максимальной остеоинтеграции титановой поверхности после рассасывания биопокрытия в организме. В последнее время технология изготовления любых конструкций из титана смещается в сторону фрезерования взамен технологии литья, о чем сообщается в исследовании Михайловой М.В. [101].

Среди конструкционных материалов в стоматологии бурно расширяется применение керамических материалов. Технология послойного обжига керамики, прессования в последнее время дополнены технологией изготовления блоков из диоксида алюминия и, особенно, из диоксида циркония с последующим фрезерованием из них каркасов несъемных протезов или цельноанатомических несъемных протезов [3,6,11,29,38,41,55, 65,79,104,144,148,149,156,157,177,178,230,249,264,277,278]. Диоксид циркония в качестве фрезерованных каркасов мостовидных протезов и коронок, штифтовых вкладок и внутрикостных имплантатов зарекомендовал себя как прочный, биосовместимый, эстетичный и технологичный конструкционный материал [28,34,47,86,107,115,164,165,176,179,204,207, 210,219,239,246,250,256,257,258,260,261,283].

Довольно много публикаций с самого начала внедрения технологии фрезерования керамических блоков имеется относительно системы «CEREC». Так, Мурашов М.А. утверждает преимущества «CEREC» реставраций передних зубов перед композитными реставрациями, хотя констатирует после

изучения микротвердости «CEREC» блоков и множества композитов, что среди современных реставрационных материалов практически не существует материала, идентичного по показателям микротвердости эмали зуба: керамические материалы в 2-3 раза более твердые [6,104,133]. Целесообразность керамических вкладок применительно к детской стоматологии показала Ковальчук М.А., поскольку восстанавливала первые постоянные моляры у детей [72,74,75,85]. Автор наблюдала 23% несостоятельных пломб в молярах из композита и через два года в собственном исследовании применения CEREC-вкладок их эффективность в 88,0% наблюдений, а композитных реставраций – в 79,0%.

Преимущества керамики в реставрационной и восстановительной стоматологии отражены во многих исследованиях [7,17,26,27,35,42,43,44,46, 49,50,51,66,67,72,74,75,76,82,85,102,117,125,129,133,152,153,154,155,161,168, 180,196,200,202,221,222,223,238,241,251,270,271,272,280]. В клиническом исследовании Розова Р.А. показаны примерно одинаковые качественные параметры цельнокерамических и металлокерамических коронок, однако более благоприятные результаты в части эстетики и ретроспективных результатов свойственны керамическим конструкциям [154]. По этим показателям могут конкурировать только металлокерамические протезы на каркасах из золотоплатинового сплава. Положительную оценку керамическим вкладкам в сравнении с композитными реставрациями при восстановлении моляров дал Коледа П.А. как в клинике, так и в математических расчетах [76]. Автор показал 35% снижение разброса напряжений в напряженно-деформированном состоянии «зуб-реставрация». Относительно керамических вкладок боковых зубов Долгих И.М. установила благоприятное сохранение окклюзионной поверхности вкладок по сравнению с композитными реставрациями по площади окклюзионных контактов, что сказывалось на показателях гемодинамики пародонта восстановленных зубов [43]. Даются рекомендации о необходимости достаточной площади окклюзионных контактов у вкладок с тремя контактными пунктами, равноудаленными от

центра коронки зуба. В исследовании Чайки З.С. с соавт. также отражается высокая оценка керамических вкладок при практическом редком их использования врачами [155,180]. Автором даны подробные рекомендации по методам полирования вкладок. Жаров А.В. рассматривал целесообразность применения керамических вкладок при множественном кариесе боковых зубов, обнаружив через три года замещения зубов композитными материалами при множественном кариесе явные нарушения мышечно-суставного баланса челюстно-лицевой области (по данным Гамбургского тестирования, электромиографии и компьютерного анализа окклюзии T-Scan) [21,49,124]. По анкетированию врачей-стоматологов терапевтов они практически не применяют керамические вкладки и не направляют для реставраций боковых зубов керамическими вкладками в ортопедическое отделение. Вместе с тем опыт автора выявляет значительные преимущества керамических вкладок по качеству, сохранности и профилактике дисфункции височно-нижнечелюстного сустава при лечении множественного кариеса. В математической модели не выявлено негативного воздействия на зуб керамической вкладки с позиций анализа функциональных напряжений. В экспериментальном исследовании Доменюка Д.А. отдается предпочтение синтетической керамике из-за параметров: однородность и отсутствие пористости на поверхности, низкая смачиваемость и агрегация микробов и химических веществ, прочность и износостойкость, низкая стираемость зубов-антагонистов, высокая эстетика [44]. Это дает право рекомендовать керамические коронки у лиц с повышенным отложением налета. Гришкова Н.О. подтвердила в своей экспериментально-клинической работе адекватность керамических коронок в сравнении с технологиями литья, лазерного спекания, фрезерования металлических каркасов коронок [21,35,124]. Через пять лет эксплуатации пациенты дают более высокую оценку эстетике и состоянию десен вокруг прессованных и керамических коронок на каркасах из диоксида циркония. За этот период наблюдения частота потребности в замене искусственных коронок ухудшается в

следующей последовательности по технологии изготовления каркаса: CAD/CAM фрезерование из диоксида циркония; лазерное спекание порошка хромкобальта; прессование керамики Empress; фрезерование и литье хромкобальтового сплава. Автор обратила внимание на реальную прецизионность контакта коронок с опорным зубом; при средних значениях от 28,2 до 50,3 мм зазор ухудшается в последовательности: прессованная керамика, лазерное спекание, фрезерованный хромкобальт, фрезерованный диоксид циркония, литой хромкобальт. Аваков Г.С. измерял краевой зазор коронок с фрезерованными каркасами на разных установках, представленных в России и сообщил о наиболее точных аппаратах (LAVA, ORGANICAL, HINTELS, KATANA) и менее точных таких, как ZENO, EVEREST, ARTICON, CERECINLAB, PROCERA [3,157,158]. Несмотря на наличие клинических недостатков керамических коронок, связанных с нарушением краевого прилегания к зубам и сопутствующим воспалением десны у трети коронок, Вартаков Т.О. показал востребованность керамических коронок, особенно в частных клиниках [26,27]. Выживаемость керамических и композитных виниров в двухлетнем исследовании Кузнецова Д.Л. составляла соответственно 85% и 90%, хотя распределение напряжений лучше при керамических винирах в условиях математической модели [82]. Придается большое значение качеству адгезивной фиксации винира, а также необходимости перекрывания режущего края с созданием небного уступа керамического винира, а также о необходимости сохранения 50% эмали в контакте с виниром. По анализу в городе Тула Тихоновым А.И. показана незначительная доля применения на практике керамических коронок (13,5%) [15,123,125,126,164]. Автор обосновал фрезерованные из диоксида циркония штифтовые вкладки под керамические коронки, показав их состоятельность как в клинике, так и в математической модели под функциональной нагрузкой. Автором показана возможность разрушения зуба с керамической конструкцией только при значительном угловом направлении 30° и при разрушении опорного дентина корня под вкладкой. В исследовании Эльканова

А.А. сопоставлены механические свойства разных видов стоматологической керамики, однако при клиническом применении их не выявлено значительной разницы, частота осложнений не превышала 2,2% [190]. Выделены два важных свойства керамики – предел прочности и вязкость разрушения. Установлены меньшие значения прочности (не более 147МПа) у полевошпатной керамики, гибридной керамики и лейцитной стеклокерамики, тогда как у диоксида циркония, стабилизированного оксидом иттрия прочность 1081МПа, у стеклокерамики на основе дисиликата лития 358МПа. У диоксида циркония наилучшие показатели вязкости разрушения, препятствующие распространению трещин ( $5,37\text{МПа}\sqrt{\text{м}}$ ). Прочность повышается после качественной полировки до 20%. Зязиков М.Д. обосновал эффективность трансдентального имплантата, фрезерованного из диоксида циркония, показав в математическом эксперименте и в клинике идентичные с металлическим трансдентальным имплантатом результаты [56].

Популярность технологии фрезерования керамических блоков и востребованность цельнокерамического протезирования обусловили разработку отечественных фрезерных установок и керамических блоков. Так, Цаликова Н.А. и Разумная З.В. посвятили свои диссертационные исследования разработке отечественной установки «Optic Dent» с точностью сканирования 32,5 мкм и точность краевого прилегания коронок 72 мкм; в качестве материала рекомендовалась полевошпатная керамика [115,148,149,177,178,179]. Жолудев Д.С. разработал для CAD/CAM установок отечественные керамические диски и блоки из наноструктурированного керамического материала на основе оксида алюминия и технологии плазменного напыления оксида алюминия [50,51,66,76].

Высокие эстетические требования пациентов в клинике дентальной имплантологии вызвали необходимость изготовления стандартных или индивидуальных внутриротовых частей (абатментов) внутрикостных имплантатов из диоксида циркония, как наиболее прочного керамического материала. Kurbad A. на примере замещения одного из удаленных резцов у

молодого пациента описывает преимущества стандартных диоксидциркониевых абатментов: прочность, белый цвет, светопроводность, возможность индивидуализации за счет нанесения дополнительной керамики прессованием или обжигом для создания индивидуального уступа в 2мм и придания пришеечной флюоресценции; возможность винтового соединения абатмента моментом 35Н для исключения цемента, адгезивная фиксация керамической коронки к абатменту [240]. Vizcaya F.R. в сложной клинической ситуации полного отсутствия зубов на обеих челюстях продемонстрировал хорошие возможности диоксидциркониевых фрезерованных условно-съемных протезов на восьми и шести внутрикостных титановых имплантатах на верхней и нижней челюстях соответственно (титановые абатменты) [283]. Использовались 40 мм блоки диоксид циркония Prettau, Zirkonzahn с последующим раскрашиванием десневой части; предварительно использовался прототип окончательного протеза, изготовленный из пластмассы. Автор сопровождал публикацию ссылками на результаты использования другими авторами для условно-съемных протезов разных конструкционных материалов (включая титан и золотосодержащие сплавы) с перечислением поломок и других недостатков в сравнении с диоксидом циркония. Подобную работу и также в единственном числе представил Балмс К. на семи имплантатах на беззубой верхней челюсти [11]. В публикации Kurtz-Hoffmann J., отражающей комплексный эстетический и функциональный подход к реставрации зубов и зубных рядов, подробно изложен успешный клинический случай применения диоксид циркониевых абатментов имплантатов с последующим покрытием коронками из прессованной керамики (а также коронками на естественных зубах). Также на диоксид циркониевом стандартном абатменте Bindl A. провел протезирование коронкой из дисиликатлитиевой стеклокерамики после внутриротового препарирования абатмента, сканирования и фрезерования коронки из указанного материала [202]. Попытка Сечко О.Ю. с соавт. повысить эстетику абатментов за счет приклеивания керамических колпачков на титановую

завинчивающуюся в имплантат основу оказалась успешной, поскольку прочность соединяющегося цемента превышала 300Н, а нагрузка до разрушения керамических абатментов указанной конструкции составляла 1476Н/мм (для титанового абатмента 1596Н/мм) [161]. Протезирование на имплантатах коронками на основе оксида алюминия рассмотрено Ульяновым Ю.А. с позиций химической безвредности; им показано в эксперименте по миграции компонентов протеза в искусственную среду, что фрезерованная или спеченная керамика из оксида алюминия химически устойчива и нетоксична [168]. Применение диоксидциркониевой коронки на индивидуальном титановом абатменте подробно описал в своей публикации Ли Ф. [90].

Имеются единичные сообщения о клиническом применении керамических имплантатов на современном этапе. Noumbissi S. установил через 12 недель заживления лунки удаленного верхнего резца имплантат из диоксида циркония с последующим протезированием керамической коронкой на диоксид циркониевом каркасе [253]. Размеры имплантата 11,5мм, диаметром 4,0мм и платформой 4,8мм. Первичная стабильность была 55Н/см, по данным периотеста –4,3РТВ. Пациент носил защитную прозрачную назубную шину. Через четыре месяца изготовлена коронка, для чего проводилось внутриротовое препарирование платформы имплантата; фиксация на стеклоиономерный цемент. Через два года ситуация была стабильна. Обзорная статья Osman R.B. с соавт. посвящена дискуссии о преимуществах титановых и керамических имплантатов с позиций прочности [257,258]. Авторы предупреждают о возможностях расколов имплантатов из обоих материалов в случае резорбции костной ткани вокруг них, сообщают о возможности коррозии титана, рекомендуют не применять диоксидциркониевые имплантата менее 3,75мм в диаметре и с острой винтовой нарезкой внутрикостной части. Osman R.B. с соавт. провел рандомизированное клиническое исследование эффективности однолетнего наблюдения за установленными диоксидциркониевыми и титановыми

неразборными имплантатами у 24 пациентов [257,258]. Существенной разницы в уровне выживаемости между двумя группами имплантатов не обнаружено (в нижней челюсти коэффициент выживаемости титановых имплантатов 95,8% против 90,9% у керамических; в верхней челюсти – 71,9% и 55% соответственно). Три керамических имплантата сломаны. В его исследовании маргинальная потеря костной ткани больше вокруг керамических имплантатов (0,42мм против 0,18мм у титановых). Payer M. с соавт. по двухлетнему опыту применения разборных 16 диоксидциркониевых имплантатов (и 15 титановых) рекомендует ограничивать их использование случаями с доказанной аллергией к титану из-за возможных переломов имплантатов и потери костной ткани в связи с перегрузкой [260,261]. При этом в его исследовании выживаемость титановых и керамических имплантатов составила 100% и 93,3%, снижение уровня костной ткани через два года 1.43 и 1.48. Cionca N. с соавт. наблюдали результаты применения 49 разборных керамических имплантатов (с цементируемым абатментом) под цельнокерамическими коронками в течение одного года при замещении одиночных боковых зубов [210]. 13% удаленных имплантатов не были остеоинтегрированы, остальные при контроле в один год не имели воспаления в десне и потери кости более 2мм. Cannizzaro G. с соавт. сопоставили эффективность 40 диоксидциркониевых имплантатов, подвергающихся и не подвергающихся немедленной окклюзионной нагрузке после установки [207]. Через год три коронки сломались (две из группы окклюзионной нагрузки) после фиксации постоянных коронок; убыль костной ткани была 0,7мм у неокклюзионных и 0,9мм у окклюзионных имплантатов без статистической разницы. Обращается внимание на опасность осложнений имплантации непосредственно в лунку удаленного зуба (40% неудач против 3% при отсроченной имплантации). Kohal R.-J. с соавт. применил неразборные диоксидциркониевые имплантаты под мостовидные протезы с одним отсутствующим зубом (всего 56 имплантатов) [239]. Через год выживаемость имплантатов 98,2%, средняя потеря костной ткани 1,95 мм (у 28% более 3мм).

Отмечено хорошее состояние десны. Brüll F. с соавт. при наблюдении в течение полутора лет за 66 разборных и 55 цельных имплантатов из диоксида циркония) определил выживаемость имплантатов 96,5% при хороших показателях слизистой оболочки и стабильности костной ткани (потеря кости 0,1мм) [204]. Oliva J. с соавт. проследили не менее чем 3,5 года результаты установки 831 циркониевых имплантатов с тремя типами поверхности: покрытый, непокрытый и с поверхностью после кислотного травления [256]. Имплантаты устанавливались без выбора специальных условий, в том числе в условиях остеопластики. Общий показатель успеха имплантатов составил 95%: 92,77% для имплантатов без покрытия, 93,57% с покрытием и 97,60% для имплантатов с кислотным травлением, что обусловило вывод авторов: «керамические имплантаты с шероховатой поверхностью могут быть ... альтернативой для замены зуба». Путем систематического обзора Manzano G. с соавт. проанализировали экспериментальные данные 16 публикаций и не обнаружили статистического различия по контакту с костной тканью керамических и титановых имплантатов [246].

## **1.2. Эффективность немедленной нагрузки внутрикостных дентальных имплантатов**

Немедленная нагрузка внутрикостных дентальных имплантатов активно изучается как в экспериментальном, так и практическом планах в связи с значительным ускорением всего цикла ортопедической реабилитации на имплантатах [5,31,40,60,68,83,89,91,100,109,110,112,113,114,116,128,132,143,147,159,160,169,170,183,184,191,193,199,201,209,213,216,217,218,234,243,252,260,265,266,276,279]. Немедленная нагрузка сначала временным, а затем по заживлению десны — окончательным протезом предпочтительна на неразборных имплантатах, поскольку устраняется слабое место всех имплантатов — микрозазор абатмента и внутрикостной части имплантата [69,172,173,186,214,237,245,263,269]. Однако, в связи с формой зубных рядов

и разным уровнем окклюзионной поверхности и имеющейся костной ткани челюстей в условиях атрофии неразборные имплантаты применимы редко, чаще всего в небольших включенных дефектах зубных рядов. До настоящего времени исследование немедленной нагрузки проводилось на титановых имплантатах, хотя возможно с большим эстетическим эффектом использование неразборных керамических имплантатов.

Как указывает Нестеров А.А. с соавт. в классификации конструктивных особенностей современных имплантатов одноэтапная процедура имплантации не требует повторного хирургического вмешательства; к одноэтапным имплантатам автор относит монолитные, а также устанавливаемые супракрестально и соединяемые с абатментами [108,109]. Автор описывает все возможные виды конструктивного соединения абатментов и имплантатов. Параллельно встречаются много публикаций, отражающих общий недостаток зоны соединения абатмент-имплантат в связи с микроподвижностью и колонизацией микробами. Об этой проблеме свидетельствует Карбах Дж. с соавт., упоминая в своем обзоре по свойствам разных соединений исследования Canullo L., Lorenzoni F.C., Rack A. [69]. Авторы считают, что механические и микробиологические характеристики соединений с абатментом влияют на уровень периимплантатной кости, прочность винтового соединения абатмента и прочность самого винта. Упоминается о классических исследованиях Zipprich H. с соавт. по моделированию процесса жевания параллельно с рентгенологической видеозаписью соединения с абатментом, в которых видно щелевидное «раскрывание» контакта при большинстве конструкций узла соединения. Указывается на важность механической прецизионности узла соединения, отдается предпочтение конической форме контакта абатмента с имплантатом. Проведя исследования проницаемости узла соединения абатмента и имплантата путем введения в имплантат цветных маркеров и выдерживания его в физрастворе после завинчивания абатмента, Coelho P. с соавт. во всех случаях со временем увидели красящий маркер в солевом растворе вокруг имплантата и сделали вывод о невозможности

предотвращения загрязнения внутренней части разборного имплантата [208,214,245]. Цементирование абатмента вместо винтового соединения хорошо показало себя в эксперименте (например, Piattelli и др.), но на практике затруднительно и не исключается воздействие цемента на периимплантатную десну. Хафизов Р.Г. применил для оценки качества соединительного узла «имплантат-абатмент» микробиологическую проницаемость узла: в стерильный узел соединения вводили бактерии E.coliK12, помещали в питательную среду на 24 часа и оценивали микробный рост [98,99,172,173,174,175]. Установлено, что литье и полировка абатмента с искроэрозионной обработкой не приводит к микробному росту, пескоструйная обработка литого абатмента дает рост 2,3%, а полировка 7,2%. Увеличение числа опор под мостовидным протезом быстро приводило к микробному росту (через 12 часов), за исключением искроэрозионной обработки. Для снижения роли микробов в зоне соединения с абатментом Шубладзе Г.К. предложил серебрение нижней части абатмента и винта, показав в эксперименте чистую зону 1-1,5см при погружении такого абатмента в среду пародонтопатогенов [186]. Salisbury R. обращает внимание на то, что современная CAD/CAM технология не может обеспечить полное пассивное прилегание протеза к большому количеству имплантатов, тем более простые системы CAD/CAM, которые не могут сравниться с допусками оригинального производителя стандартных имплантатов [269]. Среди условий надежности имплантатов в части долговременной клинической эффективности Khantsis V. указывает на необходимость максимально герметичного соединения абатмента и имплантата, предотвращающего микродвижения [237]. Автор положительно оценивает коническое соединение имплантата с абатментом, обращая внимание на длину и угол соединения. Положительно оценивая конусное соединение абатмента и имплантата, Choi В-Н. с соавт. указывает, что оно уменьшает концентрацию напряжений в маргинальной кости из-за ее передачи вглубь имплантата, абатмент точно соединяется с имплантатом без необходимости рентген контроля, минимизируется микропросачивание и

микроподвижность [213]. Несмотря на проблемы соединения, разборные имплантаты, также как монолитные применяются для немедленной нагрузки имплантатов. Самусенков В.О. при немедленной нагрузки имплантатов предупреждает о критическом уровне микробной колонизации временных коронок на имплантатах через три месяца при использовании акрилсодержащих пластмасс и через полгода при использовании безакриловых композитных материалов; кроме того, он подчеркивает меньшую адгезию микробов на композиты и более выраженную прочность композитов [159]. Оценивая в клинике немедленную нагрузку, автор не увидел разницы в устойчивости имплантатов при отсроченной нагрузке, но отметил важность длины имплантата и большую устойчивость в фронтальном отделе челюстей. В исследовании Азарина Г.С., посвященном немедленной нагрузке имплантатов при обширных и полных дефектах зубных рядов, в том числе по технологии «все на четырех», выставляются условия эффективности немедленной нагрузки, дающей осложнения всего 1,2% по числу удаленных имплантатов [5,132]. Эти условия таковы: снижение гипертонуса жевательных мышц (в том числе с использованием ботулинического токсина типа «А»), использование релаксирующих шин, соблюдение гигиены, использование специальной диеты (с исключением жесткой пищи). В то же время, Бронштейн Д.А., анализируя 10-летний опыт протезирования при полном отсутствии зубов, считает отсроченную нагрузку имплантатов предпочтительнее непосредственной в этой ситуации, поскольку за 10 лет удалены 22,7% имплантатов с немедленной нагрузкой; при этом сроке контроля только 9,1% имплантатов с немедленной нагрузкой имели периимплантатные ткани без воспаления и резорбции кости (при отсроченной нагрузке 15,5%) [4,15,19,20,21,22,23,24,25]. Миронович И.В. опубликовал клинический пример окончательного металлокерамического протезирования через пять дней после трансмукозной установки шести неразборных имплантатов при полном отсутствии зубов на нижней челюсти [100]. О хороших качествах неразборных титановых имплантатов и перспективах клинического применения

указывается в публикации фирмы Niko [116]. В ней перечисляются адекватные клинические условия для немедленной нагрузки: кость хорошего качества (I или II типа); ширина и высота кости, достаточная для имплантата диаметром до 3,5 мм и длиной до 15 мм; зона прикрепленной десны не меньше 3 мм; наличие соседних зубов, которые могли бы защитить имплантат от окклюзионной нагрузки; полная стабильность имплантата при установке. Хабиев К.Н. указывает на главное условие немедленной нагрузки – первичную стабильность имплантата, рекомендуя конусные винтовые имплантаты и иллюстрируя свои мысли клиническим примером [170,259]. Bazzoli F.M. с соавт. обращает внимание на запросы пациентов немедленно и с высокой эстетикой заменить разрушенный или подвижный зуб в фронтальном отделе челюсти и приводит клинический случай имплантации в лунку удаленного верхнего резца через хирургический шаблон, с одновременной фиксацией временной пластмассовой, а потом постоянной керамической коронки на абатмент из диоксида циркония; контроль через три года показал прекрасный результат [199]. Ссылаясь на решение Европейской Ассоциации Остеоинтеграции (2006) Ох Я.-Х. сообщает, что немедленная нагрузка определяется как методика соединения покрывающей имплантат структуры в течение 72 часов после установки имплантатов и до одной недели [128]. Автор представил три клинических случая с сроком контроля 1,5 года такой нагрузки имплантатов в боковом отделе челюстей, в том числе при замещении концевых дефектов. При этом проводилась костная пластика с щечной стороны имплантатов. Об успешной немедленной нагрузке временного протеза при полном отсутствии зубов на нижней челюсти (идентично методу «все на четырех») сообщила Компания bredent group [60]. За период однолетнего наблюдения Ластер З. с соавт. удалили 3,6% из 140 имплантатов, установленных в лунки резцов и премоляров (95 имплантатов с немедленной нагрузкой). О двух успешных случаях немедленной нагрузки имплантатов сообщают Нуриева Н.С. и Кипарисов Ю.С., заменяя центральный резец верхней челюсти [114]. С немедленной нагрузкой четырех имплантатов в

фронтальном отделе беззубой нижней челюсти Фангманн Р. осуществляет съемное протезирование покрывным протезом с телескопической или замковой фиксацией на плоских аттачменах «локатор» [169]. Среди 10 пациентов с полным отсутствием зубов Карапетян В.Е. с соавт. сравнили результаты немедленной и отсроченной нагрузки имплантатов, установленных после трансплантации костных блоков [68]. Авторы не увидели значительной разницы в стабильности имплантатов, подвергавшихся обычной и немедленной нагрузке в момент установки имплантата (на нижней челюсти значение ISQ 77,25, на верхней челюсти – 70,53 при немедленной нагрузке имплантатов; соответственно 83,50 и 75,67 при раскрытии имплантатов через три месяца при отсроченной нагрузке). На основании идентичных клинических и рентгенологических данных авторы рекомендуют осуществлять иммедиат-нагрузку на шести соединенных имплантатов на верхней и четырех соединённых имплантатов на нижней челюсти. С целью ускорения протезирования после удаления фронтальных зубов Laster Z. предложил форму имплантата с крылом в области кортикальной кости и подробно описал один клинический случай с наблюдением в период 12 месяцев немедленной нагрузки трех имплантатов, установленных в лунки удаленных верхних резцов; автор получил хороший клинический результат [243]. Сочетание немедленной имплантации в лунку зуба и нагрузки имплантата позволило Потапчуку А.М. с соавт. сократить сроки лечения и повысить психологическую удовлетворенность протезированием у 22 пациентов с 36 внутрикостными имплантатами, установленными в лунки удаленных зубов с немедленной нагрузкой [146,147]. С момента установки имплантатов их стабильность по данным остеллометрии от 60,64 ISQ на верхней челюсти и 65,89 ISQ – на нижней челюсти (через период снижения стабильности при контроле в три месяца – соответственно 57,95 ISQ и 62,81 ISQ) увеличивался через год до 65,24 ISQ и 71,42 ISQ. Потеря уровня маргинальной десны за год составила 0,55мм. Удаление имплантатов произошло в количестве 4,7%, что дало основание авторам рассматривать

предложенный протокол, как прогнозируемый. Два успешных клинических случая немедленной нагрузки одиночных имплантатов, установленных в лунки удаленных верхних премоляров, продемонстрировал Янг Ч.-м., связывая успех имплантации при контроле через полтора года с поверхностью имплантата, покрытого кальцием [191]. Настойчиво продвигает технологию немедленной нагрузки одноэтапных имплантатов Ihde S. [234]. В книге, посвященной так называемой «базальной имплантации», автор предлагает устанавливать имплантаты значительной длины с упором в кортикальные пластины дна гайморовой пазухи, дна носа, базального края нижней челюсти даже одновременно с множественным удалением зубов. Для этого предложенные им имплантаты снабжены выраженной резьбой в апикальной части и шероховатостью в средней части имплантата. Автор обращает внимание на равномерность и умеренность окклюзионной нагрузки, которая падает на имплантаты. Свои публикации автор снабжает многочисленными примерами успешного функционирования базальных имплантатов. При установке таких имплантатов обычными усилиями бывают 50-70 Нсм<sup>2</sup>. Показательный пример немедленной нагрузки имплантата, установленного в лунку верхнего резца, опубликовали Cardinalie M. и Dinkelacker W., используя слепочный трансфер для фиксации временной пластмассовой коронки из быстротвердеющей пластмассы [209]. Техника «раннего» абатмента представлена Beschnidt S.M., отличающаяся от техники установки имплантатов в лунку зуба с немедленной нагрузкой тем, что через два дня после имплантации вместо титанового абатмента устанавливается диоксидциркониевый абатмент, изготовленный до удаления зуба [201]. Постоянная коронка фиксируется только через шесть месяцев. Автор обосновывает раннюю нагрузку целесообразностью, когда эстетическая реставрация осложнена (например, высокой линией улыбки, тонким десневым фенотипом, предшествующими стоматологическими процедурами); в этом случае важно по возможности предпринять максимум мер за один сеанс хирургического вмешательства: атравматичное удаление зуба или зубов,

коррекцию последствий скарификации, десневую пластику, имплантацию и, возможно, костную аугментацию.

Лосев Ф.Ф. с соавт. в описанных ситуациях – с установкой имплантата в лунку зуба, предпочитают устанавливать временный пластмассовый абатмент под временную искусственную коронку с изготовлением постоянной цельнокерамической коронки через три месяца [91]. Авторы рекомендуют придавать временному пластмассовому абатменту анатомическую форму шейки удаленного зуба, затем производить припасовку и перебазировку временной коронки с тщательной полировкой коронки и абатмента перед фиксацией на темп бонд. Авторы считают, что при выполнении вышеуказанных правил процент каких-либо осложнений будет минимальным, слизистая оболочка вокруг имплантата сохранена и эпителизирована. Судя по публикации Лернер Г. с соавт., 10 имплантатов с немедленной нагрузкой после установки в лунки удаленных зубов за два года не удалялись, сохраняли устойчивость, вокруг них имелся объем кератинизированной десны не менее 1мм в ширину и толщину (в среднем 2,04мм), глубина зондирования составляла 2,25мм, кровоточивость при зондировании была у трети имплантатов, эстетический результат составлял 10,9 баллов из 14 возможных, средняя потеря костной ткани 0,83мм [89]. Ссылаясь на Арагисіо с коллегами, Джеймс Х. раскрывает термины, касающиеся немедленной нагрузки: обычная нагрузка – реставрация фиксируется на имплантатах через 3-6 месяцев после установки, ранняя нагрузка – реставрация устанавливается на имплантате и вводится в прикус в сроки от 48 часов до трех месяцев после имплантации, немедленная реставрация – конструкция фиксируется на имплантате в течение 48 часов без окклюзионного контакта, немедленная нагрузка – идентично немедленной реставрации с введением в прикус, отсроченная нагрузка – реставрация фиксируется в рамках отдельной процедуры через 3-6 месяцев после имплантации [40]. Ранняя нагрузка, по опыту автора, способствует лучшему формированию мягких тканей и контуров десны, ранняя нагрузка может рассматриваться в качестве рутинной практики, однако плохое

качество костной ткани, в том числе после аугментации, диабет или терапия стероидами или бифосфонатом являются противопоказаниями для ранней или немедленной нагрузки. Но К. с соавт. установили 54 монолитных имплантата 34 пациентам с отсутствием нижних резцов с последующим наблюдением 22 месяца [113]. За срок контроля утрачено два имплантата (3,8%), резорбция 0-0,5мм была у 45% имплантатов, что позволило авторам считать монолитные имплантаты эффективной альтернативой при замене нижних резцов. Полупан П.В. на основании ретроспективного анализа установки 179 одноэтапных имплантатов у 75 человек, а также по данным собственного опыта сравнения одноэтапной имплантации у 40 человек (103 имплантата) в сопоставлении с двухэтапной имплантацией сделал определенные выводы [110,143]. Автор считает показанием для одноэтапной дентальной имплантации концевые и включенные дефекты зубных рядов протяженностью в два и более зубов во всех случаях атрофии челюстей; выживаемость таких имплантатов 97,18% против 95,8% у двухэтапного протокола. По его опыту, наименее эффективно применение одноэтапной методики при одиночных включенных дефектах зубного ряда. Срок лечения при одноэтапной имплантации уменьшался с 7,2 до 4,5 месяцев. При анализе эффективности в зависимости от сроков эксплуатации протезов с немедленной нагрузкой имплантатов получены результаты: до 2-х лет – 93,5%, от 2 до 10 лет – 92,9%; средняя выживаемость установленных дентальных имплантатов за 10 лет составила 94,16% и статистически значимые различия между одноэтапным и двухэтапным хирургическим протоколом имплантации не были выявлены. Широков Ю.Ю. в своем исследовании выполнил протезирование керамическими или металлокерамическими коронками на 77 имплантатах непосредственно после установки имплантатов, проводя оценку периимплантатных тканей на протяжении последующего полугодия [31,183,184,185]. В его исследовании по данным КЛКТ плотность костной ткани через 3 и 6 мес. соответствовала значениям плотности кости в предоперационном периоде и отсутствовала резорбция кости вокруг имплантата с непосредственной нагрузкой;

показатели резонансно-частотного анализа в момент установки имплантатов составляли 65,00-74,00 у.е., снижались через 2 недели до 60,00-65,00 у. е., чуть увеличивались через один месяц (64,00-69,00 у.е.) и возвращались к исходному уровню через 3 месяца; по данным ЛДФ после имплантации и нагрузки развивалась гиперемия в микроциркуляторном русле с купированием через один месяц и восстановлением через три месяца.

## **Глава 2. МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ**

### **2.1. Методика анкетирования врачей-стоматологов по использованию керамических дентальных имплантатов**

С учетом незначительного коммерческого предложения керамических дентальных имплантатов на отечественном рынке и крайне редких публикаций о клиническом применении керамических имплантатов в российских стоматологических журналах проведен опрос 58 врачей-стоматологов хирургического и ортопедического профиля, широко использующих в своей практике метод дентальной имплантации. Все врачи работали в Москве и состояли в Российской Ассоциации дентальной имплантологии.

Разработана анкета по проблемам применения керамических имплантатов, состоящая из четырех разделов (Табл. 1).

Разработанная анкета по проблемам применения керамических имплантатов предусматривала анализ частоты применения керамических имплантатов, частоты выявления осложнений применения титановых имплантатов в связи с особенностями конструкционного материала, выявления причин редкого применения на практике керамических имплантатов и перспектив расширения использования керамических имплантатов.

Анализ анкет проводился с целью получения средних показателей частоты ответов по каждому вопросу.

Таблица 1 – Анкета для врачей стоматологов, использующих в клинической практике метод дентальной имплантации

| № | Вопрос                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
|---|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1 | <p>Применяете ли Вы керамические дентальные имплантаты в своей работе?</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– не применяю</li> <li>– применяю в единичных случаях</li> <li>– применяю редко</li> <li>– применяю часто</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
| 2 | <p>Встречали ли Вы в Вашей работе и как часто следующие осложнения применения титановых имплантатов?</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– просвечивание имплантата сквозь десну (нет, единичные случаи, редко, часто)</li> <li>– оголение имплантата вследствие рецессии периимплантатной десны (нет, единичные случаи, редко, часто)</li> <li>– недостаточная эстетика цвета края коронки на имплантате (нет, единичные случаи, редко, часто)</li> <li>– явления гальванизма в полости рта – неприятный привкус; сухость, жжение в полости рта (нет, единичные случаи, редко, часто)</li> <li>– аллергические явления в полости рта – гиперемия, отечность периимплантатной десны; сухость и жжение в полости рта (нет, единичные случаи, редко, часто)</li> <li>– избыточные отложения мягкого налета на имплантате (нет, единичные случаи, редко, часто)</li> </ul> |
| 3 | <p>Почему Вы редко применяете (не применяете) керамические дентальные имплантаты в своей работе?</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– полностью удовлетворяют титановые имплантаты</li> <li>– не имею опыта</li> <li>– опасаясь хрупкости керамических имплантатов</li> <li>– не уверен в надежности соединения керамического имплантата и абатмента</li> <li>– показания к неразборным имплантатам встречаются редко</li> <li>– ограничены типо-размеры керамических имплантатов и абатментов</li> <li>– поверхность керамических имплантатов недостаточно текстурирована для надежной остеоинтеграции</li> <li>– в России нет постоянных поставщиков керамических имплантатов</li> </ul>                                                                                                                                                                             |
| 4 | <p>Хотели ли бы Вы расширить (включить) применение керамических имплантатов в своей работе? (да/нет)</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |

## 2.2. Методика структурных, статических и динамических исследований прочности керамических и титановых имплантатов

Структура поверхности, химический состав и прочность керамических дентальных имплантатов изучались на примере неразборных керамических имплантатов ICX (Medentis, Германия), изготовленных, по данным производителя, из диоксида циркония, стабилизированного иттрием; для сравнения использовались результаты идентичных исследований титановых имплантатов (Grade 4, упрочненный методом холодной прокатки) той же фирмы [4,23,24,126,139,140,166,232,233].

Изучение микроструктуры поверхности имплантатов и ее химического состава проводились в Центре коллективного пользования «Микроанализ» Технопарка «Сколково» (Москва). Использовался специальный инвертированный металлографический системный микроскоп OLYMPUS GX-51 (OLYMPUS, Япония) с одновременным фотографированием поверхности имплантатов с увеличениями от 50 до 1000 (Рис. 1). Также использовался сканирующий электронный микроскоп PHENOM («PhenomWorld», Голландия) с возможностью элементного анализа.

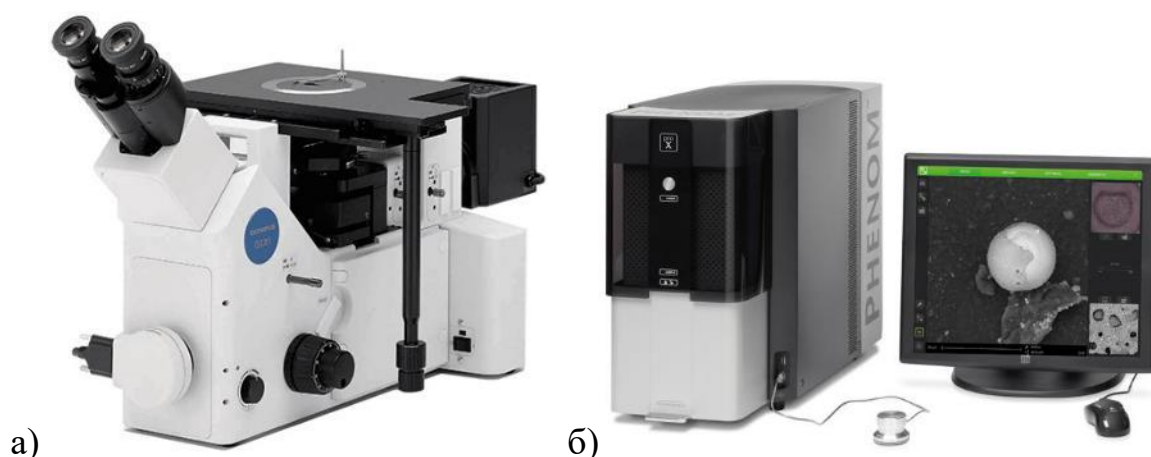


Рисунок 1 – Инвертированный металлографический системный микроскоп OLYMPUS GX-51 (OLYMPUS, Япония) (а), сканирующий электронный микроскоп PHENOM («PhenomWorld», Голландия) (б)

Для изучения химического состава поверхности имплантатов использовался спектрометр с индуктивно связанной плазмой ULTIMA-2

(HORIBA Jobin Yvon S.A.S», Франция) с чувствительностью концентрации химических элементов  $10^{-5}$ - $10^{-7}$ % масс.

Механические свойства керамических (диоксид циркония, стабилизированный иттрием) и титановых (Grade 4) неразборных дентальных имплантатов ICX (Medentis, Германия) изучались в испытательной лаборатории «ЦИТО им Н.Н. Приорова».

Методика статических и динамических испытаний имплантатов соответствовала алгоритму программного комплекса DIONPro (Швейцария) и реализовалась на испытательном оборудовании LFV-10-T50 (Walter+Baier, Швейцария) (Рис. 2) [59,96,97,131,173,190,254,268,284].

Скорость нагружения имплантата под углом  $45^\circ$  в варианте статической нагрузки соответствовала 5мм/мин, нагрузка прикладывалась до разрушения имплантата, о чем свидетельствовал спад в диаграмме нагружения на 30-90% от максимального уровня. С пересчетом в системе единиц СИ определялся предел прочности в МПа и соответствующая деформация в мм.

Динамическое нагружение проводилось при частоте изменения нагрузки 15Гц в течение 460 тыс. колебаний, что потребовало работы оборудования в течение 5 суток и соответствовало примерно 5 годам пребывания имплантатов под нагрузкой при трехкратном приеме пищи с жеванием в течение 10-15 минут. Величина нагрузки составляла 80% максимальной нагрузки, которую выдерживали имплантаты при статических испытаниях.

Испытаниям подвергались по три имплантата из керамического и титанового материалов.

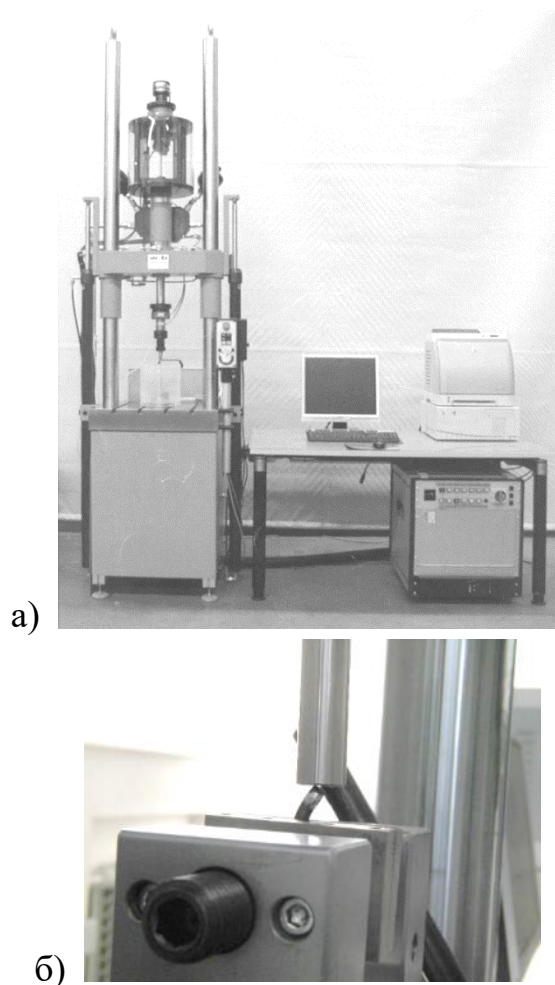


Рисунок 2 – Испытательное оборудование LFV-10-T50 (а) и закрепленный имплантат под наклонной нагрузкой (б)

### **2.3. Математическое моделирование напряженно-деформированного состояния керамического дентального имплантата и окружающей костной ткани**

Расчетное исследование напряженно-деформированного состояния керамического внутрикостного имплантата с цементной фиксацией коронки выполнено методом граничных элементов (МГЭ) [134,135,136]. При использовании МГЭ выполняется численное решение граничных интегральных уравнений (ГИУ) для задач теории упругости. Так как ГИУ содержат только граничные значения переменных задачи (перемещения и напряжения), то при численном решении выполняется дискретизация только поверхности (границы – в двумерном случае) расчетной модели, что является одним из основных преимуществ данного метода перед методом конечных

элементов (МКЭ), при использовании которого необходимо разбиение на элементы всего объема тела [14,18,20,22,25,52,54,58,64,92,94,98,119,123,126,127,134,135,136,145,172,182,187,188,208,221,228,247,262,287]. В отличие от МКЭ, в МГЭ независимо моделируются перемещения и напряжения, что позволяет существенно повысить точность расчетов по сравнению с МКЭ. Для получения одинакового уровня точности МГЭ требует существенно (в три и более раз) меньше ресурсов ЭВМ, чем МКЭ.

Характерные особенности МГЭ состоят в следующем:

- при решении линейных задач разбиение на элементы необходимо только на границе (поверхности) тела;
- независимое моделирование перемещений и напряжений позволяет достичь высокого уровня точности решения задачи, включая зоны концентрации напряжений и контакта тел.

Расчеты напряженно-деформированного состояния в данном исследовании выполнены с использованием комплекса программ «МЕГРЭ» – МЕтод ГРаничных Элементов (д.ф.-м.н. Перельмутер М.Н., Институт проблем механики РАН), реализующего численное решение граничных интегральных уравнений задач теории упругости и термоупругости в предположении, что материалы являются линейно-упругими [134,135,135].

В комплексе программ «МЕГРЭ» возможно:

- рассмотрение многосвязных составных областей с границей сложной формы;
- учет анизотропии материалов и различия физико-механических свойств материалов в подобластях конструкции;
- учет объемных сил (собственный вес; центробежная нагрузка; сосредоточенные силы);
- расчет стационарных и нестационарных распределений температуры и температурных напряжений (несвязанная термоупругость);
- решение контактных задач;
- учет условий циклической симметрии;

– решение задач с трещинами на границах соединения материалов с учетом взаимодействия берегов трещин и автоматизированным определением коэффициентов интенсивности напряжений.

Для численного анализа напряженно-деформированного состояния кусочно-однородных областей используется прямой метод граничных интегральных уравнений [1]. Конструкция моделируется набором однородных подобластей.

При отсутствии массовых сил граничное интегральное уравнение для каждой однородной подобласти конструкции имеет вид [1]

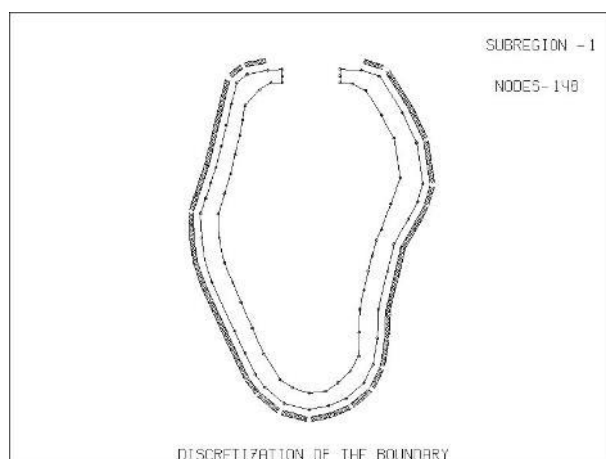
$$c_{ij}(p)u_i(p) = \int_{\Gamma} [G_{ij}(q,p)t_i(q) - F_{ij}(q,p)u_i(q)]d\Gamma(q), \quad i, j = 1, 2 \quad (1)$$

В этом уравнении точки  $p$  и  $q$  принадлежат границе подобласти  $\Gamma$ ,  $u_i(q)$  перемещения и  $t_i(q)$  усилия на границе подобласти (напряжения на границе),  $c_{ij}(p)$  - функции, зависящие от локальной геометрии в точке  $p$ , для гладкой границы  $c_{ij}(p) = 0.5\delta_{ij}$ . Функции  $G_{ij}(q,p)$  и  $F_{ij}(q,p)$  являются фундаментальными решениями Кельвина для задачи теории упругости и определяют перемещения и усилия (напряжения) в граничной точке  $q$  от единичной силы, приложенной в точке  $p$ . Уравнения вида (1) записываются для каждой однородной подобласти конструкции, а на границах соединения подобластей накладываются условия непрерывности и совместности для граничных переменных. Для дискретизации границ подобластей используются изопараметрические квадратичные граничные элементы.

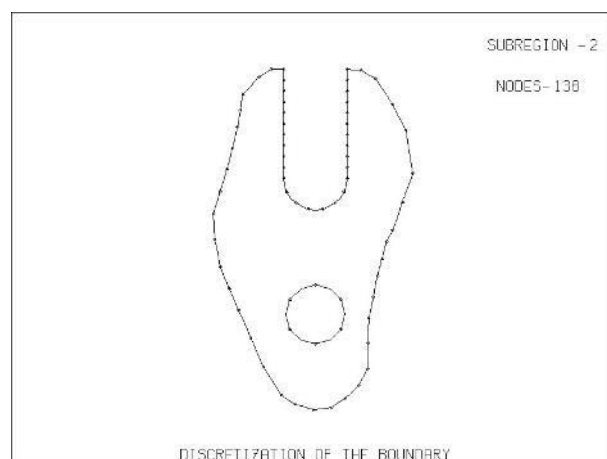
Расчет напряженно-деформированного состояния имплантата выполнен в постановке плоского напряженного состояния и состоял из двух этапов:

- 1) расчета всей конструкции имплантата;
- 2) исследования деталей распределения напряжений в винтовом соединении в зоне контакта имплантата с костной тканью (предполагалось формирование полного соединения материалов на границе имплантата и кости).

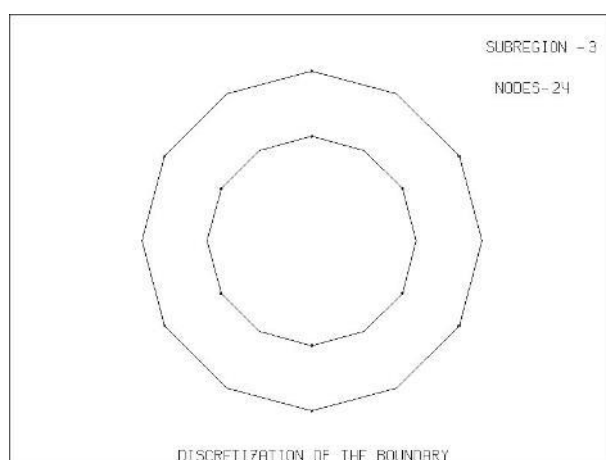
Расчетная модель первого этапа содержит 7 подобластей, дискретизация границы которых представлена на рисунках 3, 4. Модель в целом с указанием вида нагрузки и граничных условий, а также увеличенное изображение верхней части модели, представлены на рисунке 5 (для удобства графического представления внешний слой кортикальной кости, винт и коронка заштрихованы).



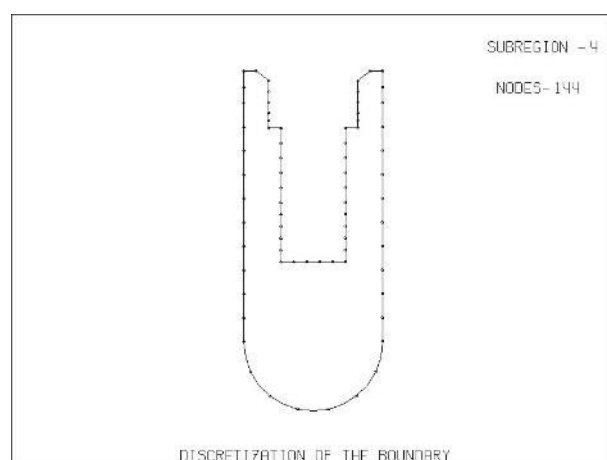
Подобласть 1 – слой кортикальной кости



Подобласть 2 – губчатая кость



Подобласть 3 – слой кортикальной кости по границе нижнечелюстного канала



Подобласть 4 – имплантат со сглаженной винтовой зоной

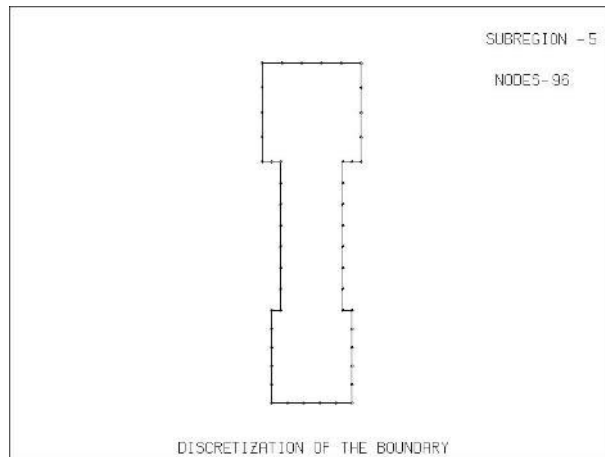
Рисунок 3 – Подобласти математической модели сегмента нижней челюсти с внутрикостным дентальным имплантатом.

Толщина слоя стеклоиономерного цемента между абатментом и керамической коронкой полагалась равной  $t=10$  микрон= $10^{-5}$ м. Ввиду того, что толщина слоя стеклоиономерного цемента много меньше характерных размеров конструкции, при расчете этот слой моделируется с использованием

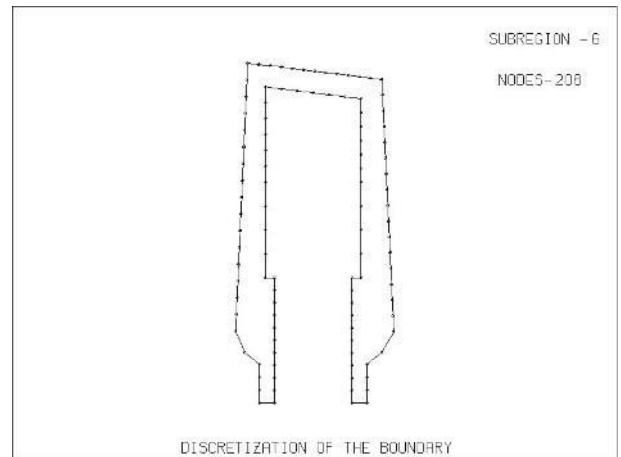
условий неидеального контакту подобластей с заданной жесткостью связей и заменяется связями с жесткостью

$$k = \frac{E_i}{t}$$

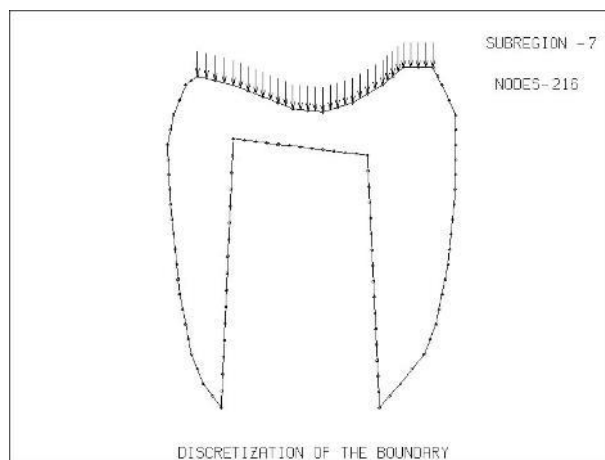
Здесь  $E_i = 20.9$  ГПа, модуль упругости цемента,  $t = 10^{-5}$  м, расчет дает жесткость связей -  $k = 20,9 \cdot 10^{14}$  Н/м<sup>3</sup>. Между всеми остальными соединенными элементами конструкции выполняются условия идеального сцепления.



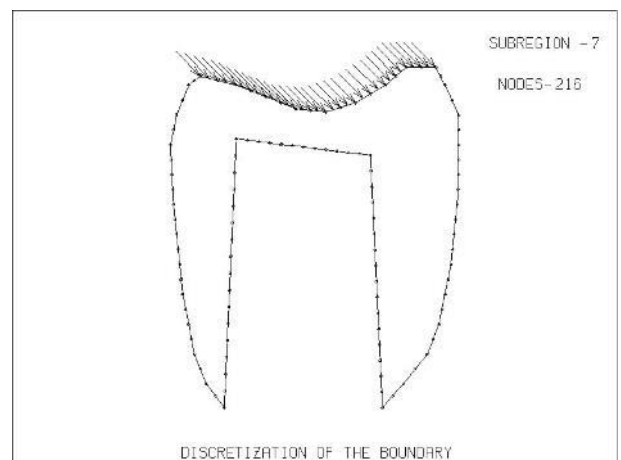
Подобласть 5 – закрепляющий винт



Подобласть 6 – абатмент



Подобласть 7 – керамическая коронка, сжимающая нагрузка



Подобласть 7 – керамическая коронка, нагрузка под углом 45°

Рисунок 4 – Подобласти математической модели сегмента нижней челюсти с внутрикостным дентальным имплантатом

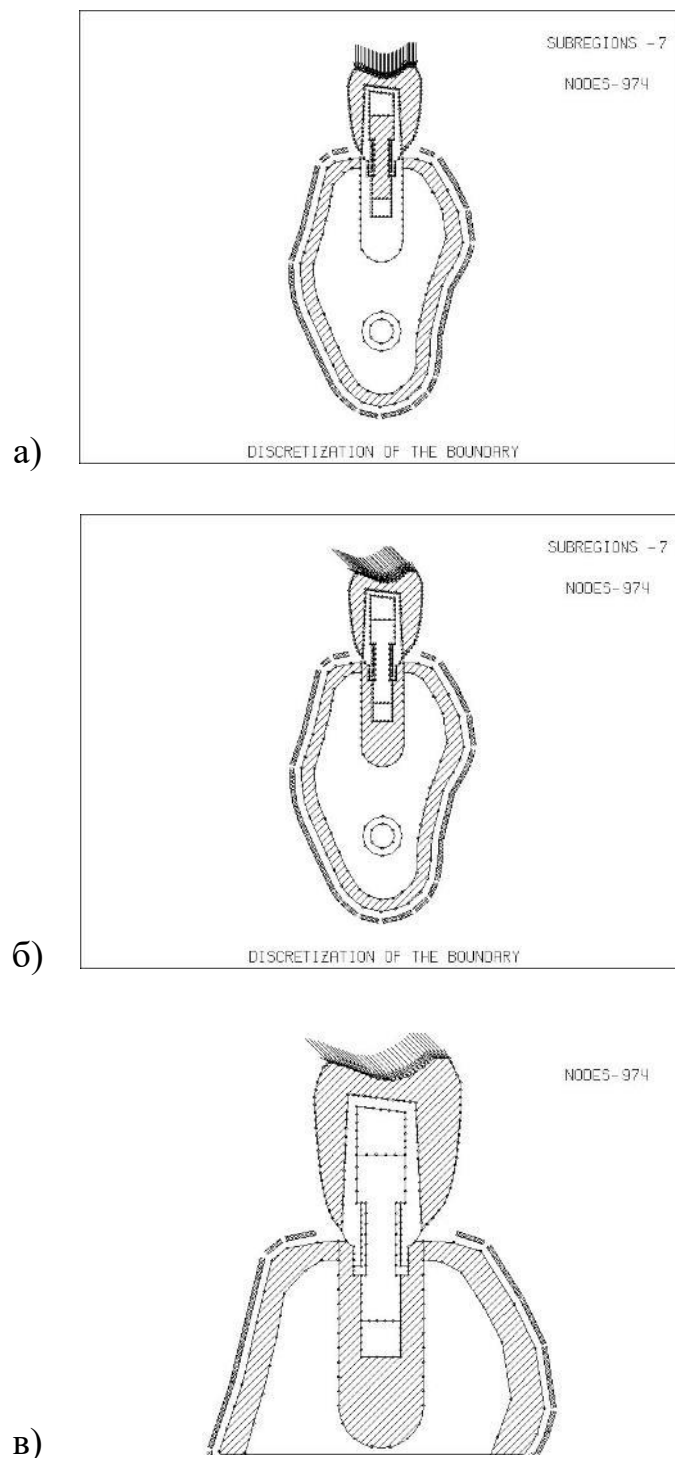


Рисунок 5 – Гранично-элементная дискретизация имплантата и сегмента нижней челюсти: а) сжимающая нагрузка, б) наклонное приложение нагрузки, в) с увеличением

Нагрузка величиной  $p = 6\text{МПа}$  прикладывается к окклюзионной поверхности коронки в двух вариантах (в вертикальном направлении и под углом  $45^\circ$ ); величина нагрузки выбрана по литературным данным. По внешней границе кортикальной кости полагаем нулевые перемещения. Заштрихованная

тонкая зона показывает область заданных нулевых перемещений по внешней границе кортикальной кости (это обозначение только на рисунке, не является частью модели). Полагая, что площадь контактной поверхности коронки  $s = 1 \text{ см}^2 = 100 \text{ мм}^2$ , получаем, что нагрузка-давление величиной  $P = 6 \text{ МПа}$  соответствует при таком допущении приложенной силе  $F$ :

$$F = p \cdot s = 6 \cdot 10^6 \cdot 10^{-4} = 600 \text{ Н}$$

Механические свойства материалов взяты из литературных данных и приведены в таблице 2.

Таблица 2 – Характеристики материалов расчетной модели.

| Материал                | Модуль упругости $E$ , ГПа | Коэффициент Пуассона | Предел текучести (а), предел прочности (б), МПа |
|-------------------------|----------------------------|----------------------|-------------------------------------------------|
| Керамика                | 70                         | 0,19                 | 900 (б)                                         |
| Стеклоиономерный цемент | 20,9                       | 0,35                 | 120 (б)                                         |
| Титан                   | 113,8                      | 0,32                 | 880 (а)                                         |
| Кортикальная кость      | 18,1                       | 0,2                  | 130 (б)                                         |
| Губчатая кость          | 0,49                       | 0,2                  | 5,0 (а)                                         |

Для изучения напряженно-деформированного состояния керамического дентального внутрикостного имплантата и окружающей кости рассмотрены варианты неразборного имплантата (в универсальной конструкции имплантата – с керамическим винтом) и имплантата с абатментом, соединенным титановым винтом; для сравнения взят титановый имплантат с титановым абатментом и винтом.

Для каждого варианта выполнены расчеты при вертикальной и наклонной нагрузках. При вертикальном нагружении прикладывалось сжимающее давление  $p = 6 \text{ МПа}$ . Наклонная нагрузка задавалась в форме двух компонент, действующих по направлениям осей координат  $P_x = P_y = p \cos(45^\circ) \approx 4.243 \text{ МПа}$ , так что суммарная величина нагрузки

равнялась нагрузке, приложенной в вертикальном направлении:

$$p = \sqrt{P_x^2 + P_y^2} = 6 \text{ МПа}.$$

Расчетная модель содержала 974 узла на границах всех подобластей.

Эквивалентные напряжения (напряжения по Мизесу, интенсивность напряжений) для плоского напряженного состояния определяются следующим образом

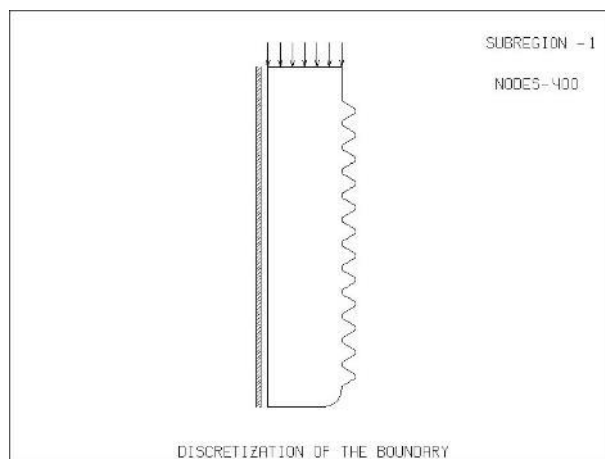
$$\sigma_i = \sqrt{\frac{(\sigma_1 - \sigma_2)^2 + \sigma_1^2 + \sigma_2^2}{2}}$$

где  $\sigma_{1,2}$  - главные напряжения.

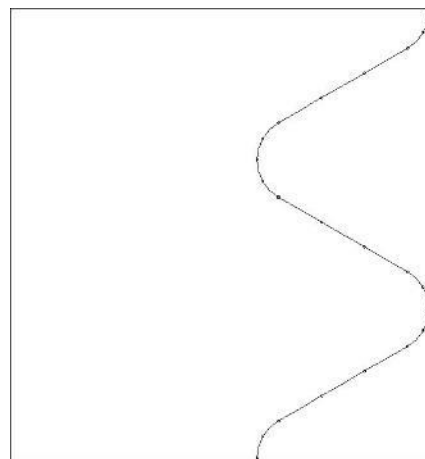
На рисунках все значения напряжений приведены в МПа.

Далее реализован вариант винтовой поверхности имплантатов при вертикальной и наклонной нагрузках; ввиду симметрии задачи расчеты выполнены для половины конструкции в постановке плоской задачи теории упругости (плоское напряженное состояние).

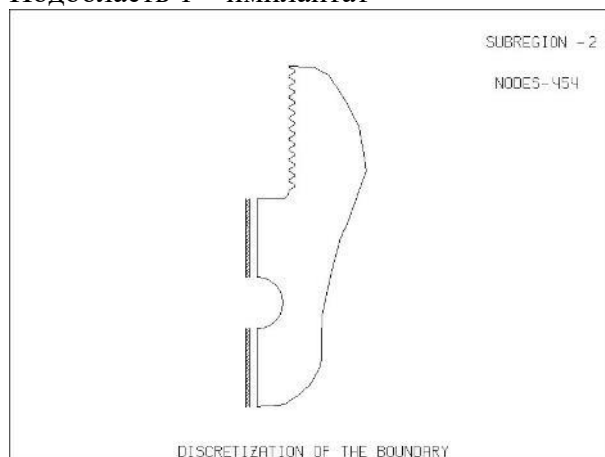
Форма поперечного сечения каждого зубца, впадин между витками резьбы на имплантате и форма углублений в кости моделировались как равносторонний треугольник со стороной  $a = 0.93 \text{ мм}$  (при 12 зубцах по длине  $L = 14 \text{ мм}$  имплантата). Радиус закругления вершин зубцов и впадин между витками ( $r$ ) принимался равным половине радиуса окружности  $R$ , вписанной в равносторонний треугольник со стороной  $a$ ,  $R = 0.5a \cdot \operatorname{tg}(30^\circ)$ ,  $r = 0.5R$ . Расчетная модель содержит 4 подобласти с общим числом узлов 1022 (Рис. 6,7). На оси симметрии конструкции полагались равными нулю перемещения вдоль оси ОХ и усилия вдоль оси ОУ. На большей части внешней поверхности кортикальной кости (за исключением последнего сегмента, примыкающего к пришеечной области, полагались равным нулю перемещения по направлениям осей координат. Равномерно распределенная сжимающая нагрузка величины  $\sigma_0$  прикладывалась к верхнему сечению имплантата.



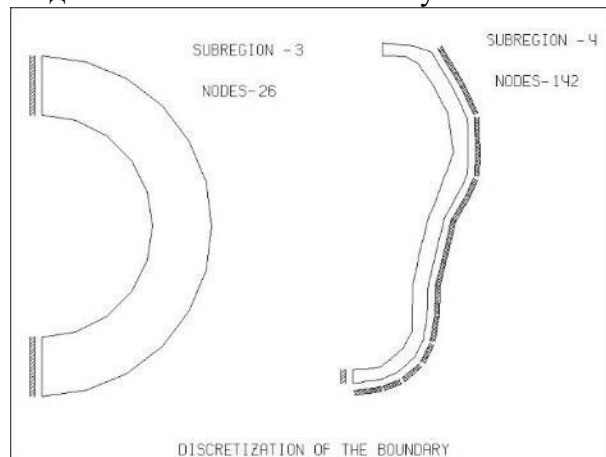
Подобласть 1 – имплантат



Подобласть 1 – имплантат - с увеличением



Подобласть 2 – губчатая кость



Подобласти 3 и 4 – кортикальная кость

Рисунок 6 – Подобласти математической модели сегмента нижней челюсти с внутрикостным дентальным имплантатом с винтовой резьбой

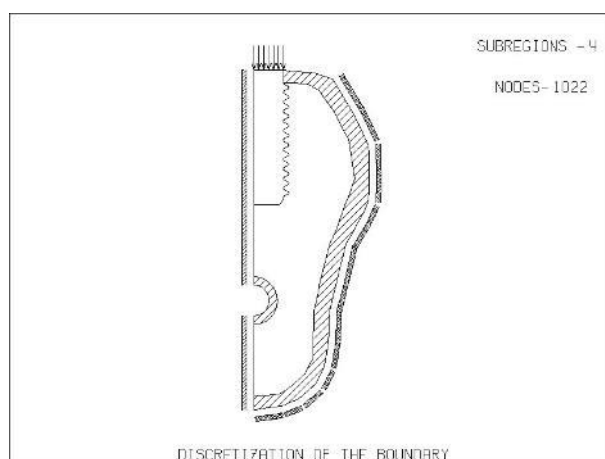
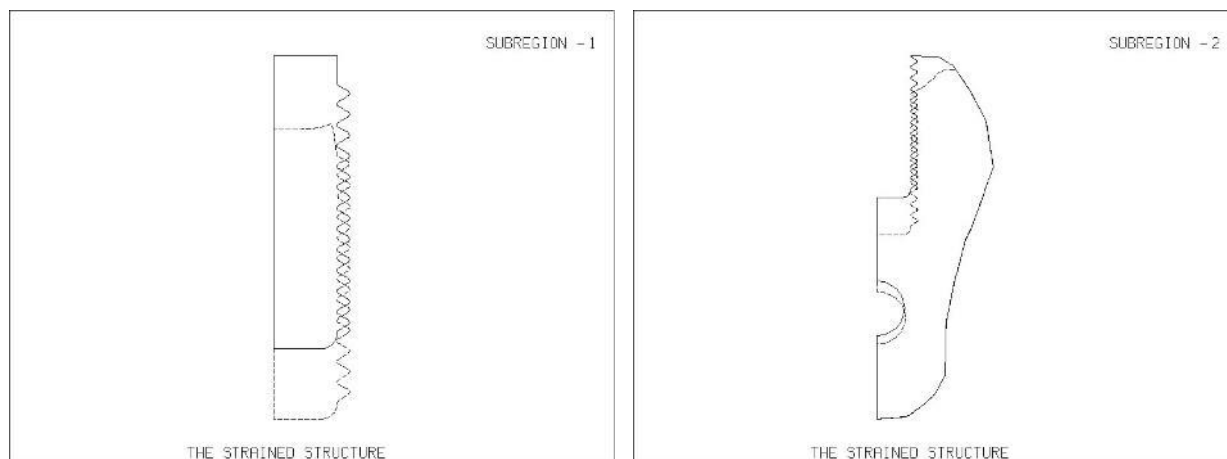


Рисунок 7 – Расчетная модель соединения винтового имплантата и костной ткани, 4 подобласти

Для сравнительного анализа влияния механических свойств имплантата на распределение напряжений расчеты выполнены для керамического и титанового имплантатов.

Деформационные смещения имплантата и губчатой костной ткани под вертикальной нагрузкой (с коэффициентом увеличения) показаны на рисунке 8 (штриховые линии).



Подобласть 1 – имплантат

Подобласть 2 – губчатая кость

Рисунок 8 – Деформационные смещения имплантата и губчатой костной ткани при вертикальной нагрузке (исходная и деформированная формы)

Расчетная модель винтового имплантата и костной ткани при наклонной нагрузке состоит из 3 подобластей. Канал в нижней части сечения челюсти не моделировался, т.к. эта зона является малонагруженной, а также для сокращения размерности модели ввиду ограниченных ресурсов ЭВМ. Расчетная модель (общее число узлов в модели 1856) представлена на рисунке 9. Граничные условия – зоны закрепления показаны тонкой штриховой полосой, слой кортикальной кости заштрихован, наклонная нагрузка приложена по углом  $45^{\circ}$  к плоскости сечения имплантата. Полагаем, что нагрузка, приложенная к верхней части коронки, передается на сечение имплантата. К коронке прикладывалась нагрузка в форме двух компонент, действующих по направлениям осей координат

$P_x = P_y = p \cos(45^\circ) \approx 4.243 \text{ МПа}$ . Между имплантатом и костной тканью предполагалось идеальное соединение.

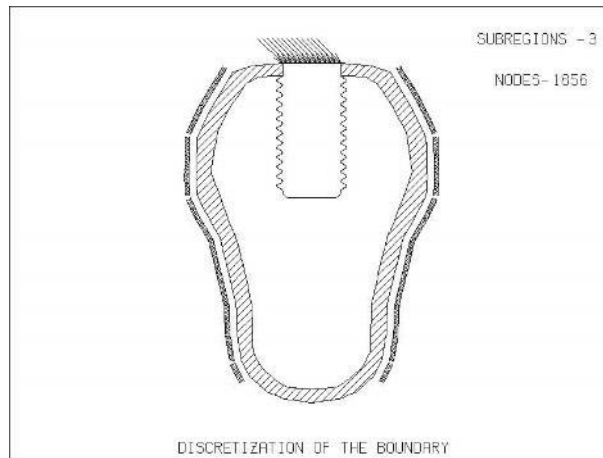


Рисунок 9 – Расчетная модель соединения имплантата и костной ткани, наклонная нагрузка, 3 подобласти

Так как наклонная нагрузка приложена к верхней поверхности коронки, то при переносе приложения нагрузки к сечению имплантата необходимо учесть момент  $M$ , создаваемой этой нагрузкой, который можно оценить как

$$M = F_x h,$$

где  $F_x$  - перерезывающая сила,  $h$  - высота коронки. Отметим, что точное вычисление момента является сложной задачей, ввиду сложной формы коронки.

Математическое моделирование приложения момента силы осуществляется приложением к сечению имплантата внешней нагрузки, изменяющейся линейно вдоль сечения имплантата. Расчетная модель с приложением к верхнему сечению имплантата нагрузки, соответствующей приложению момента силы, показана на рисунке 10.

Распределение нагрузки, показанное на рисунке 10, описывается уравнением

$$\sigma = \sigma_{\max} \frac{x}{\rho}$$

Такое распределение нагрузки соответствует величине момента, приложенного к сечению имплантата:

$$M = \Delta \int_{-\rho}^{+\rho} x \sigma(x) dx = \frac{2\Delta}{3} \sigma_{\max} \rho^2$$

Здесь  $\sigma_{\max}$  - заданное напряжение на краю сечения,  $\rho$  - радиус имплантата,  $\Delta$  - толщина модели.

При заданной величине момента силы из последнего выражения можно определить напряжение на краю сечения имплантата как

$$\sigma_{\max} = \frac{2M}{3\Delta\rho^2} \quad (2)$$

Расчеты выполнены для двух видов нагружения – наклонная нагрузка и нагрузка моментом.

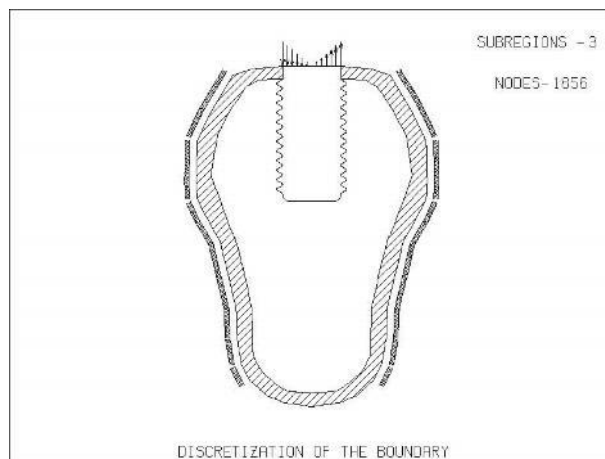


Рисунок 10 – Расчетная модель соединения имплантата и костной ткани, нагрузка моментом силы, 3 подобласти

Результаты раздела исследований имплантатов с винтовой поверхностью проанализированы по показателям относительных эквивалентных напряжений (напряжений, нормированных величиной внешней нагрузки, приложенной к имплантату,  $\sigma_i/\sigma_0$ , коэффициент концентрации напряжений).

## 2.4. Экспериментальное изучение остеоинтеграции керамического имплантата

Экспериментальное изучение остеоинтеграции керамического имплантата проведено совместно с Казанским (Приволжским) федеральным

университетом (КФУ): кафедра стоматологии и имплантологии (зав. каф., д.м.н., профессор Хафизов Р.Г.), лаборатория лазерной конфокальной микроскопии Междисциплинарного центра аналитической микроскопии, Междисциплинарный центр коллективного пользования, Научно-образовательный центр фармацевтики.

Эксперимент проводился совместно с Повстанко Ю.А., изучавшим процесс остеоинтеграции титановых имплантатов с разной обработкой поверхности [12,36,50,51,99,103,139,140,171,174,175,189,236]. Анализ проводился в соответствии с общепринятыми технологиями морфологических исследований с использованием сканирующей электронной микроскопии (автоэмиссионный сканирующий электронный микроскоп Merlin, Carl Zeiss) с спектрометром энергетической дисперсии Aztec X-Max, Oxford Instruments. Линейные размеры достигали субмикронного диапазона; рассчитывались массовые доли химических элементов костной ткани (Ca, P, O, C), как отражение динамики зрелости костной ткани в контакте с имплантатом. При элементном рентгеновском микроанализе на электронном микроанализаторе EVO GM, Carl Zeiss использовался набор эталонов элементов (Рис. 11).

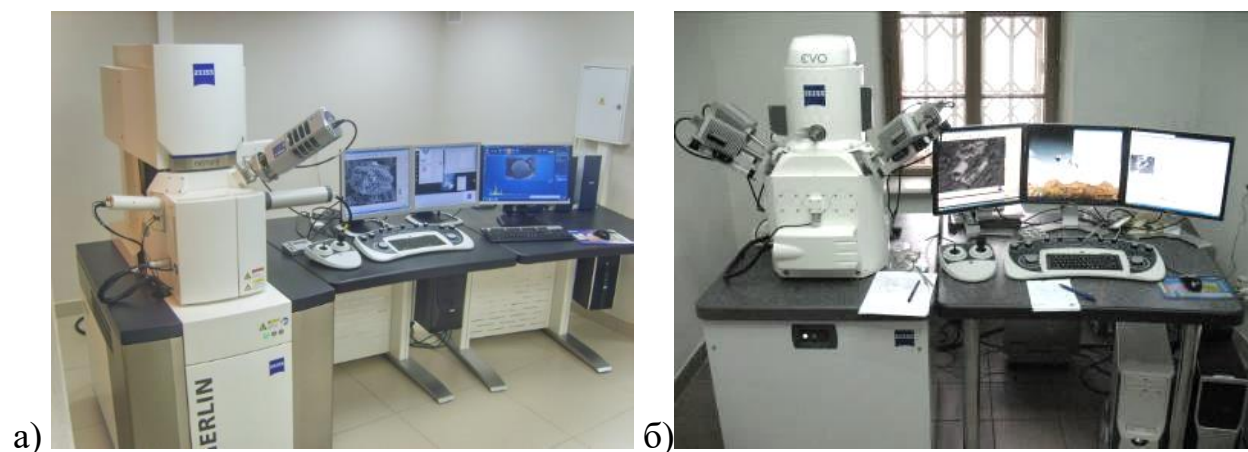


Рисунок 11 – Микроскоп Merlin, Carl Zeiss (а), электронный микроанализатор EVO GM, Carl Zeiss (б)

Методика эксперимента: 2% рометаровый наркоз (внутримышечно) кролику («Серый Великан»; 2,5кг); разрез по углу нижней челюсти (4 см) с скелетированием костной ткани; формирование отверстия 4x2мм; установка керамических пластин толщиной 2мм, полученных путем горизонтального

распиливания дентального имплантата из диоксида циркония (ICX-ACTIVE WHITE, Medentis, Германия); антисептическая обработка (3% перекись водорода) и ушивание раны; выведение из опыта введением калипсола (6мл внутримышечно); забор костных блоков в 10% нейтральный формалин; рентгенологический контроль (аппарат Pan Exam+, Kavo, Германия) (Рис. 12).

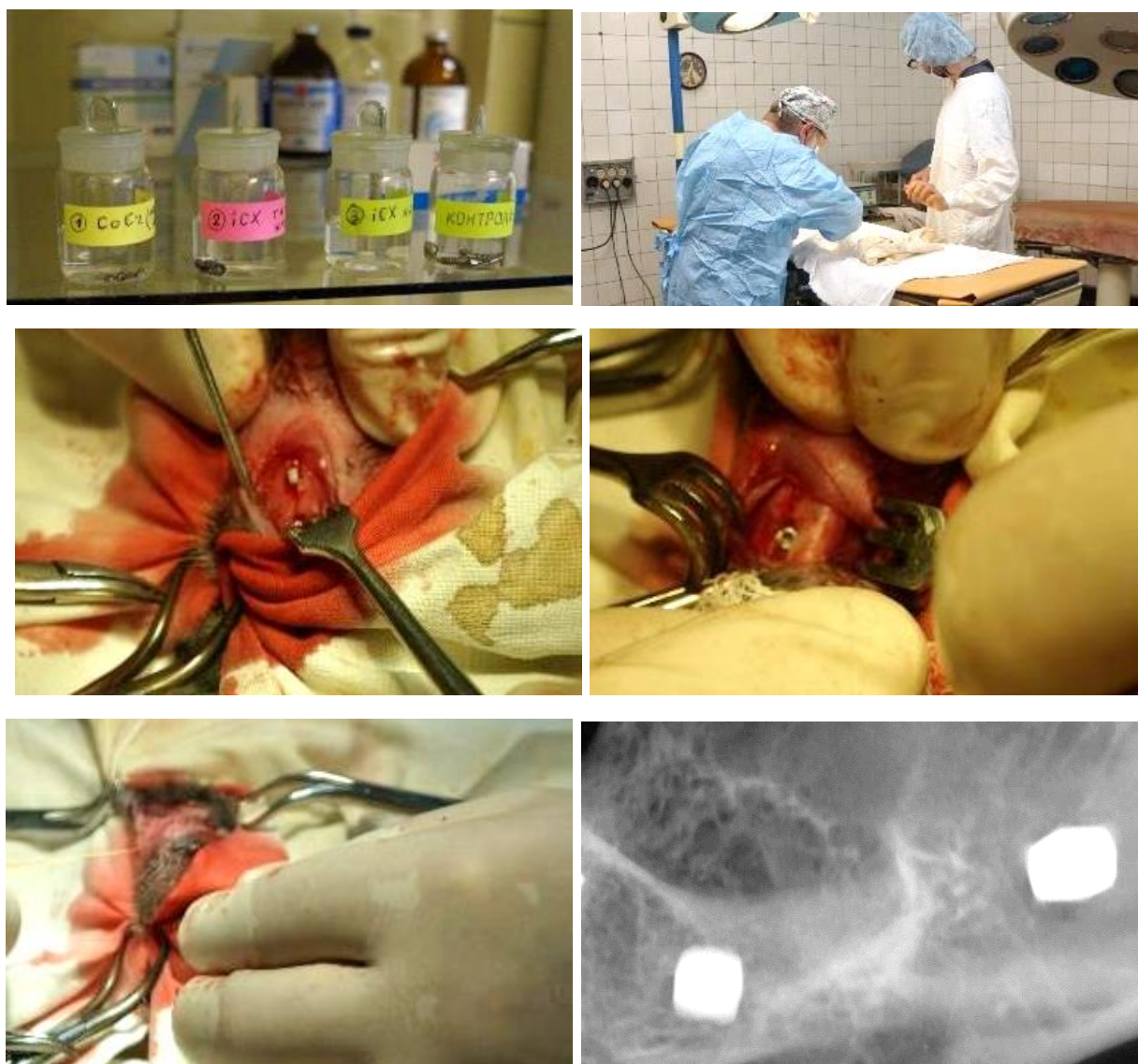


Рисунок 12 – Ход эксперимента по остеоинтеграции керамических имплантатов

Эксперимент проводился на шести кроликах (два контрольных); имплантаты в основной группе (четыре кролика) устанавливались с обеих сторон челюсти. Морфологический анализ проводился в сроки четыре недели остеоинтеграции (два кролика) и 12 недель (два кролика).

## **2.5. Изучение влияния керамических дентальных имплантатов на культуру мезенхимальных стволовых клеток**

Изучение параметров клеточной культуры мезенхимальных стволовых клеток лошади (МСК) в присутствии керамического имплантата ІСХ из диоксида циркония, стабилизированного иттрием, проводилось одновременно с исследованием Повстанко Ю.А. по влиянию разных титановых имплантатов на культуру клеток [140]. Результаты по керамическому имплантату ІСХ сопоставлялись с титановым имплантатом ІСХ указанного исследования.

Анализировались цитотоксичность и ростовая активности клеток МСК, взятых из коллекции клеточных культур тканей Института вирусологии им. Д.И. Ивановского ФГБУ НИЦ эпидемиологии и микробиологии им. Н.Ф.Гамалеи Минздрава России. Клетки МСК лошади в условиях культивирования в среде DMEM (ФГБНУ ФНЦИР иммунобиологических препаратов им. М.П. Чумакова РАН) представляли собой фибробластоподобные и полигональные клетки с ядрами овальной формы (крупные ядрышки до четырех в ядре) и с мелкосетчатой цитоплазмой.

В качестве стандартного биологического метода для оценки цитотоксического действия материалов и веществ, отражающего их биосовместимость, использовали тетразолиевый метод (МТТ-колориметрический тест) [141,142,163,231,255,282]. Материалы по-разному влияют на количество жизнеспособных клеток и интенсивность их метаболизма, что отражается разной оптической плотностью (при фотометрии) раствора специального реактива МТТ – водорастворимого темноокрашенного формазана, который изменяется под действием митохондриальной сукцинатдегидрогеназы в разной степени от жизнеспособности клеток.

Керамические имплантаты в количестве трех штук перед исследованием находились в стерильной фабричной упаковке.

Стандартный процесс МТТ-исследования заключался в следующем:

– имплантаты укладывались в лунки 12-луночного планшета «Costar» (США);

- в каждую лунку планшета вносилась суспензия клеток в посевной дозе 100000 кл/мл в среде DMEM с добавлением 10% эмбриональной телячьей сыворотки (НПО «ПанЭко», Москва);
- в течение 96 часов С планшеты с имплантатами в клеточной культуре (в контроле – без имплантатов) инкубировались при 37° в термостате CO<sub>2</sub>;
- удаление путем отсасывания культуральной среды из лунок и добавления по 1мл среды с 200 мкл МТТ (3[4,5-диметил-тиазол-2-ил]-2,5-дифенилтетразолия; «Sigma», США) в концентрации 5 мг/мл с последующим инкубированием в течение четырех часов;
- удаление среды с МТТ и добавление по 1мл диметилсульфоксида (ДМСО) для растворения образовавшихся кристаллов формазана с последующим ресуспендированием клеточного осадка 5 минут пипетированием;
- оценка жизнеспособности клеток по интенсивности окраски раствора на фотометре Immunoschem 2100 (НТИ, США) путём измерения оптической плотности при длине волны 545нм (Рис. 13).

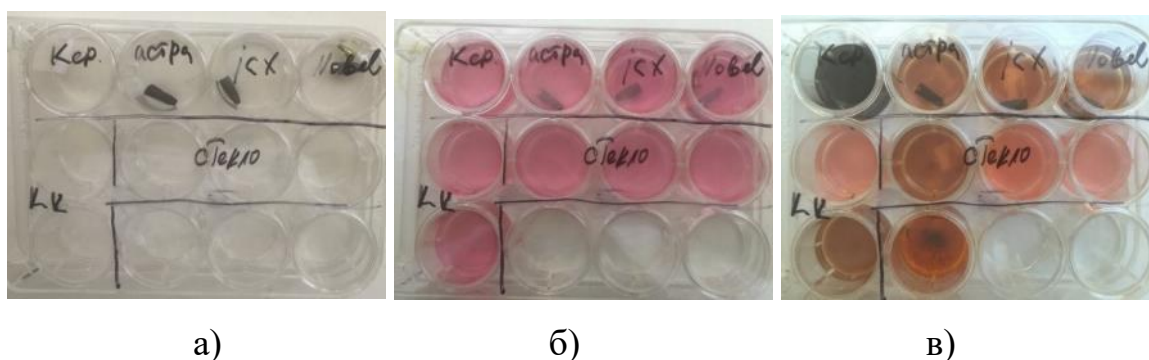


Рисунок 13 – Изменения клеточной культуры МСК в присутствии керамических и титановых имплантатов в процессе постановки МТТ-метода:  
а) 12 луночная панель с имплантатами, б) имплантаты в клеточной суспензии в концентрации 100 тыс.кл/мл, в) через 96 часов инкубации имплантатов с МСК и через 4 часа инкубации в среде с МТТ

Также использовалась пипетка Scepter Millipore (Merck, Германия) с включенным в ее конструкцию дисплеем с гистограммой подсчета количества и размера клеток МСК после инкубирования с имплантатами, для чего

монослой выросших на дне лунок клеток снимался смесью 0.02% Версен-Химопсин и разводился в 1 мл среды Игла (Рис. 14).

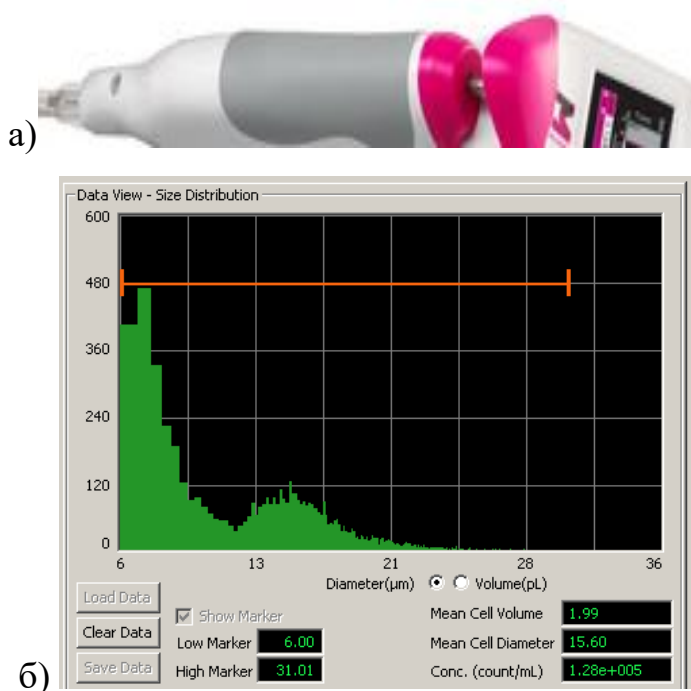


Рисунок 14 – пипетка Scepter Millipore (а) – ручной автоматизированный счетчик клеток с гистограммой (б) анализа клеток МСК

## 2.6. Методика клинического применения и анализа эффективности керамических имплантатов.

Клиническое применение неразборных керамических имплантатов ICX-ACTIVE WHITE, Medentis, Германия проведено у 16 пациентов с включенными дефектами зубных рядов в области резцов, клыков и премоляров верхней и нижней челюстей. Среди имеющихся в ассортименте имплантатов (высотой внутрикостной части 8 мм, 10 мм, 12,5 мм, 15 мм; диаметром 4,1мм; высотой придесневой части имплантата 2,5мм и 4,5мм) использованы 21 имплантатов высотой 10-12,5мм; высота придесневой части соответствовала толщине десны в зоне имплантации (Рис. 15).



Рисунок 15 – Керамические неразборные дентальные имплантаты  
ICX-ACTIVE WHITE (Medentis, Германия)

Имплантаты устанавливались не ранее, чем через полгода после удаления зубов, после изучения зоны имплантации по компьютерным томограммам (КТ Galileos; Sirona, Германия; KaVo Pan eXam Plus; KaVo Dental GmbH, Германия), в основном методом трансгингивального введения имплантатов с использованием хирургических шаблонов с целью сохранения не менее 2,5мм костной ткани вокруг имплантатов; усилие при введении не превышали 35Н/см [10,33,37,53,57,73,88,121,130,151,248].

Временные искусственные коронки (одиночные или объединенные) на имплантаты изготавливались заранее лабораторным путём из пластмассы и припасовывались сразу после установки имплантатов, окклюзионные контакты исключались или тщательно контролировались. Мостовидные протезы с опорой на керамические имплантаты не применялись.

Постоянные искусственные коронки изготавливались не раньше, чем через два месяца после установки имплантатов, для чего в ряде случаев требовалось допрепарирование уступа имплантата под край цельнокерамической коронки (прессованная керамика) из-за изменения топографии десны в процессе заживления после имплантации [10,48,53,54, 63,64,73,87,121,130,248].

С учетом факторов риска остеоинтеграции при немедленной нагрузке имплантатов в исследование не включались пациенты с соматическими заболеваниями, с наличием заболеваний пародонта, с зубочелюстными

аномалиями и вторичными деформациями зубных рядов, с плохой гигиеной рта, с типом костной ткани D1 и D4 по классификации С. Misch [248]. Среди пациентов средний возраст составлял  $39,6 \pm 5,5$  лет, распределение по полу: женщин 7 (43,8%), мужчин 9 (56,2%). Дважды в год пациентам проводилась профессиональная гигиена рта и контроль окклюзионных взаимоотношений.

Исследование проводилось в Клиническом центре стоматологии ФМБА России в течение двух лет: со сроком эксплуатации один год было 19 имплантатов, два года – 11 имплантатов. Контроль состояния периимплантатных тканей осуществлялся по критериям:

- периотестометрия имплантатов в сроки: при установке; две, четыре, восемь и 16 недель (Periotest; Medizintechnik Gulden, Германия);
- рентгенография на аппаратах KaVo Pan eXam Plus (KaVo Dental GmbH, Германия) и HELIODENT PLUS (Sirona, Германия) в сроки: при установке, шесть месяцев, ежегодно;
- частота развития мукозита, периимплантита и удалений дезинтегрированных имплантатов;
- индексные показатели состояния периимплантатной десны и гигиены рта: ИГР-У (Green, Vermillion); ИГ<sub>ИМ</sub>; ИГ (Loe, Silness); Индекс Мюллемана; [8,13,15,19,24,37,53,77,93,105,111,150,151,242].

Клинический пример (совместно с Власовым Д.В.).

При обращении к врачу-стоматологу ортопеду пациентка Л., 42 лет предъявляла жалобы на невозможность пережевывания пищи в связи с отсутствием нижних боковых зубов, а также на недостатки эстетики и речи в связи с отсутствием нижних резцов.

Из анамнеза установлено, что нижние моляры удалены не менее трех лет назад в связи с хроническим периодонтитом и разрушением коронковой части зубов. Зубы 4.2; 3.1; 3.2 удалены 10 дней назад в связи с появившейся подвижностью из-за перегрузки (пациентка пережевывала пищу передними зубами).

При объективном обследовании установлено отсутствие зубов 1.2, 1.1, 2.4, 2.7, 2.8, 3.7, 3.6, 3.5, 3.2, 3.1, 4.1, 4.2, 4.5, 4.6, 4.7, 4.8. Все оставшиеся зубы (кроме 3.8) ранее были подвергнуты эндодонтическому лечению, очагов периапикального хронического воспаления не выявлено. На верхней челюсти имелся мостовидный металлокерамический протез с опорой на зубы 1.4, 1.3, 2.1, 2.2, 2.3, 2.5 и на внутрикостный имплантат в области 1.1. (изготовлен 5 лет назад). Зубы 1.6 и 2.6 смещены вертикально в сторону нижних антагонистов. Зуб 3.8 наклонен медиально. Гигиена полости рта хорошая, воспалительные явления в десне отсутствуют. Наблюдается оголение шеек всех зубов, а на рентгенограмме резорбция межзубных перегородок на 1/3 длины корней зубов.

Диагноз: частичное отсутствие зубов (K08.1) (2 класс, 1 подкласс по Кеннеди на нижней челюсти; 2 класс, 4 подкласс на верхней челюсти), осложненное деформацией положения зубов 1.6, 2.6, 3.8 (K08.8); хронический генерализованный пародонтит (K05.3) (легкая степень тяжести).

Пациентка временно отказалась от имплантации в боковых отделах нижней челюсти, выравнивания верхнего зубного ряда путем сошлифовывания и покрытия коронками зубов 1.6 и 2.6, а также от удаления зуба 3.8.

Согласованный план предварительного лечения: установка двух неразборных внутрикостных керамических имплантатов в фронтальном отделе нижней челюсти с временными пластмассовыми коронками на имплантатах и на зубах 3.4, 3.3, 4.3, 4.4; временный съемный протез из термопласта (Рис. 16).

Установка имплантатов и временное протезирование прошло без осложнений, имплантаты надежно остеоинтегрированы в костной ткани, периимплантатные ткани не имеют признаков воспаления, пациентка адаптирована к съемному протезу. Планируется подготовка к несъемному протезированию на имплантатах в боковых отделах нижней челюсти.



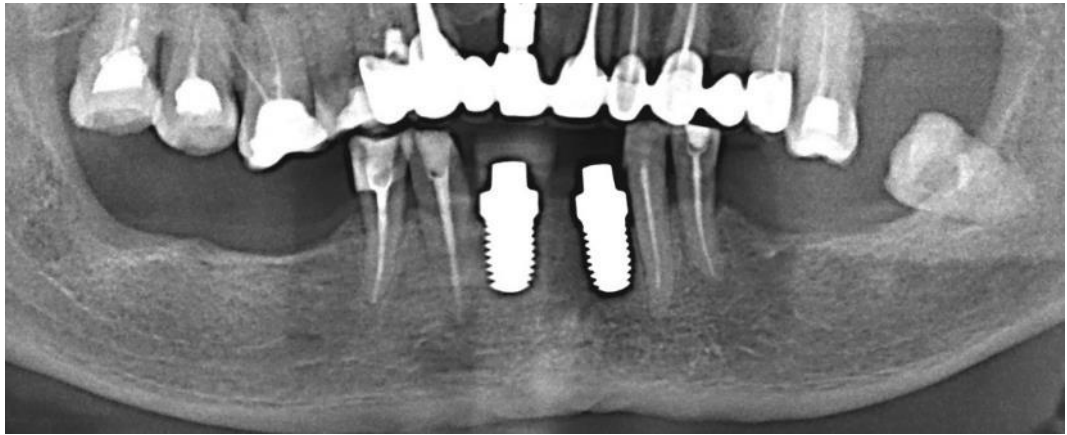






Рисунок 16 – Этапы протезирования пациентки Л. с использованием неразборных керамических имплантатов

## **2.7. Методы статистического анализа**

В работе использованы методы описательной и сравнительной статистики [138,198,203,225,267,274]. На первом этапе проведены тесты на нормальность для каждой количественной переменной для каждой группы с помощью критерия Колмогорова-Смирнова. В связи с несоответствием критерию нормального распределения для некоторых переменных сравнительные анализы проведены с использованием непараметрических критериев. В частности сравнение количественных переменных в трех группах производилось непараметрическим критерием Крускала-Уоллиса, сравнение количественных переменных в двух группах - критерием Манна-Уитни.

Описательная статистика количественных переменных представлена средними значениями и стандартными ошибками среднего. Результаты сравнительных анализов представлены в виде таблиц с указанием значений  $p$  для каждого сравнения.

Анализ проведен с помощью программ IBMSPSSStatisticsv 20, Statistica 10.0 и MicrosoftExcel 2007. Различия между группами считаются статистически значимыми при значении  $p < 0,05$ .

## Глава 3. РЕЗУЛЬТАТЫ СОБСТВЕННЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

### 3.1. Результаты анкетирования врачей-стоматологов по проблемам применения титановых и керамических имплантатов

По данным анкетирования 58 врачей-стоматологов, имеющих опыт работы в дентальной имплантологии не менее пяти лет, только два врача использовали в своей практике керамические имплантаты у единичных пациентов (3,5% опрошенных) (Табл. 3, Рис. 17,18).

Таблица 3 – Статическая обработка анкет для врачей стоматологов, использующих в клинической практике метод дентальной имплантации

| № | Вопрос                                                                                                                                                                                    | Ответ<br>(кол-во/%)                    |
|---|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------|
| 1 | Применяете ли Вы керамические дентальные имплантаты в своей работе?<br>– не применяю<br>– применяю в единичных случаях<br>– применяю редко<br>– применяю часто                            | 56/96,5<br>2/3,5<br>-<br>-             |
| 2 | Встречали ли Вы в Вашей работе и как часто следующие осложнения применения титановых имплантатов?<br>– просвечивание имплантата сквозь десну<br>нет<br>единичные случаи<br>редко<br>часто | 29/50,0<br>23/39,7<br>6/10,3<br>-      |
|   | – оголение имплантата вследствие рецессии периимплантатной десны<br>нет<br>единичные случаи<br>редко<br>часто                                                                             | 18/31,0<br>27/46,6<br>13/22,4<br>-     |
|   | – недостаточная эстетика цвета края коронки на имплантате<br>нет<br>единичные случаи<br>редко<br>часто                                                                                    | 31/53,5<br>16/27,6<br>10/17,2<br>1/1,7 |

|   |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |                                                                                                   |
|---|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------|
|   | <p>– явления гальванизма в полости рта – неприятный привкус; сухость, жжение в полости рта</p> <p>нет<br/>единичные случаи<br/>редко<br/>часто</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        | <p>57/98,3<br/>1/1,7<br/>-<br/>-</p>                                                              |
|   | <p>– аллергические явления в полости рта – гиперемия, отечность периимплантатной десны; сухость и жжение в полости рта</p> <p>нет<br/>единичные случаи<br/>редко<br/>часто</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            | <p>56/96,5<br/>2/3,5<br/>-<br/>-</p>                                                              |
|   | <p>– избыточные отложения мягкого налета на имплантате</p> <p>нет<br/>единичные случаи<br/>редко<br/>часто</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            | <p>35/60,3<br/>8/13,8<br/>12/20,7<br/>3/5,2</p>                                                   |
| 3 | <p>Почему Вы редко применяете (не применяете) керамические дентальные имплантаты в своей работе?</p> <p>– полностью удовлетворяют титановые имплантаты</p> <p>– не имею опыта</p> <p>– опасаясь хрупкости керамических имплантатов</p> <p>– не уверен в надежности соединения керамического имплантата и абатмента</p> <p>– показания к неразборным имплантатам встречаются редко</p> <p>– ограничены типо-размеры керамических имплантатов и абатментов</p> <p>– поверхность керамических имплантатов недостаточно текстурирована для надежной остеоинтеграции</p> <p>– в России нет постоянных поставщиков керамических имплантатов</p> | <p>44/75,9<br/>8/13,8<br/>50/86,2<br/>41/70,7<br/>49/84,5<br/>36/62,1<br/>29/50,0<br/>38/65,5</p> |
| 4 | <p>Хотели ли бы Вы расширить (включить) применение керамических имплантатов в своей работе? (да/нет)</p> <p>да<br/>нет</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                | <p>19/32,8<br/>39/67,2</p>                                                                        |

По сути наводящий вопрос о частоте встречаемости осложнений при применении титановых имплантатов, связанных с конструкционным материалом, показал, что:

- просвечивание имплантатов сквозь десну наблюдали в своей практике 29 врачей (50,0%) (среди них – в единичных случаях 39,7% и редко 10,3%);
- оголение имплантата вследствие рецессии периимплантатной десны отмечали уже 40 врачей (69,0%) (среди них в единичных случаях 46,6%, редко 22,4%);
- недостаточную эстетику цвета края коронки на имплантате наблюдали 27 врачей (46,5%) (при этом один врач встречал такое осложнение часто – 1,7%, 17,2% – редко, 27,6% – в единичных случаях).

По поводу встречаемости гальванизма и аллергических явления в полости рта после имплантации или протезирования на имплантатах получены положительные ответы всего от трех врачей (5,2%) (явления гальванизма отметил один врач – 1,7%, аллергические явления два врача – 3,5%), эти осложнения встречались в единичных случаях.

В то же время избыточное отложение мягкого налета на титановые имплантаты отметили 23 врача (39,7%) (восемь врачей – в единичных случаях 13,8%, редко – 12 врачей, 20,7%, часто – три врача, 5,2%).

На вопрос о причинах редкого применения керамических имплантатов получены следующие ответы. Большинство врачей-имплантологов полностью удовлетворены титановыми имплантатами (44 врача, 75,9%). Значительное количество врачей сомневаются в надежности соединения керамического имплантата и абатмента (41 врач, 70,7%), а также опасаются хрупкости керамического материала имплантатов (50 врачей, 86,2%). Кроме того, 29 врачей (50,0%) считают поверхность современных керамических имплантатов недостаточно текстурированной для надежной остеоинтеграции, 36 врачей (62,1%) не удовлетворены типоразмерами керамических имплантатов и абатментов. 13,8% опрошенных (8 врачей) считали сдерживающим фактором отсутствие опыта применения керамических имплантатов, 65,5% врачей (38

человек) отметили сдерживающим фактором отсутствие постоянных поставщиков керамических имплантатов в России. Более надежные, на взгляд стоматологов, неразборные керамические имплантаты имеют ограничение в показаниях, что является еще одним фактором редкого применения керамических имплантатов (49 врачей, 84,5%).

Тем не менее, значительное количество врачей (19; 32,8%) хотели бы расширить или начать применение керамических имплантатов в своей работе.

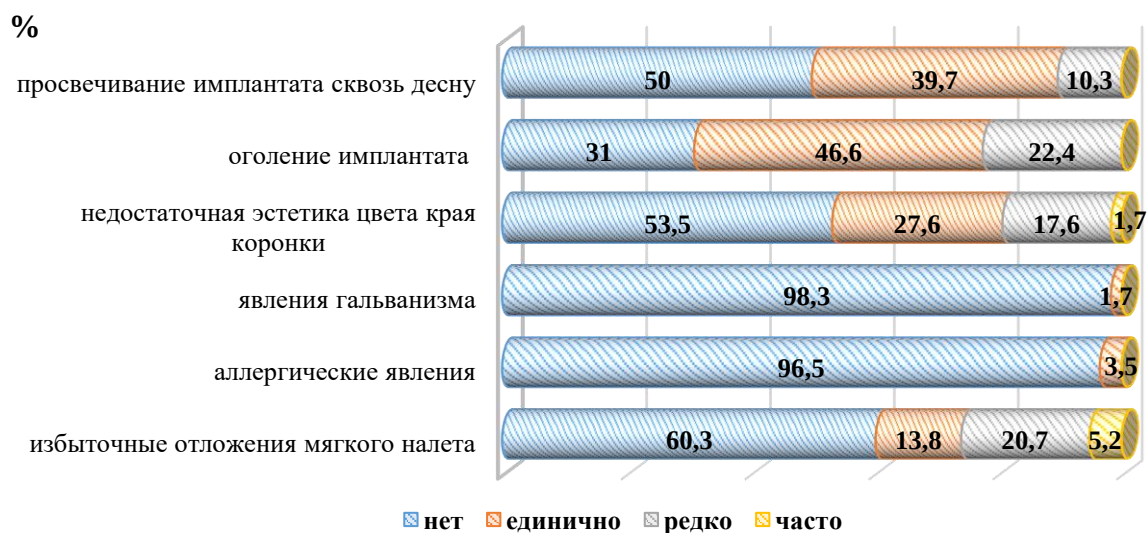


Рисунок 17 – частота выявляемости осложнений применения титановых имплантатов в связи с конструкционным материалом



Рисунок 18 – причины редкого применения керамических имплантатов в клинике

### 3.2. Структурно-элементные и прочностные параметры керамических и титановых имплантатов

При определении химического состава керамических имплантатов ICX (Medentis, Германия) подтверждены данные производителя, а именно, имплантаты состоят в системе Вес.% из 57,04 Вес.% циркония, 38,92 Вес.% кислорода, 3,82 Вес.% иттрия, и 0,22 Вес.% титана (в сумме диоксид циркония составляет 95,96 Вес.%) (Рис. 19, Табл. 4).

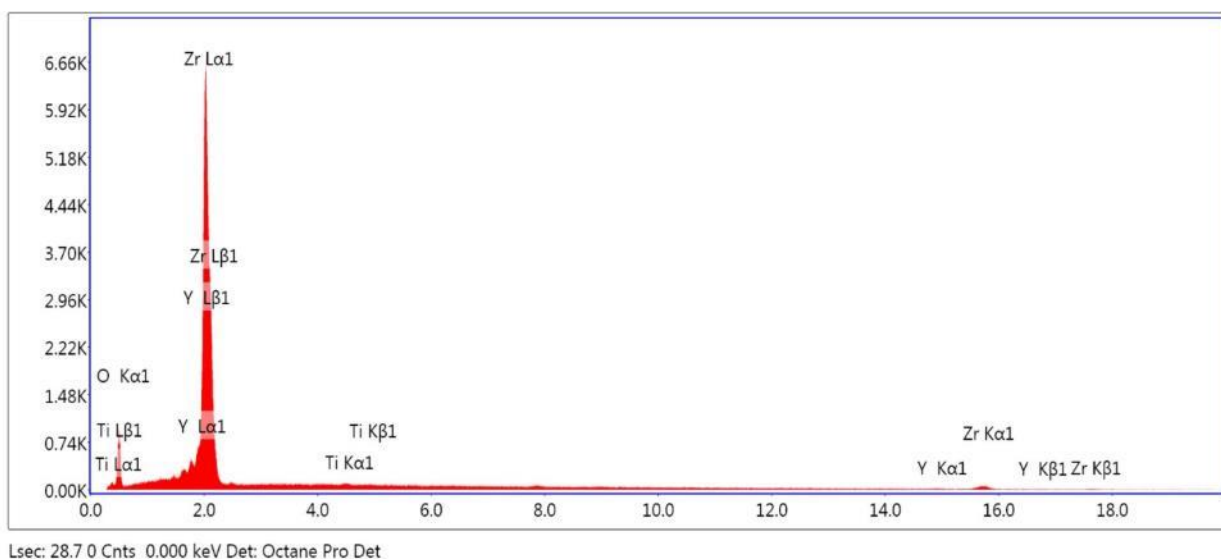
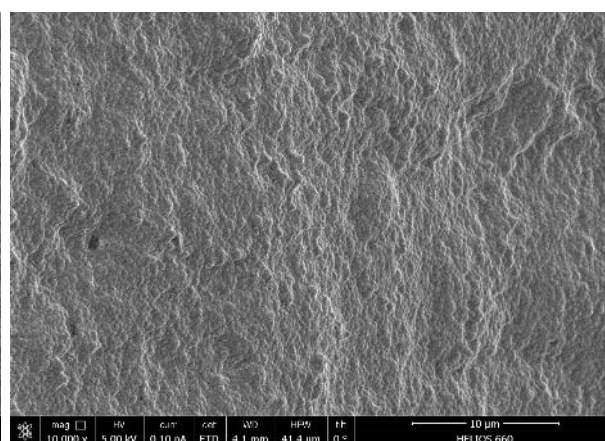
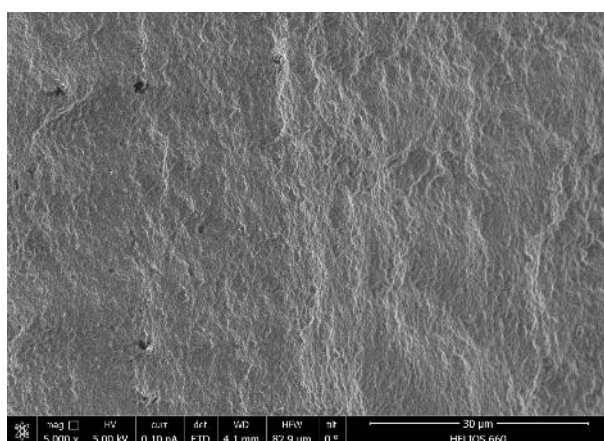
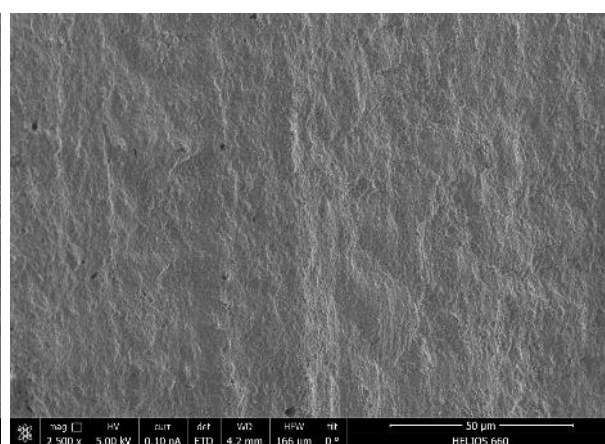
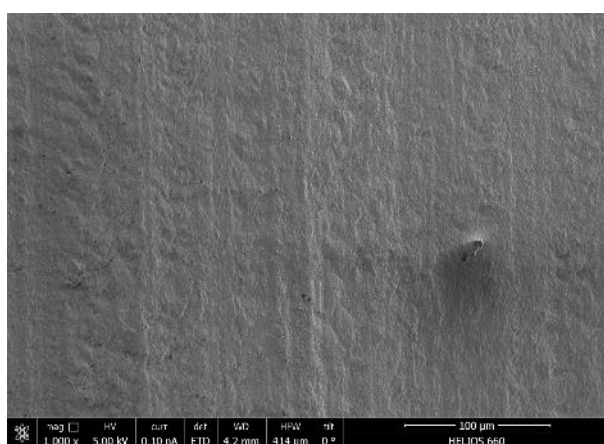
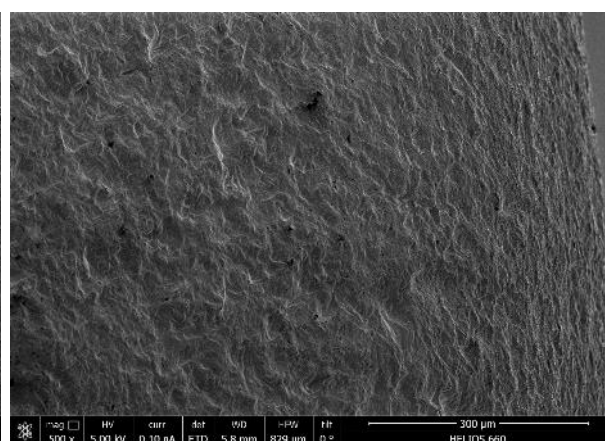
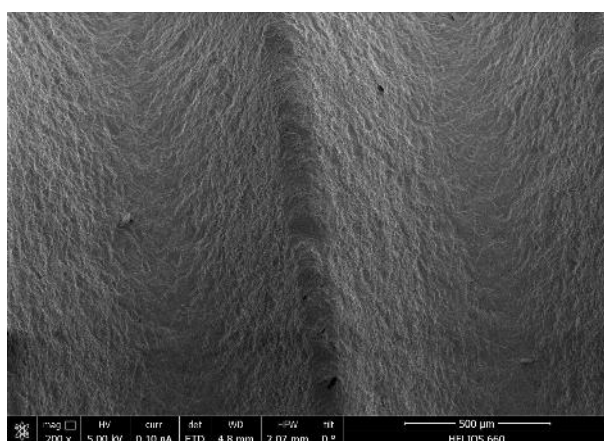


Рисунок 19 – гистограмма элементного состава керамического имплантата (ICX, Medentis)

Таблица 4 – Элементный состав керамического имплантата (ICX, Medentis)

| Element | Weight % | Atomic % | Net Int. | Error % | Kratio | Z    | R    | A    | F    |
|---------|----------|----------|----------|---------|--------|------|------|------|------|
| O K     | 38.92    | 78.33    | 372.86   | 10.68   | 0.06   | 1.17 | 0.87 | 0.12 | 1    |
| Y L     | 3.82     | 1.38     | 232.88   | 4.64    | 0.03   | 0.87 | 1.11 | 0.96 | 1.03 |
| ZrL     | 57.04    | 20.14    | 3,615.17 | 1.09    | 0.50   | 0.87 | 1.11 | 1    | 1.01 |
| TiK     | 0.22     | 0.15     | 20.08    | 57.26   | 0.00   | 0.96 | 0.99 | 0.76 | 1.03 |

Поверхность керамического имплантата из диоксида циркония, стабилизированного иттрием, имеет моноклинную зернистую структуру с размером зерна 0,3-0,5мкм с глубиной шероховатости до 0,6мкм; зерна имеют пологие пики, а шероховатость – щелевидная между зернами (Рис. 20).



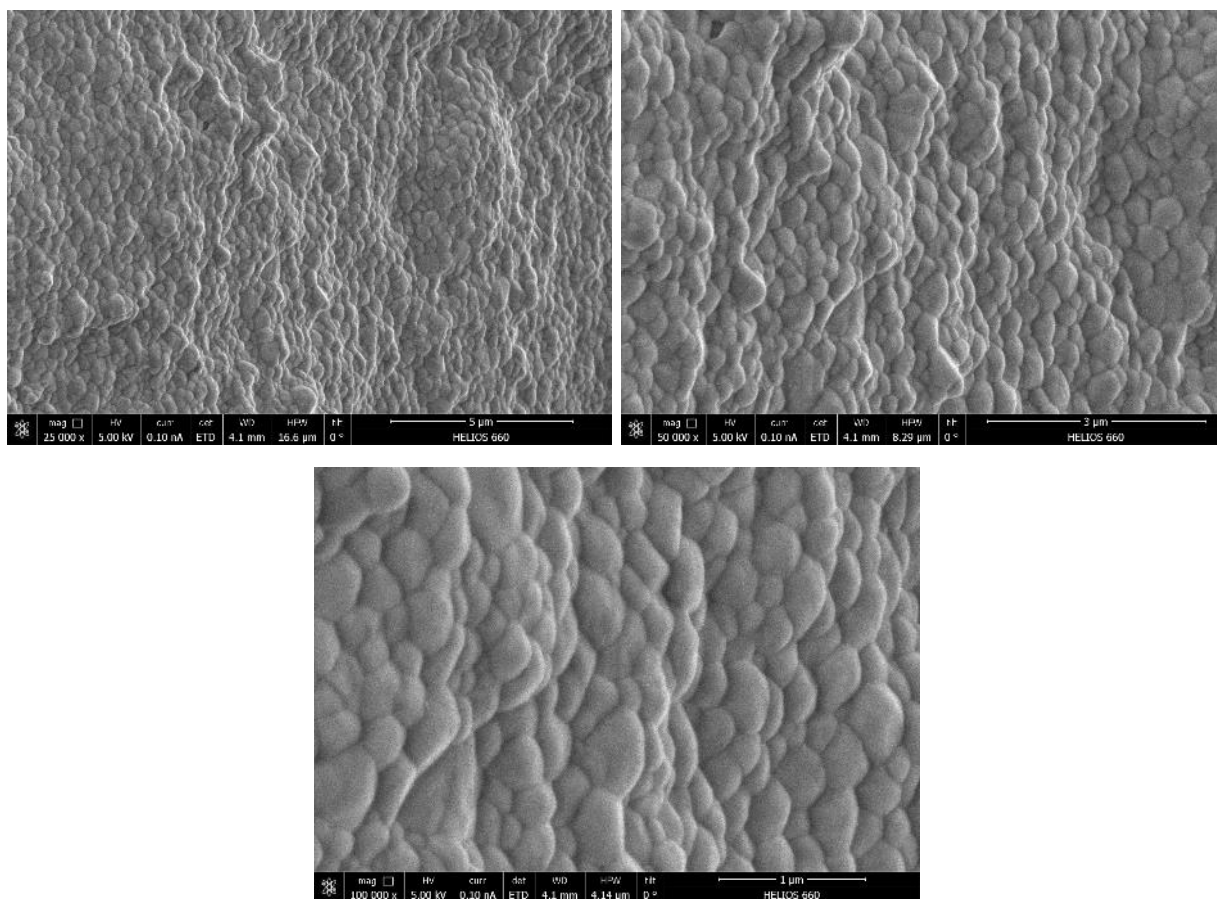


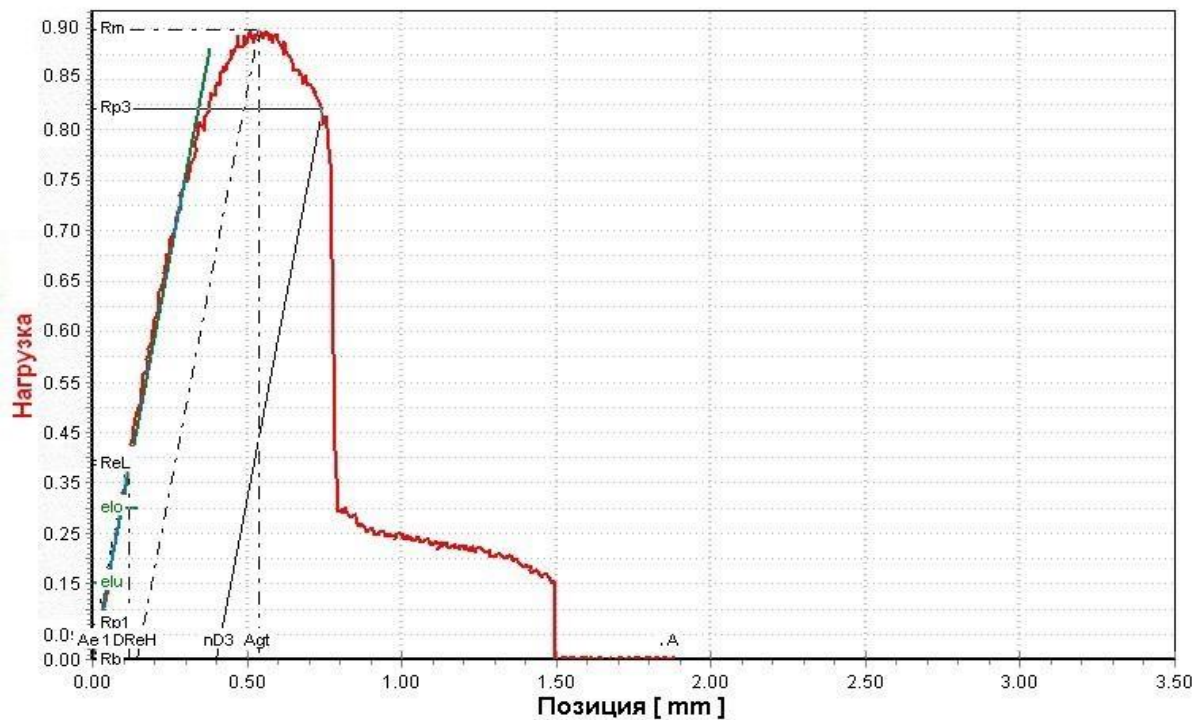
Рисунок 20 – Микроструктура поверхности керамического имплантата (ICX, Medentis) с разным увеличением

В сравнении с керамическим имплантатом титановый имплантат ICX (Medentis, Германия) имеет более выраженную кратерообразную текстурированность поверхности с величиной кратеров 1,5-2,0мкм и более острыми стенками кратеров, что характерно для поверхности SLA [140].

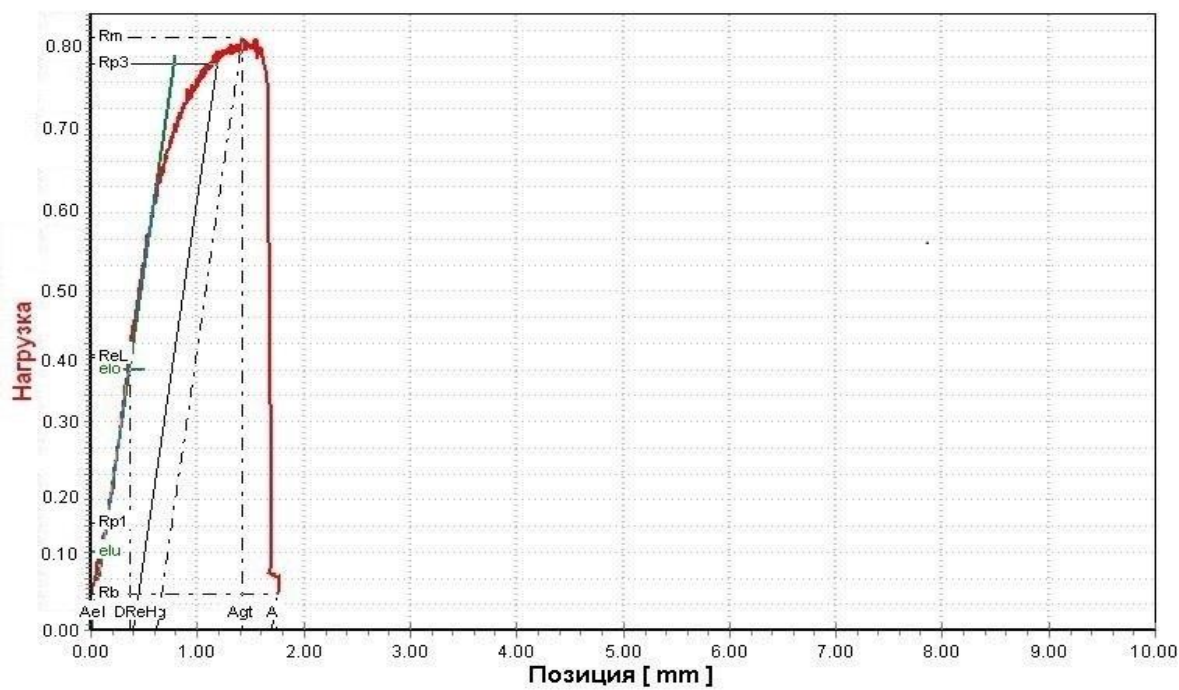
Статическая нагрузка керамического имплантата, изготовленного из диоксида циркония, стабилизированного иттрием, приводила к разлому керамического имплантата при высоких показателях — в среднем  $803,20 \pm 7,12$  МПа (Рис. 21, Табл. 5).

В этих же условиях титановый имплантат выдерживал нагрузку  $864,61 \pm 10,17$  МПа, т.е. на 7,1% больше.

Таким образом получены пределы прочности имплантатов из диоксида циркония и титана Grade 4, упрочненного методом холодной прокатки. Оба имплантата имеют большой запас прочности относительно функциональной нагрузки, обычно не превышающей 250Н (что соответствует 250МПа).



а)



б)

Рисунок 21 – Пределы прочности при статических нагрузках до разрушения титанового (а) и керамического (б) имплантатов

Таблица 5 – Результаты статических испытаний до разрушения керамических и титановых имплантатов (МПа)

| имплантаты | керамика    | титан        |
|------------|-------------|--------------|
| образец №1 | 801,70      | 855,93       |
| образец №2 | 796,08      | 876,19       |
| образец №3 | 811,82      | 861,71       |
| в среднем  | 803,20±7,12 | 864,61±10,17 |

Статистически значимых различий в прочности керамического и титанового имплантатов не выявлено ( $p > 0,05$ ).

О прочности имплантатов свидетельствуют и динамические нагрузки, которые в условиях значительных усилий – не менее 600 МПа (т.е. на 20% меньше критических нагрузок) не приводили к разрушению имплантатов в течение 460 тыс. циклов перемежающейся нагрузки (идентичной пятилетнему сроку эксплуатации имплантатов с периодичностью приема пищи три раза в день).

### **3.3. Сравнительный анализ биомеханики керамического и титанового внутрикостных дентальных имплантатов**

Параметры напряженно-деформированного состояния керамического и титанового внутрикостных дентальных имплантатов и окружающей костной ткани при вертикальной и наклоненной нагрузках в условиях математического моделирования методом граничных элементов имеют как сходства, так и различия, что отражено в максимальных эквивалентных напряжениях и максимальных смещениях в подобластях конструкции (Табл. 6, 7).

Таблица 6 – Максимальные значения эквивалентных напряжений в подобластях конструкции имплантата и костной ткани при вертикальной (В) и наклонной (Н) нагрузках, МПа

| область анализа    | титановый имплантат |     | керамический имплантат (неразборный) |     | керамический имплантат (титановый винт) |     |
|--------------------|---------------------|-----|--------------------------------------|-----|-----------------------------------------|-----|
|                    | В                   | Н   | В                                    | Н   | В                                       | Н   |
| кортикальная кость | 75                  | 105 | 77                                   | 97  | 75                                      | 94  |
| губчатая кость     | 4                   | 4   | 4                                    | 4   | 4                                       | 4   |
| имплантат          | 162                 | 614 | 133                                  | 608 | 127                                     | 585 |
| винт               | 54                  | 268 | -                                    | -   | 50                                      | 260 |
| абатмент           | 123                 | 569 | 116                                  | 561 | 107                                     | 531 |
| коронка            | 18                  | 77  | 26                                   | 104 | 21                                      | 88  |

Таблица 7 – Максимальные перемещения в подобластях конструкции имплантата при вертикальной (В) и наклонной (Н) нагрузках, мкм

| область анализа | титановый имплантат |    | керамический имплантат (неразборный) |     | керамический имплантат (титановый винт) |     |
|-----------------|---------------------|----|--------------------------------------|-----|-----------------------------------------|-----|
|                 | В                   | Н  | В                                    | Н   | В                                       | Н   |
| имплантат       | 11                  | 23 | 12                                   | 23  | 12                                      | 23  |
| винт            | 12                  | 44 | -                                    | -   | 13                                      | 52  |
| абатмент        | 13                  | 72 | 15                                   | 98  | 14                                      | 93  |
| коронка         | 14                  | 93 | 16                                   | 126 | 15                                      | 120 |

Максимальные напряжения в титановом и керамических имплантатах составляют при вертикальной нагрузке соответственно 162 МПа и 127 – 133 МПа; в абатментах 123 МПа 107-116 МПа; в соединяющем титановом винте 54 и 50 МПа; в искусственных коронках 18 МПа и 21-26 МПа.

В кортикальной костной ткани вокруг титанового имплантата при вертикальной нагрузке напряжения 75 МПа, а вокруг керамического

(неразборного и с титановым соединяющим винтом соответственно 77 МПа и 75 МПа. В губчатой костной ткани напряжения идентичны и составляют 4МПа.

При наклонной нагрузке напряжения значительно возрастают. Максимальные напряжения становятся в титановом и керамических имплантатах соответственно 614МПа и 585-608МПа; в абатментах 569 МПа и 531-561МПа; в соединяющем титановом винте 268МПа и 260МПа; в искусственных коронках 77 МПа и 88-104 МПа.

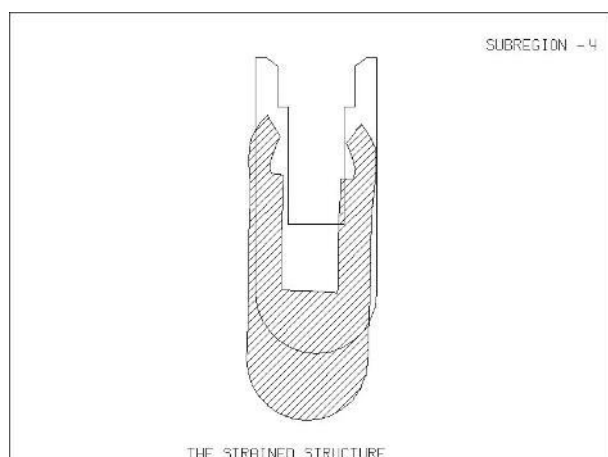
В кортикальной костной ткани наклонная нагрузка вызывает вокруг титанового имплантата напряжения 105 МПа, а вокруг керамического (неразборного и с титановым соединяющим винтом соответственно 97 МПа и 94 МПа. На напряжения в губчатой костной ткани направление нагрузки не влияет (4 МПа). Статистически значимых различий между титановым имплантатом и керамическим по значениям напряжений в наиболее важном отделе – кортикальной кости при вертикальной и наклонной нагрузках не выявлено ( $p>0,05$ ).

Из результатов, приведенных в таблице 6, следует, что менее напряженными конструкциями являются керамические имплантаты. При приложении наклонной нагрузки напряжения существенно возрастают (ввиду значительного изгиба). Напряжения при вертикальной и наклонной нагрузках не вызывают величин пределов прочности материалов и тканей.

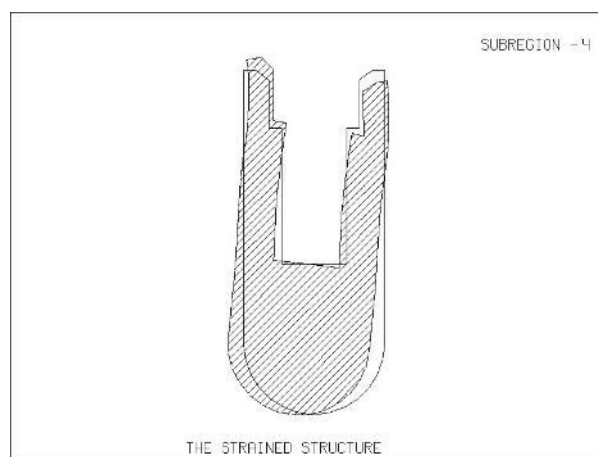
Относительно перемещений слоев модели следует отметить, что вертикальной нагрузке они не превышают 11-16мкм; при наклонной нагрузке перемещения увеличиваются от 23 до 126 мкм (наибольшие смещения характерны для искусственных коронок). Так как керамический материал имеет модуль упругости меньше, чем титан, то максимальные смещения в подобластях конструкции наблюдаются в керамических имплантатах, а минимальные – в титановом имплантате.

Деформированное состояние подобластей конструкции при действии вертикальной и наклонной нагрузок приведено для керамического имплантата

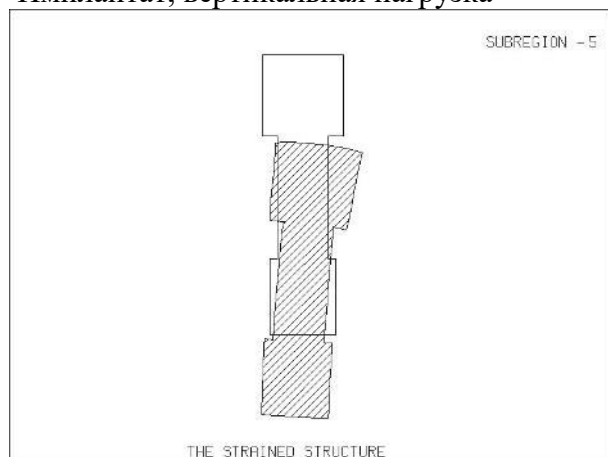
на рисунках 22, 23, из которых видно значительное возрастание изгибной деформации при наклонном приложении нагрузки.



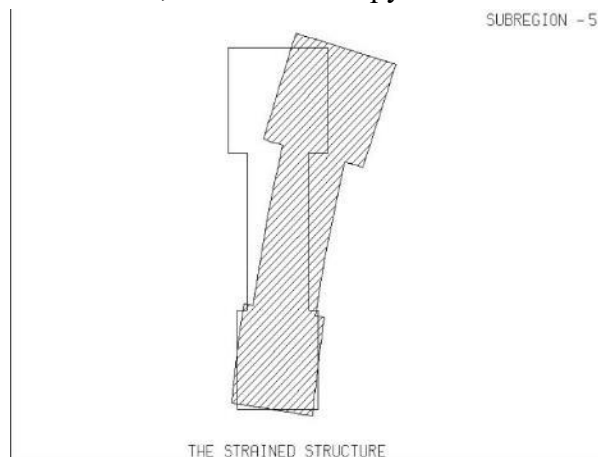
Имплантат, вертикальная нагрузка



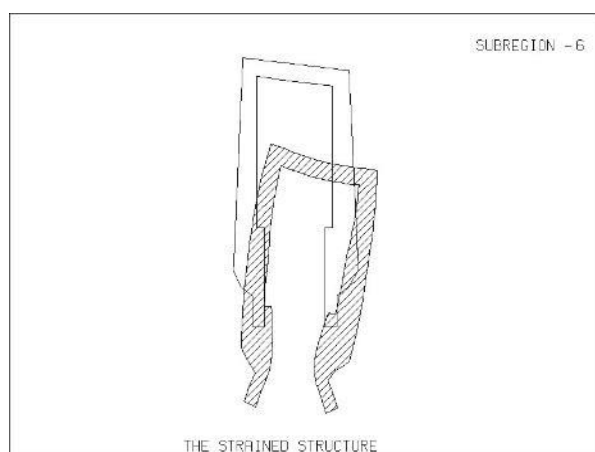
Имплантат, наклонная нагрузка



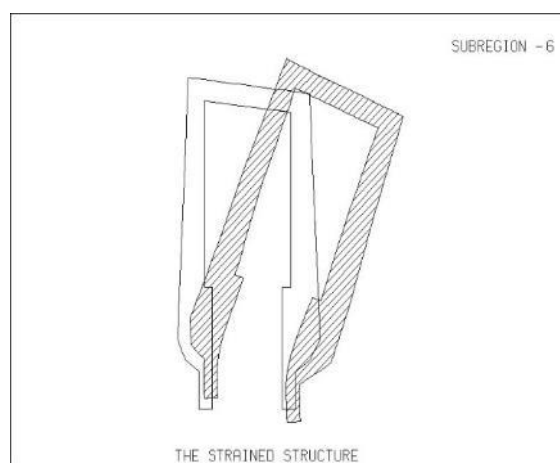
Винт, вертикальная нагрузка



Винт, наклонная нагрузка

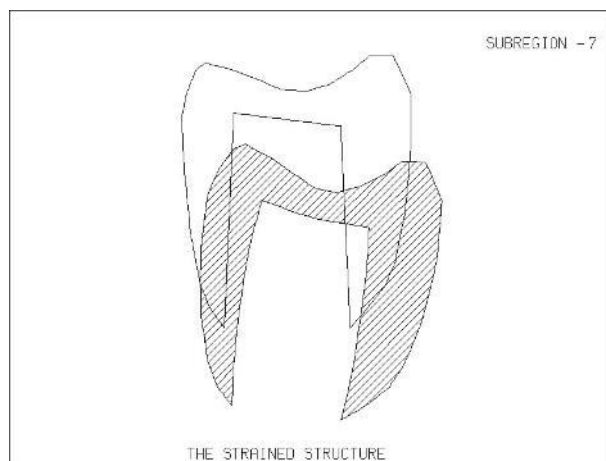


Абатмент, вертикальная нагрузка

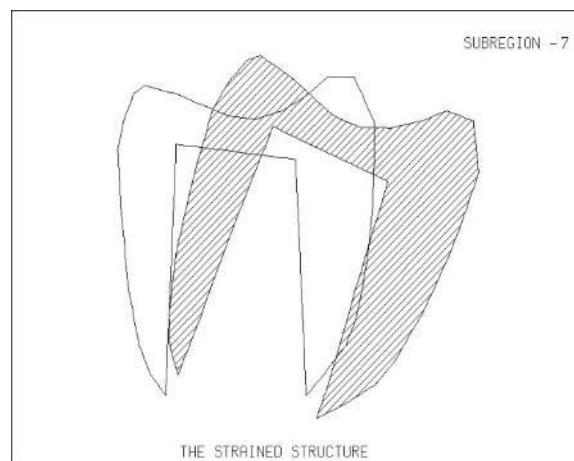


Абатмент, наклонная нагрузка

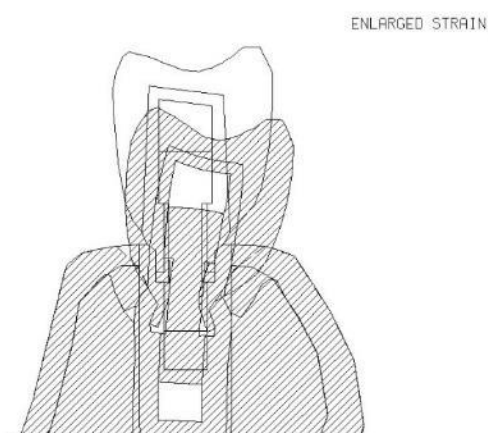
Рисунок 22 – Деформированное состояние керамического имплантата при вертикальной и наклонной нагрузках



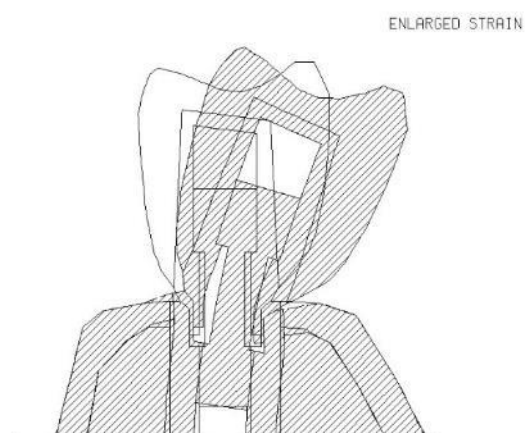
Коронка, вертикальная нагрузка



Коронка, наклонная нагрузка



Верхняя часть конструкции, вертикальная нагрузка

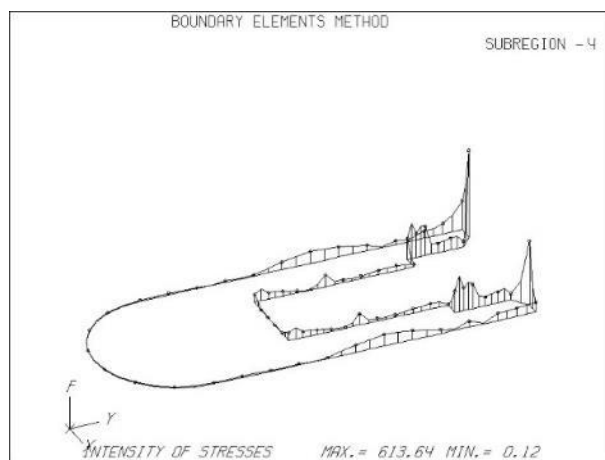
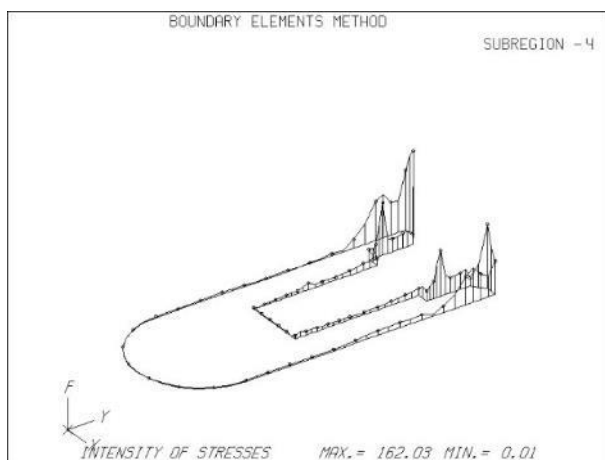


Верхняя часть конструкции, наклонная нагрузка

Рисунок 23 – Деформированное состояние керамического имплантата при вертикальной и наклонной нагрузках

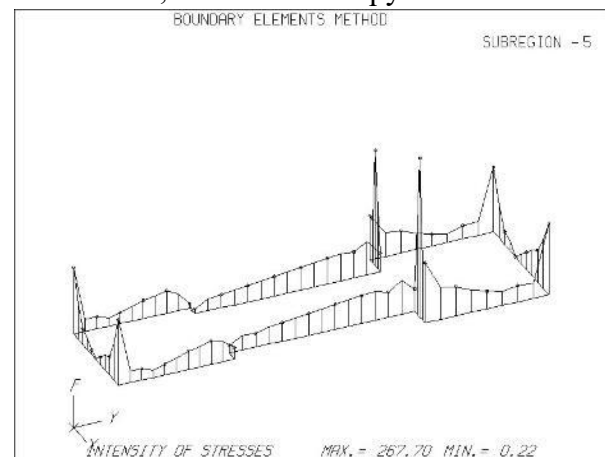
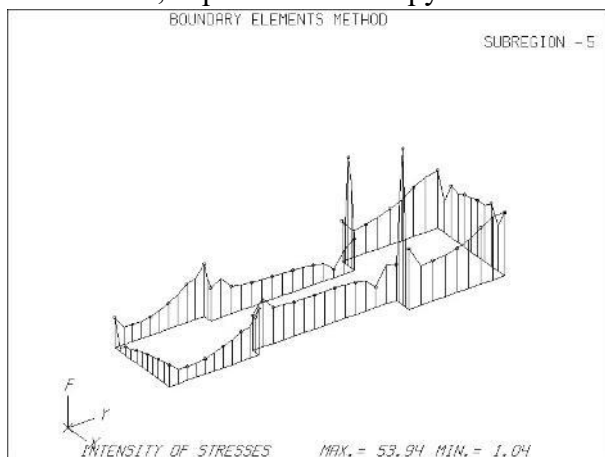
Отметим, что смещения на указанных рисунках значительно увеличены для качественного понимания деформирования конструкций, коэффициент увеличения смещений определяется как  $K = L / U$ , где  $L$  - характерный размер конструкции,  $U$  - максимальное смещение в подобласти. В выполненном расчете  $K \approx 100$ , поэтому деформация хорошо заметна на контуре исходной конструкции. Если же изображать фактическое деформированное состояние, то оно не будет практически отличаться на рисунке от исходной конструкции ввиду малых смещений.

Распределение интенсивности напряжений (эквивалентных напряжений) вдоль контура подобластей конструкции имплантата на примере титанового имплантата приведено на рисунке 24.



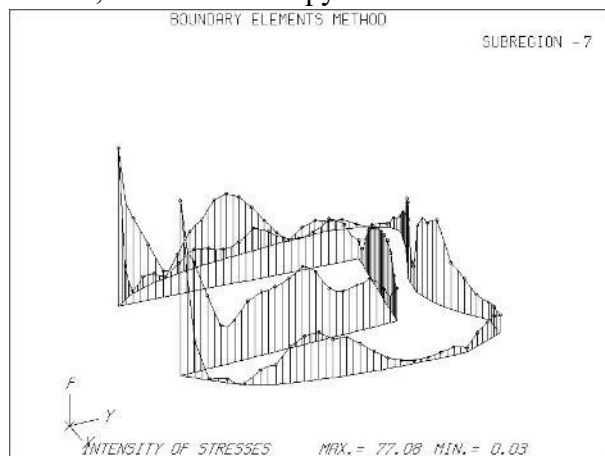
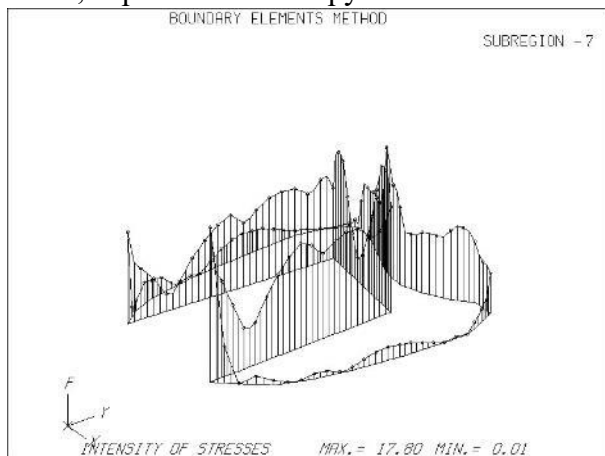
Имплантат, вертикальная нагрузка

Имплантат, наклонная нагрузка



Винт, вертикальная нагрузка

Винт, наклонная нагрузка



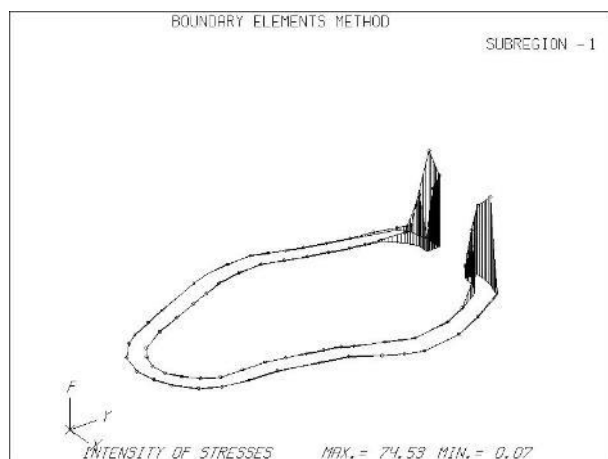
Коронка, вертикальная нагрузка

Коронка, наклонная нагрузка

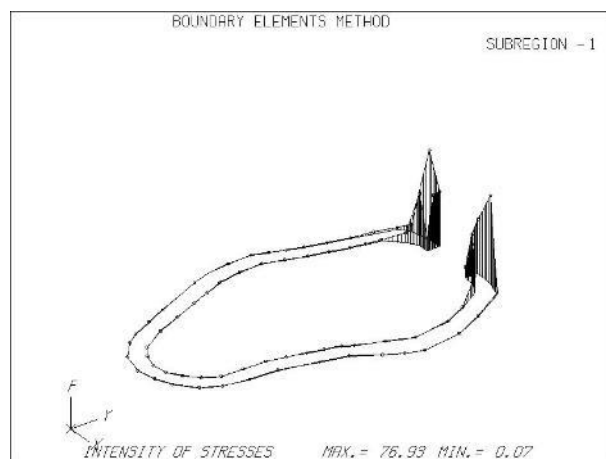
Рисунок 24 – Распределение интенсивности напряжений вдоль контура подобластей титанового имплантата, МПа

Наибольшие эквивалентные напряжения наблюдаются в зонах контакта имплантата и абатмента, а также на участках контакта винта с имплантатом. Напряжения в цементном соединении значительно меньше, чем на участках контакта имплантата и абатмента

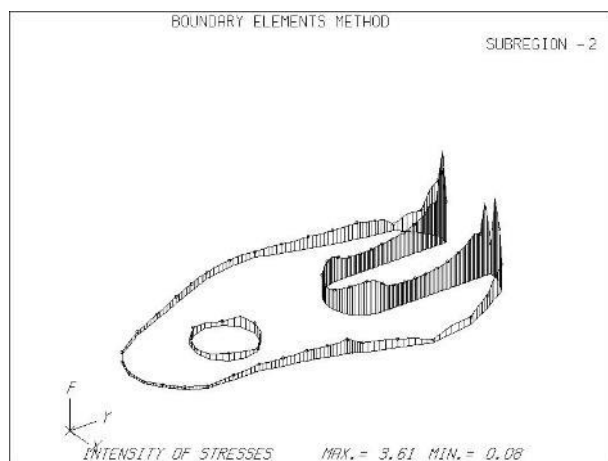
Распределение интенсивности напряжений (эквивалентных напряжений) по границам подбластей костной ткани в контакте с имплантатами приведены на рисунках 25, 26 для титанового и керамического имплантатов при вертикальной и наклонной нагрузках.



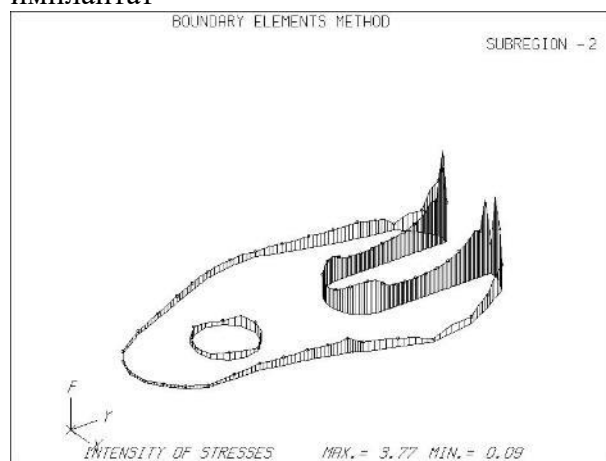
кортикальная кость, титановый имплантат



кортикальная кость, керамический имплантат

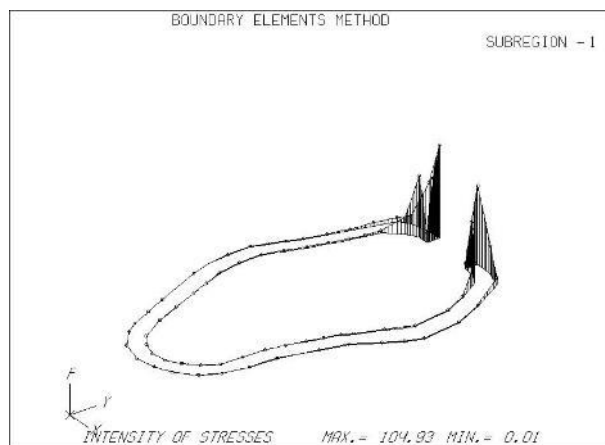


губчатая кость, титановый имплантат

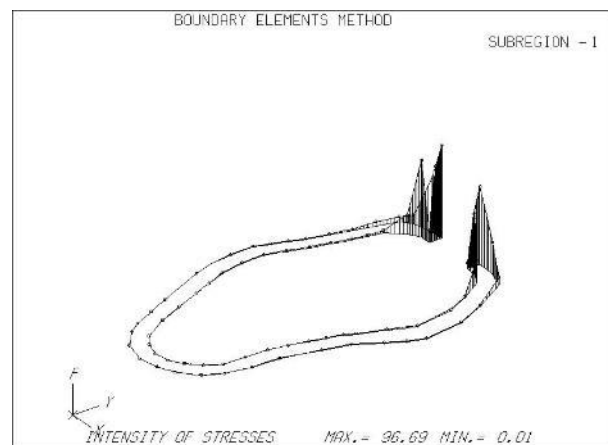


губчатая кость, керамический имплантат

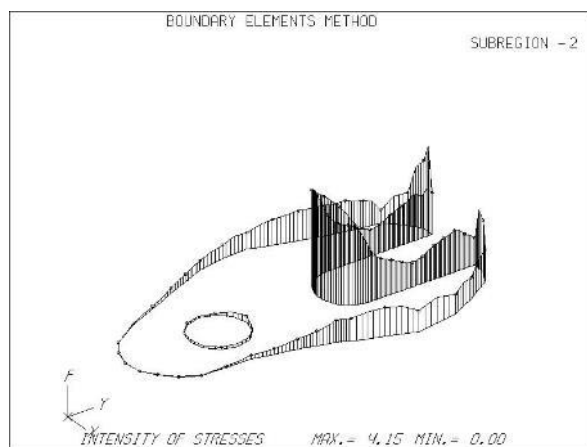
Рисунок 25 – Распределение эквивалентных напряжений по границе кортикальной и губчатой кости у керамического и титанового имплантатов при вертикальной нагрузке



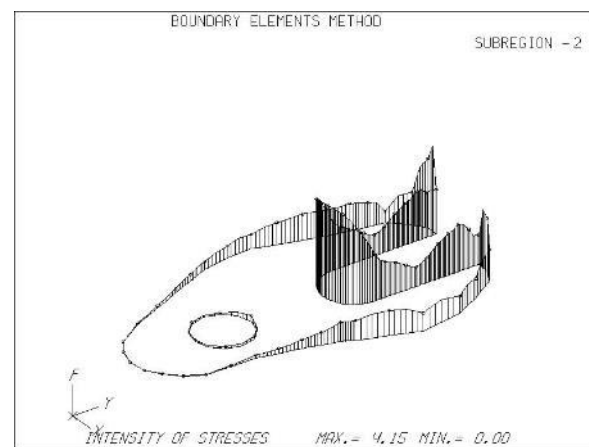
кортикальная кость, титановый имплантат



кортикальная кость, керамический имплантат



губчатая кость, титановый имплантат



губчатая кость, керамический имплантат

Рисунок 26 – Распределение эквивалентных напряжений по границе кортикальной и губчатой кости у керамического и титанового имплантатов при наклонной нагрузке

Зоны высоких напряжений в кортикальной кости наблюдаются в области контакта с имплантатом. Напряжения в губчатой кости значительно меньше ввиду малого модуля упругости материала. Отметим, что при вертикальной нагрузке максимальные напряжения в губчатой кости наблюдаются в верхней части контакта имплантатом, а при наклонной нагрузке – в нижней части контакта имплантатом. При моделировании винтовой поверхности внутрикостной части имплантатов значения максимальных коэффициентов концентрации эквивалентных напряжений для имплантата, губчатой кости и слоя кортикальной кости, примыкающей к шейке имплантата, приведены в таблице 8.

Таблица 8 – Значения коэффициентов концентрации эквивалентных напряжений в подобластях имплантатов с винтовой поверхностью при вертикальной нагрузке,  $\sigma_i/\sigma_0$ .

| область            | керамика |       | титан |       |
|--------------------|----------|-------|-------|-------|
|                    | В        | М     | В     | М     |
| имплантат          | 3.58     | 15.65 | 3.72  | 17.20 |
| кортикальная кость | 2.12     | 7.56  | 2.67  | 8.14  |
| губчатая кость     | 0.79     | 0.73  | 0.76  | 0.72  |

Примечание: В – вертикальная нагрузка, М – моментная нагрузка

Распределения относительных эквивалентных напряжений (напряжений, нормированных величиной внешней нагрузки, приложенной к имплантату,  $\sigma_i/\sigma_0$ , коэффициент концентрации напряжений) по границам керамического имплантата, губчатой костной и кортикальной костных тканей, приведены на рисунке 27. Напряжения по длине имплантата распределены неравномерно. Наибольшая концентрация напряжений наблюдается в зоне первого витка резьбы имплантата. Напряжения в костной ткани также имеют неравномерное распределение, и наибольшие напряжения в губчатой кости не превышают величины внешних напряжений, приложенных к имплантату. Напряжения в слое кортикальной кости более, чем две раза превышают величины нагрузки, приложенной к имплантату. Замена материала имплантата на титан не приводит к значительным изменениям в распределении напряжений, что связано с большим различием модулей упругости материалов имплантата (керамики и титана) и костных тканей, хотя при сравнении коэффициентов концентрации эквивалентных напряжений в костной ткани челюсти вокруг керамического и титанового имплантатов при вертикальной нагрузке различия оказались статистически значимыми ( $p<0,05$ ) (в отличие от моментальной нагрузки, которая не показала статистически значимых различий между титановым имплантатом и керамическим ( $p>0,05$ )) (Рис. 28). Отметим, что при действии вертикальной сжимающей нагрузки на имплантат на первых трех витках резьбы преобладают растягивающие напряжения  $\sigma_{yy}$ , а на остальной части имплантата преобладают сжимающие

напряжения (Рис. 29). Возникновение концентрации напряжений в витках резьбы обусловлено различием модулей упругости материалов.

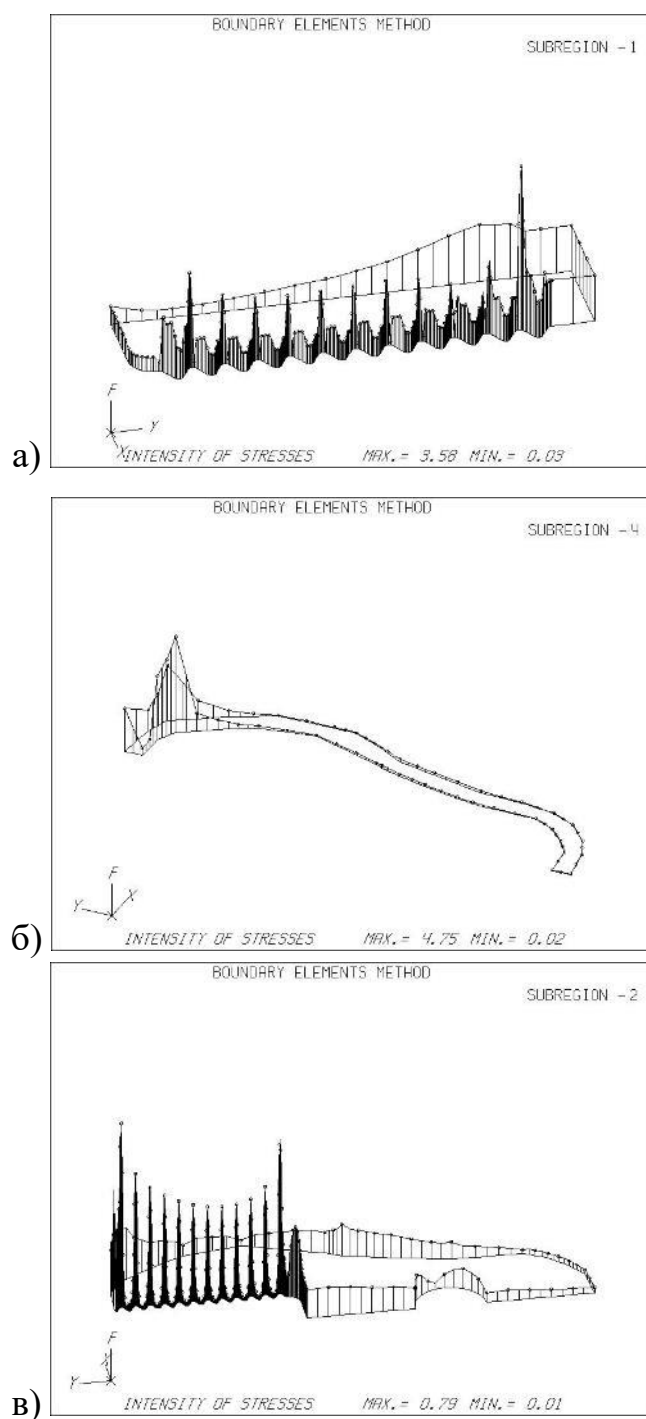


Рисунок 27 – Распределение относительных эквивалентных напряжений в подобластях керамического имплантата с винтовой поверхностью при вертикальной нагрузке:

а) имплантат, б) кортикальная кость, в) губчатая кость

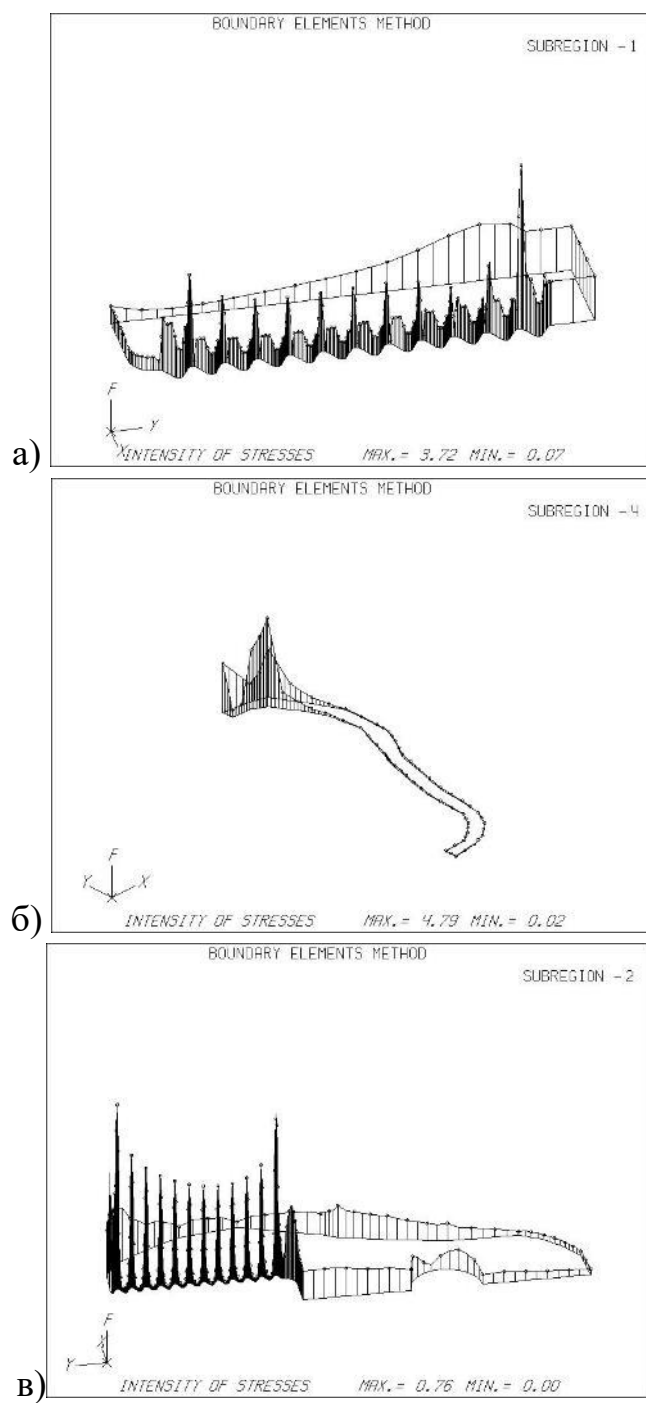


Рисунок 28 – Распределение относительных эквивалентных напряжений  
в подобластях титанового имплантата с винтовой поверхностью  
при вертикальной нагрузке:  
а) имплантат, б) кортикальная кость, в) губчатая кость

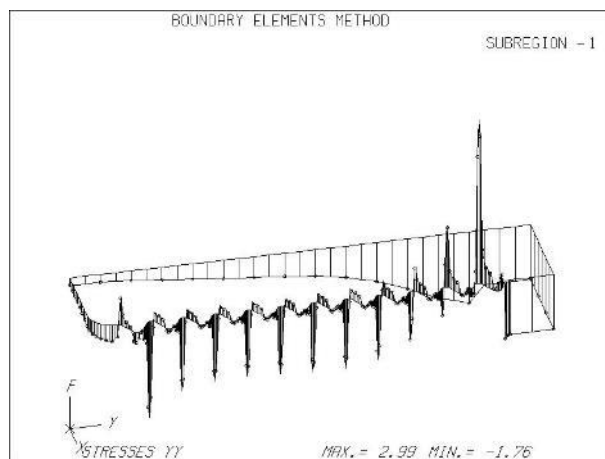


Рисунок 29 – Распределение относительных напряжений  $\sigma_{yy}$  по границе керамического имплантата.

Как и при одноосной нагрузке, максимальная концентрация напряжений при наклонной нагрузке керамического имплантата наблюдается на первом витке винтовой конструкции, причем напряжения в зоне сжатия превышают напряжения в зоне растяжения (Рис. 30). Также незначительная концентрация напряжений имеется в концевой зоне имплантата. При замене материала имплантата на титан напряжения практически не изменяются.

Рассмотрим результаты расчета от моментной нагрузки. На рисунке 31 приведено распределение масштабированного коэффициента концентрации эквивалентных напряжений (МККЭН)  $k = 10\sigma / \sigma_{\max}$  вдоль винтового контура керамического имплантата при моментной нагрузке ( $\sigma_{\max}$  определяется выражением (2)). Распределение МККЭН вдоль винтового контура кортикальной кости при моментной нагрузке приведено на рисунке 31б, а вдоль контура губчатой кости – на рисунке 31в. Как и в случае наклонной нагрузки, напряжения при моментном нагружении незначительно возрастают при замене керамического имплантата на титановый. Отметим, что при моментной нагрузке распределения напряжений симметричны относительно оси имплантата.

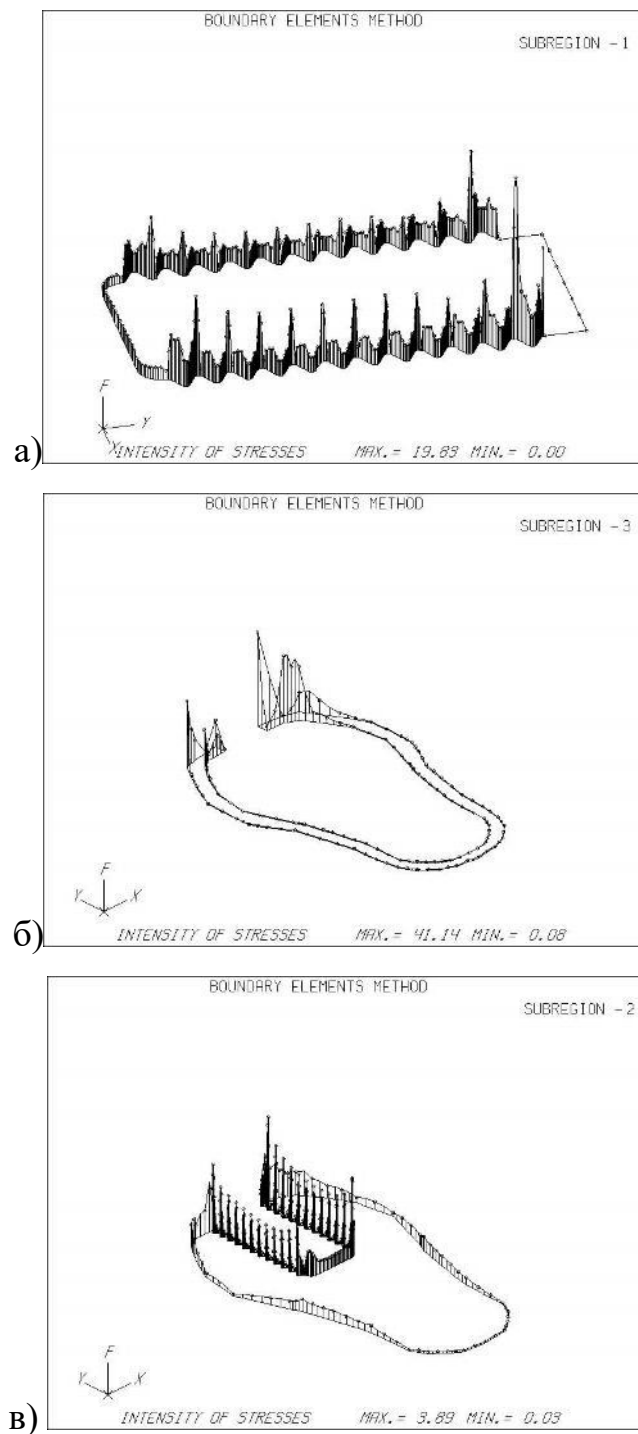


Рисунок 30 – Распределение эквивалентных напряжений в подобластях керамического имплантата с винтовой поверхностью при наклонной нагрузке: а) имплантат, б) кортикальная кость, в) губчатая кость (МПа)

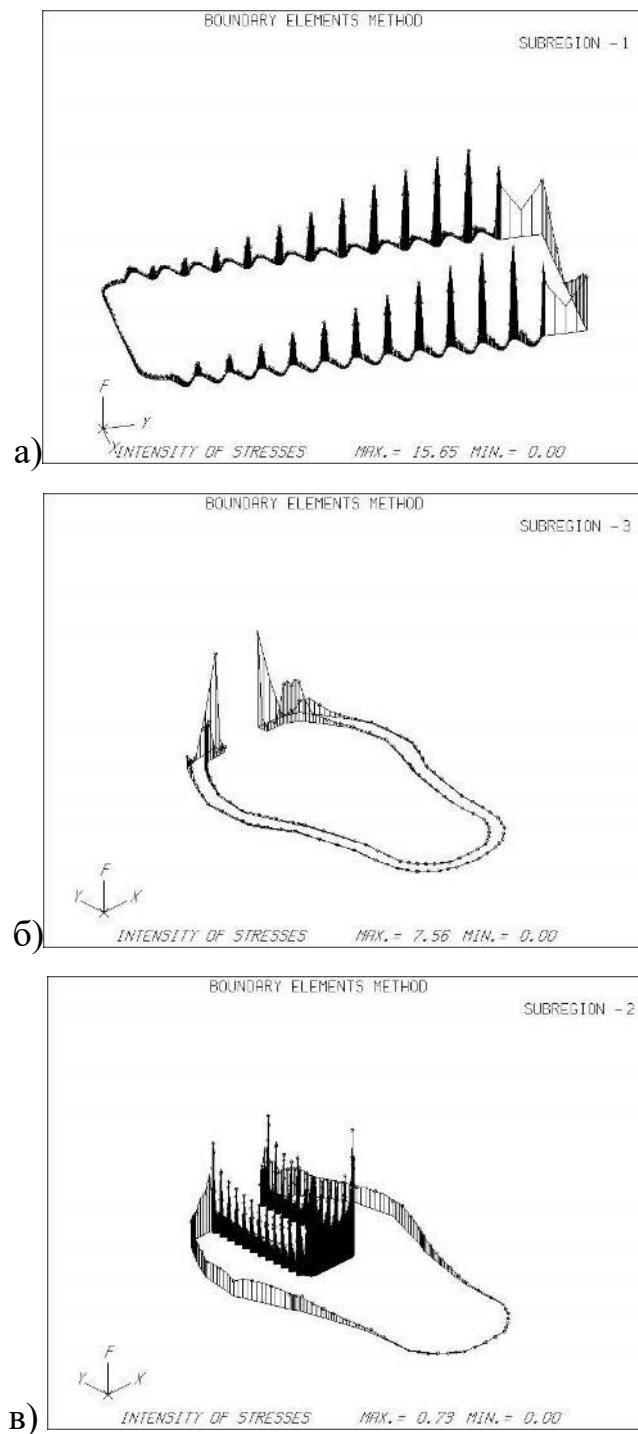


Рисунок 31 – Распределение масштабированного коэффициента концентрации эквивалентных напряжений в подобластях керамического имплантата с винтовой поверхностью при моментной нагрузке:

а) имплантат, б) кортикальная кость, в) губчатая кость

Таким образом, при расчете конструкции имплантатов из керамики и титана установлено, что наибольшие напряжения возникают в самих имплантатах; в керамических имплантатах эти напряжения несколько меньше;

в то же время смещения элементов конструкции несколько больше для керамических имплантатов.

Значительные напряжения наблюдаются по краю коронки на стыке с абатментом.

Максимальные напряжения характерны для всех слоев модели имплантата с коронкой и окружающей костной тканью в области шейки имплантата.

Напряжения в губчатой костной ткани не превышают величины внешних напряжений, приложенных к имплантату, а в слое кортикальной кости превышают величину внешней нагрузки более, чем в два раза.

Напряжения в костных тканях и имплантатах с коронками далеки от пределов прочности соответствующих тканей и материалов.

Керамический имплантат по своему биомеханическому воздействию на костную ткань и по взаимоотношению с покрывающей коронкой не имеет существенных отличий от титанового имплантата.

Следует учитывать, что в данном исследовании применялась довольно высокая нагрузка на имплантат (600Н); при оптимизации нагрузки, например, до 150Н эквивалентные напряжения уменьшатся в 4 раза, также как перемещения имплантатов (в частности, наибольшие смещения края коронки в этих условиях не превысят 30мкм).

#### **3.4. Характеристика остеоинтеграции имплантата из диоксида циркония, стабилизированного иттрием**

Электронная микроскопия костных блоков в зоне установки образцов керамических имплантатов (диоксид циркония, стабилизированный иттрием) выявила тесное взаимодействие имплантатов с костной тканью как через 4, так и через 12 недель пребывания имплантатов в челюсти кролика.

Микрофотографии зоны контакта имплантатов с костной тканью через 4 недели эксперимента показывали «запаковывание» керамических образцов тканью, имеющей волокнистую структуру, наплывающей на имплантаты со

стороны костной ткани. Отсутствовала пограничная щель при контакте костной ткани и керамики (Рис. 32,33).

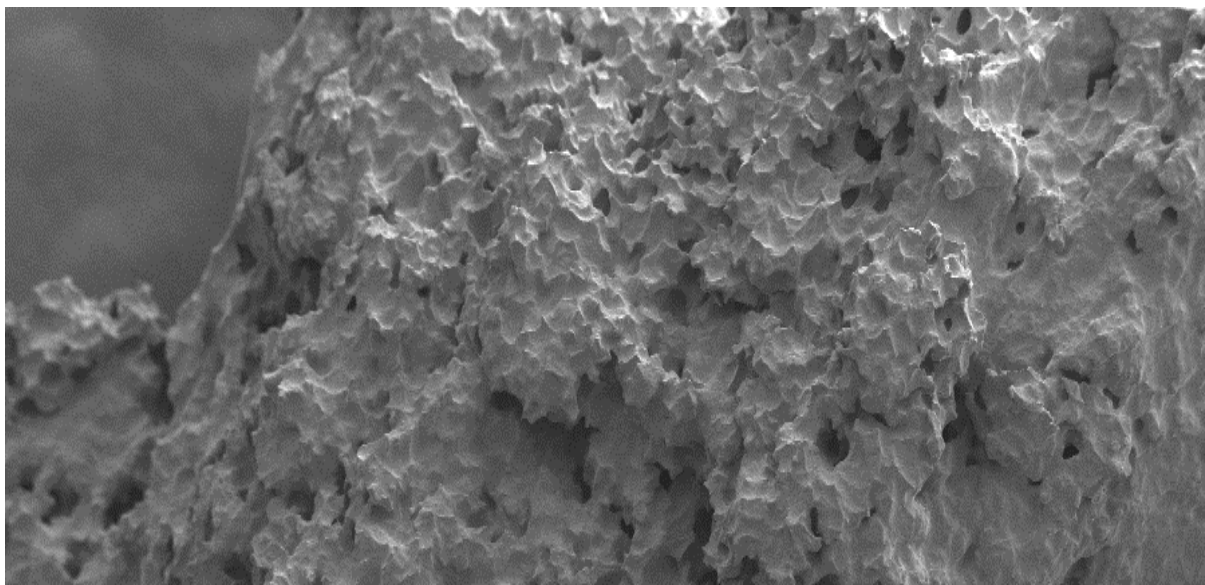


Рисунок 32 – Растровая электронная микроскопия (увеличение 50х)  
зоны остеоинтеграции керамического имплантата  
при длительности эксперимента 4 недели.

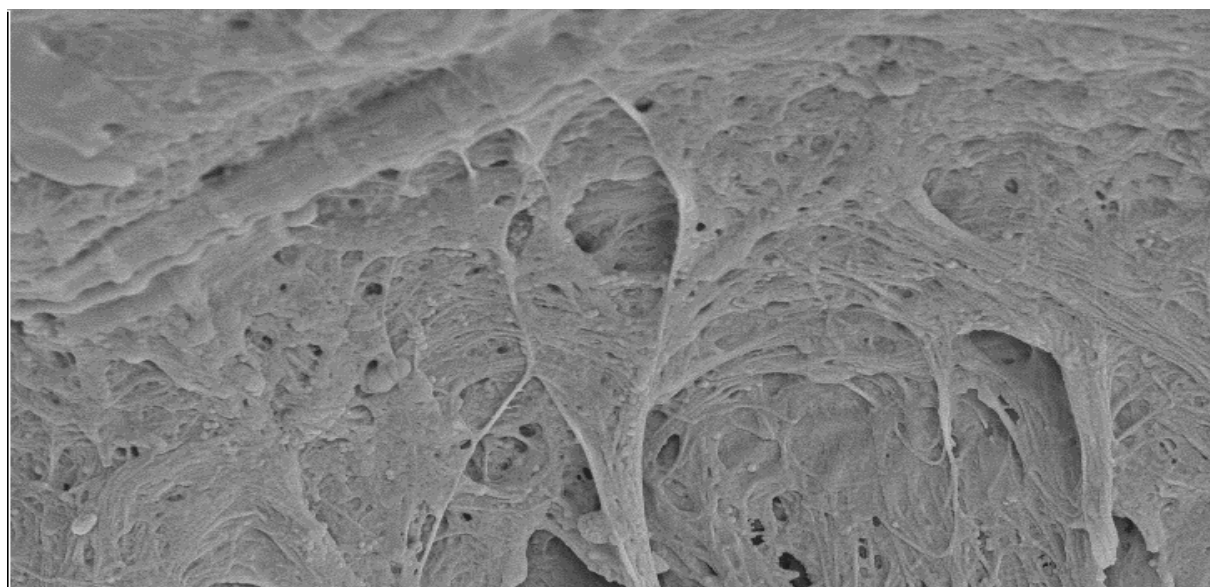


Рисунок 33 – Растровая электронная микроскопия (увеличение 5000х)  
зоны остеоинтеграции керамического имплантата  
при длительности эксперимента 4 недели.

С увеличением срока остеоинтеграции до 12 недель происходило «запаковывание» имплантата костной тканью, идентичной по строению окружающим отделам челюсти (Рис. 34,35).

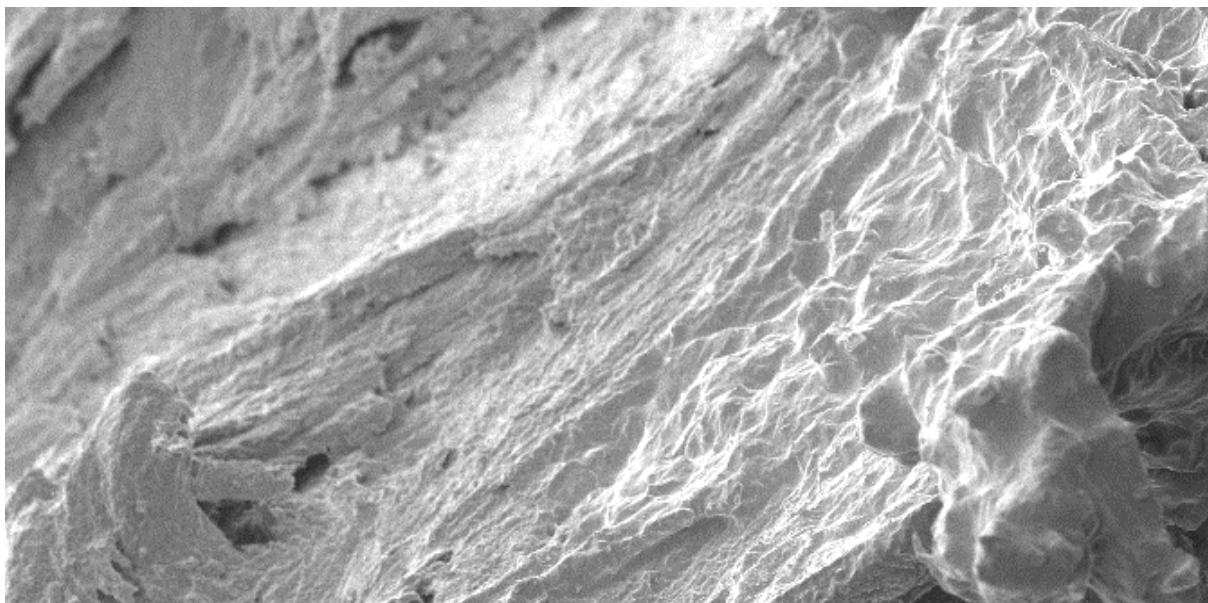


Рисунок 34 – Растровая электронная микроскопия (увеличение 500х)  
зоны остеоинтеграции керамического имплантата  
при длительности эксперимента 12 недель

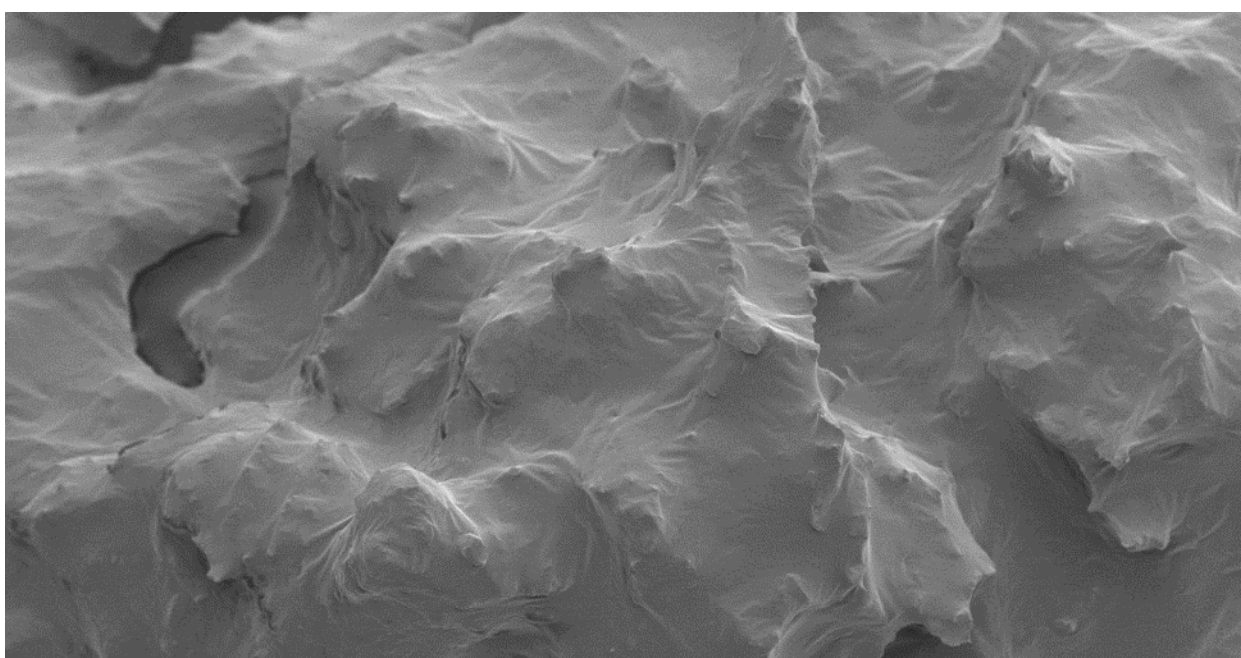


Рисунок 35 – Растровая электронная микроскопия (увеличение 5000х)  
зоны остеоинтеграции керамического имплантата  
при длительности эксперимента 12 недель

Большую информацию о степени созревания костной ткани по границе с керамическим имплантатом дает микроэлементный анализ состава костной ткани вокруг имплантата.

В составе элементов костной ткани вокруг керамического имплантата через четыре недели остеоинтеграции наибольшую весовую долю составляет углерод ( $62,95 \pm 4,82$  Вес.%), на втором месте кислород ( $15,76 \pm 3,37$  Вес.%) и на третьем – кальций ( $12,27 \pm 2,14$  Вес.%). Такие элементы, как азот, фосфор и сера представлены в количестве соответственно  $4,58 \pm 0,3$  Вес.%,  $3,20 \pm 1,5$  Вес.% и  $1,24 \pm 0,21$  Вес.% (Рис. 36, Табл. 9). Приведенный состав костной ткани свидетельствует о ее активной минерализации, хотя высокое содержание углерода отражает ее основную характеристику – соответствие соединительной ткани.

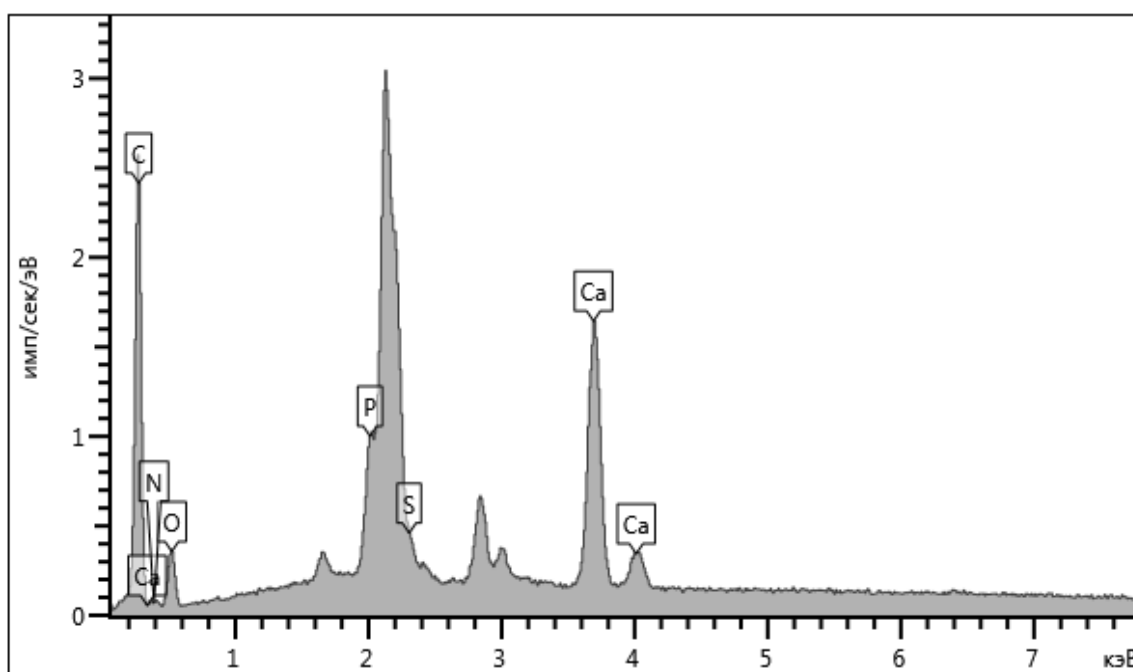


Рисунок 36 – Картина спектрограммы при элементном микрозондовом анализе костной ткани вокруг керамических имплантатов через четыре недели остеоинтеграции

Таблица 9 – Количественные результаты элементного микронзондового анализа костной ткани вокруг керамических имплантатов через четыре недели остеоинтеграции

| Элемент | Тип линии | Вес. % | Атом. % | Название эталона |
|---------|-----------|--------|---------|------------------|
| C       | К серия   | 62.95  | 74.86   | C Vit            |
| N       | К серия   | 4.58   | 4.67    | BN               |
| O       | К серия   | 15.76  | 14.07   | SiO <sub>2</sub> |
| P       | К серия   | 3.20   | 1.48    | GaP              |
| S       | К серия   | 1.24   | 0.55    | FeS <sub>2</sub> |
| Ca      | К серия   | 12.27  | 4.37    | Wollastonite     |
| Сумма:  |           | 100.00 | 100.00  |                  |

Через 12 недель керамический имплантат полностью «замуровывается» в костной ткани, ее состав в основном содержит фосфор и кальций (Рис. 37, Табл. 10). Так, на первом месте по содержанию находится кальций ( $53,35 \pm 6,14$  Вес.%), затем фосфор ( $16,69 \pm 3,51$  Вес.%), углерод уменьшил свое содержание до  $19,68 \pm 2,15$  Вес.%, кислород – до  $4,41 \pm 0,6$  Вес.%; содержание азота, серы, калия, железа, цинка составляет соответственно  $3,38 \pm 0,3$  Вес.%,  $1,10 \pm 0,04$  Вес.%,  $0,22 \pm 0,02$  Вес.%,  $0,62 \pm 0,04$  Вес.%,  $0,55 \pm 0,02$  Вес.%.

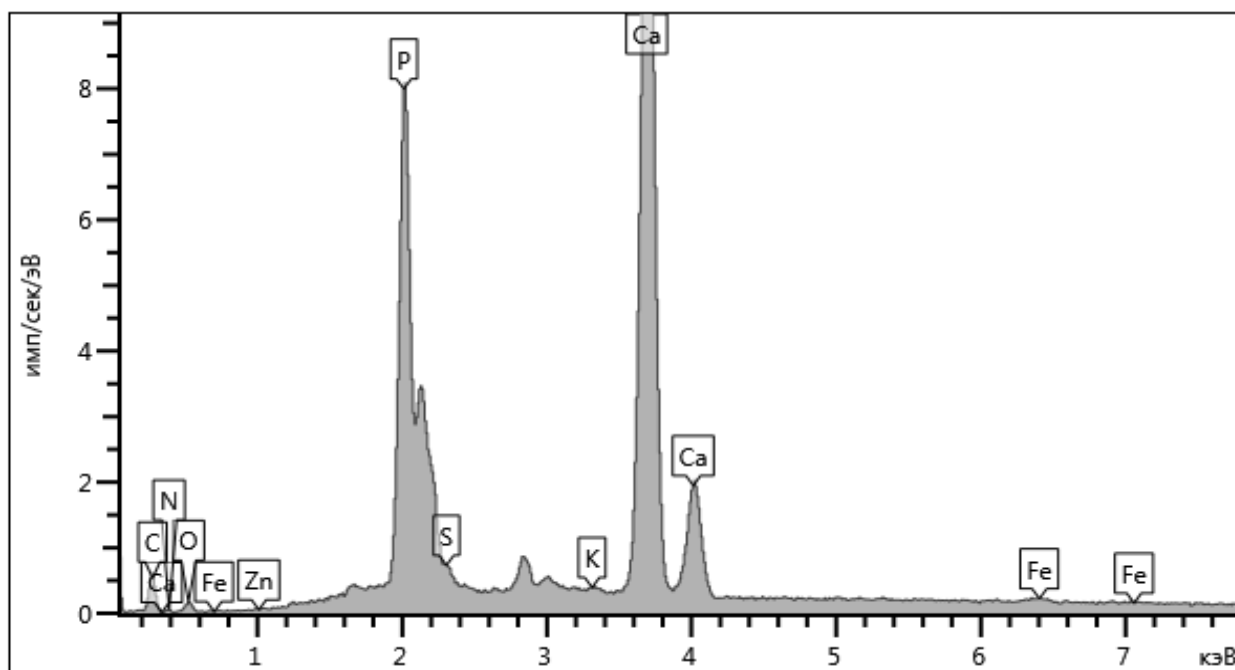


Рисунок 37 – Картина спектрограммы при элементном микронзондовом анализе костной ткани вокруг керамических имплантатов через 12 недель остеоинтеграции

Таблица 10 – Количественные результаты элементного микрозондового анализа костной ткани вокруг керамических имплантатов через 12 недель остеointеграции

| Элемент | Тип линии | Вес. % | Атом. % | Название эталона |
|---------|-----------|--------|---------|------------------|
| C       | К серия   | 19.68  | 40.10   | C Vit            |
| N       | К серия   | 3.38   | 5.92    | BN               |
| O       | К серия   | 4.41   | 6.75    | SiO <sub>2</sub> |
| P       | К серия   | 16.69  | 13.19   | GaP              |
| S       | К серия   | 1.10   | 0.84    | FeS <sub>2</sub> |
| K       | К серия   | 0.22   | 0.14    | KBr              |
| Ca      | К серия   | 53.35  | 32.59   | Wollastonite     |
| Fe      | К серия   | 0.62   | 0.27    | Fe               |
| Zn      | К серия   | 0.55   | 0.21    | Zn               |
| Сумма:  |           | 100.00 | 100.00  |                  |

В сравнении с идентичным исследованием Повстянко Ю.А. по текстурированному титану при сроке остеointеграции четыре недели в составе костной ткани вокруг керамического имплантата почти одинаковое количество углерода (соответственно  $63,52 \pm 3,62$  Вес.% и  $62,95 \pm 4,82$  Вес.%), но меньше кислорода ( $15,76 \pm 3,37$  Вес.% и  $23,18 \pm 1,32$  Вес.%) и больше кальция ( $12,27 \pm 2,14$  Вес.% и  $7,96 \pm 0,45$  Вес.%). При сроке контроля 12 недель в костной ткани вокруг керамического имплантата меньше углерода в сравнении с титановым имплантатом ( $19,68 \pm 2,15$  Вес.% против  $26,15 \pm 1,49$  Вес.%), меньше кислорода ( $4,41 \pm 0,6$  Вес.% против  $27,09 \pm 1,54$  Вес.%), но значительно больше кальция ( $53,35 \pm 6,14$  Вес.% против  $25,77 \pm 1,47$  Вес.%). Зрелость костной ткани вокруг керамического имплантата несколько превосходит таковую за пределами области контакта с текстурированным титановым имплантатом в исследовании Повстянко Ю.А., где содержание углерода, кислорода, фосфора и кальция соответственно  $23,12 \pm 1,32$  Вес.%,  $8,95 \pm 0,51$  Вес.%,  $17,14 \pm 0,98$  Вес.%,  $47,62 \pm 2,71$  Вес.%.

При статистическом сравнении состава основных элементов костной ткани на сроке четыре недели статистически значимых различий в концентрации углерода вокруг керамического и титанового имплантата не

выявлено ( $p>0,05$ ), но различия в доле кислорода, фосфора и кальция оказались статистически значимыми ( $p<0,05$ ) (Табл. 11). Через 12 недель по всем сравниваемым показателям элементного состава костной ткани выявлены статистически значимые различия вокруг керамического и титанового имплантатов ( $p<0,05$ ) (Табл. 12).

Таблица 11 – Статистическая значимость различий результатов элементного микрозондового анализа костной ткани вокруг керамических и титановых имплантатов через четыре недели остеоинтеграции

| элемент | керамика   | титан      | значение p |
|---------|------------|------------|------------|
| C       | 62.95±0.17 | 63.52±0.23 | >0.05      |
| O       | 15.76±0.12 | 23.18±0.14 | <0.05      |
| P       | 3.20±0.05  | 3,67±0.07  | <0.05      |
| Ca      | 12.27±0.10 | 7.96±0.09  | <0.05      |

Таблица 12 – Статистическая значимость различий результатов элементного микрозондового анализа костной ткани вокруг керамических и титановых имплантатов через 12 недель остеоинтеграции

| элемент | керамика   | титан      | значение p |
|---------|------------|------------|------------|
| C       | 19.68±0.15 | 26.15±0.22 | <0.05      |
| O       | 4.41±0.02  | 27.09±0.20 | <0.05      |
| P       | 16.69±0.11 | 14.43±0.11 | <0.05      |
| Ca      | 53.35±0.25 | 27.77±0.19 | <0.05      |

### **3.5. Влияние керамического имплантата из диоксида циркония, стабилизированного иттрием, на культуру мезенхимальных стволовых клеток**

Ростовая активность клеток МСК в присутствии керамических имплантатов из диоксида циркония, стабилизированного иттрием, мало отличалась от контроля, что свидетельствует о высокой биосовместимости имплантатов. Через 96 часов инкубирования клеточной культуры с имплантатами коэффициент оптической плотности раствора после постановки МТТ-реакции составлял в среднем  $1.18\pm0,035$  в сравнении с контрольным

показателем  $1.069 \pm 0.99$  (Табл. 13), однако, статистически значимых различий не выявлено ( $p > 0,05$ ).

Таблица 13 – Влияние на ростовую активность клеток МСК керамических имплантатов из диоксида циркония по данным МТТ-метода

| <b>имплантат</b> | <b>ОП 545 нм</b> |
|------------------|------------------|
| образец №1       | 1.14             |
| образец №1       | 1.25             |
| образец №1       | 1.15             |
| в среднем        | $1.18 \pm 0,075$ |
| контроль клеток  | $1.069 \pm 0.99$ |

Концентрация и размер клеток МСК по гистограммам автоматизированного счетчика клеток Scepter Millipore при наличии керамических имплантатов в культуре были: средний объем (pL) –  $1.41 \pm 0.081$ ; средний объем –  $11.57 \pm 0.38$ ; концентрация –  $1.46 \times 10^5 \pm 0.05 \times 10^4$ . При сравнении с контролем не выявлено статистически значимых различий в концентрации клеток МСК в присутствии керамического имплантата ( $p > 0,05$ ). (Табл. 14, Рис. 38).

Таблица 14 – Влияние на размер, объем и концентрацию клеток МСК керамических имплантатов из диоксида циркония по данным автоматического счетчика клеток Scepter Millipore

| <b>образец</b>     | <b>средний объем<br/>pL</b> | <b>средний диаметр<br/>μm</b> | <b>концентрация<br/>кл/мл</b>           |
|--------------------|-----------------------------|-------------------------------|-----------------------------------------|
| образец №1         | 1.44                        | 11.37                         | $1.47 \times 10^5$                      |
| образец №1         | 1.40                        | 11.89                         | $1.45 \times 10^5$                      |
| образец №1         | 1.39                        | 11.45                         | $1.46 \times 10^5$                      |
| в среднем          | $1.41 \pm 0.081$            | $11.57 \pm 0.38$              | $1.46 \times 10^5 \pm 0.05 \times 10^4$ |
| контроль<br>клеток | $1.92 \pm 0.007$            | $12.06 \pm 0.59$              | $1.30 \times 10^5 \pm 0.05 \times 10^4$ |

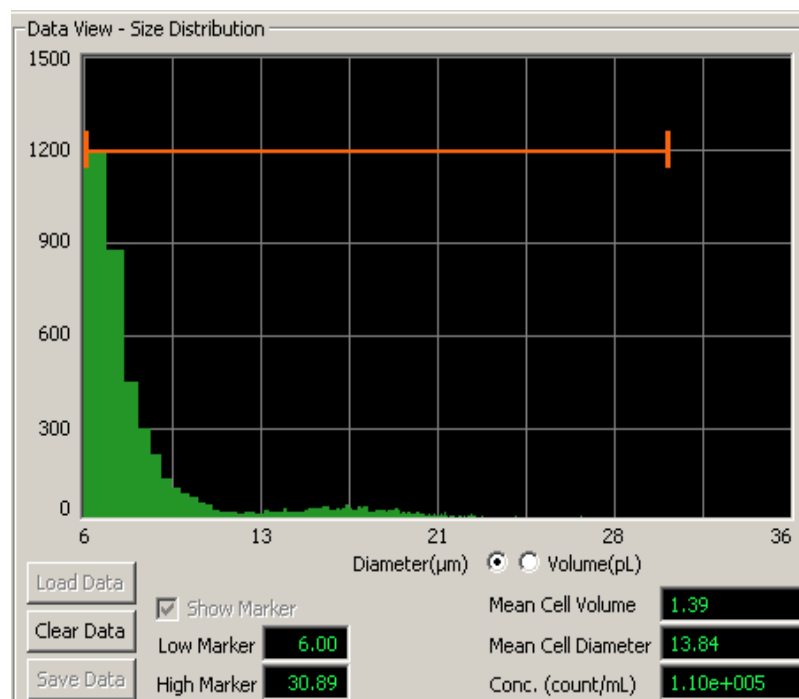


Рисунок 38 – Гистограмма автоматизированного счетчика клеток  
в культуре МСК при наличии керамического имплантата

По сравнению влияния на культуры МСК керамических и титановых имплантатов (на примере имплантатов ICX; Medentis, Германия) можно констатировать отсутствие статистической разницы в воздействии обоих имплантатов по концентрации клеток в тесте МТТ и по автоматическому счетчику клеток: в исследовании Повстанко Ю.А. соответствующие показатели были  $1.12 \pm 0.041$  и  $1.40 \times 10^5 \pm 0.05 \times 10^4$  [140].

### 3.6. Клиническая эффективность керамических имплантатов из диоксида циркония

Клиническое наблюдение за 21 неразборными имплантатами из диоксида циркония при сроке контроля до двух лет показало высокую эффективность протезирования на керамических имплантатах с немедленной нагрузкой (Рис. 39).

В ранние сроки после установки имплантатов отторглись ввиду несостоятельности процесса остеоинтеграции два имплантата у одного пациента, что составило 9,5% (6,3% от числа пациентов).

В то же время большинство имплантатов надежно остеоинтегрировались в костной ткани, были неподвижны и окружены периимплантатной десной без признаков воспаления. Такое состояние сохранялось весь период наблюдения на фоне соблюдения адекватной гигиены рта (ИГР-У при контроле в один и два года соответственно  $1,7 \pm 0,3$  и  $2,0 \pm 0,4$ , т.е. удовлетворительный уровень).

Динамика периотестометрии, рентгенографии и пародонтальных индексов подтверждала данные внешнего осмотра (Табл. 15).

При наивысшем значении стабильности ( $-8$  ед.) первичная стабильность имплантатов в среднем составляла  $-4,4 \pm 0,2$  ед.; через две недели стабильность имплантатов несколько уменьшалась ( $-3,9 \pm 0,3$  ед.) и проявляла тенденцию к увеличению только через восемь недель ( $-4,5 \pm 0,3$  ед.), стабилизируясь через 16 недель на показателях  $-5,8 \pm 0,9$  ед.

Таблица 15 – Динамика показателей периотестометрии керамических имплантатов (удаленные в ранние сроки имплантаты не учитывались)

| показатель                     | первичная стабильность | 2 недели | 4 недели | 8 недель | 16 недель |
|--------------------------------|------------------------|----------|----------|----------|-----------|
| единицы PTV (Periotest Values) | $-4,4$                 | $-3,9$   | $-3,6$   | $-4,5$   | $-5,8$    |

Показатель PTV в первые 4 недели увеличивался на 18,0% ( $p < 0,05$ ), а в последующим уменьшался на 38,0% ( $p < 0,05$ ). Таким образом, итоговая динамика его изменения за 16 недель составила 24,0% ( $p < 0,05$ ).

Развитие мукозита произошло только у одного имплантата и выявлено на сроке контроля один год (5,3% из 19 имплантатов на указанном сроке контроля). Местное противовоспалительное лечение устранило явления мукозита.

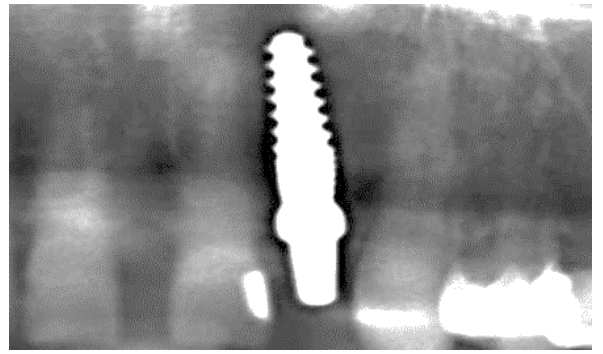
Индексные показатели состояния периимплантатных тканей не выявляли воспалительных явлений и составляли: индекс гигиены имплантата (ИГим) при контроле в один и два года соответственно  $1,0 \pm 0,1$ ,  $0,9 \pm 0,1$ ; индекс

гингивита (ИГ) соответственно  $0,1 \pm 0,1$  и  $0,2 \pm 0,1$ ; индекс Мюллемана соответственно  $0,1 \pm 0,1$  и  $0,1 \pm 0,1$ . Динамика показателя ИГР-У за 1 год оказалась статистически значимой ( $p < 0,05$ ), динамика Игим и ИГ является статистически не значимой ( $p > 0,05$ ) (Табл. 16).

По сравнению с исходным уровнем костной ткани с медиальной и дистальной сторон имплантатов по данным прицельных рентгенограмм на контрольных рентгеновских снимках через год снижение уровня костной ткани в среднем составило  $0,45 \pm 0,18$  мм, а через два года –  $0,56 \pm 0,20$  мм; установлена статистическая разница в показателях, однако указанная степень резорбции не вызывала явлений периимплантита и не превышала обычного изменения уровня костной ткани при немедленной нагрузке имплантатов.

Таблица 16 – Динамика состояния периимплантатных тканей вокруг керамических имплантатов (удаленные в ранние сроки имплантаты не учитывались)

| <b>показатели</b>            | <b>1 год<br/>n=19</b> | <b>2 года<br/>n=11</b> | <b>значение p</b> |
|------------------------------|-----------------------|------------------------|-------------------|
| ИГР-У                        | 1,7                   | 2,0                    | $<0,05$           |
| Игим                         | 1,0                   | 0,9                    | $>0,05$           |
| ИГ                           | 0,1                   | 0,2                    | $>0,05$           |
| Индекс Мюллемана             | 0,1                   | 0,1                    | $>0,05$           |
| резорбция костной ткани (мм) | 0,45                  | 0,56                   | $<0,05$           |



а)

б)

Рисунок 39 – Клинические примеры применения керамических имплантатов:  
а) в области 1.4, б) в области 2.2

#### **Глава 4. ОБСУЖДЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ ИССЛЕДОВАНИЯ**

Титановые имплантаты на сегодняшний день применяются в дентальной имплантологии и совершенствуются по поверхности, структуре и другим характеристикам [10,12,23,53,108,121,130,137,166,197,232,233,242].

В то же время, среди практикующих стоматологов имеется большой интерес к керамическим дентальным имплантатам в виду их белого цвета наподобие зубов, что имеет значение в случаях рецессии десны у титановых имплантатов. Также известно о высокой биосовместимости керамики с костной тканью, тогда как накапливаются сведения о небезразличности организма экспериментальных животных к интеграции титана, а также о возможных аллергических реакциях пациентов на титан [1,9,39,71,106,118,122,140,167,214,226,273,275].

Несколько десятилетий назад было довольно много публикаций о керамических, так называемых, тюбингеровских имплантатах, устанавливаемых в лунку после удаления зуба вследствие травмы. Однако, эти имплантаты не нашли применения в широкой амбулаторной практике из-за своих крупных размеров, слабовыраженной шероховатости поверхности и конструкционного материала – оксида алюминия.

В настоящее время на международных выставках представлено большое количество керамических имплантатов, но спрос на них невелик из-за сомнений в прочности, особенно прочности узла соединения разборных керамических имплантатов. Научное обоснование керамических имплантатов ограничивается небольшим количеством клинических наблюдений, что делает представленное диссертационное исследование актуальным [188,257,261].

В этом исследовании на первом этапе изучения возможности керамических имплантатов речь идет о неразборных керамических имплантатах, что одновременно включает в орбиту исследования проблему немедленной нагрузки имплантатов в клинической части работы.

Исследование началось с опроса 58 врачей-стоматологов в Москве, использующих метод дентальной имплантации, по проблемам клинического

применения керамических дентальных имплантатов. Для этого разработана специальная анкета из четырех вопросов, отражающих частоту использования керамических имплантатов на практике, случаи осложнений применения титановых имплантатов из-за конструкционного материала, причины редкого применения керамических дентальных имплантатов, в своей работе, желание врачей расширить применение керамических имплантатов. Предусматривались несколько ответов: от четырех до восьми в зависимости от вопроса.

Как и следовало ожидать, сдерживающим фактором к применению керамических имплантатов более 80% врачей стоматологов назвали сочетание двух моментов: сомнения в прочности керамики (особенно соединения имплантата с абатментом) и ограниченность показаний к неразборным имплантатам. В то же время оказалось, что врачи нередко наблюдают характерные недостатки титановых имплантатов: около 70% опрошенных - просвечивание и оголение шейки титанового имплантата при нередкой рецессии десны; около половины врачей невысоко оценивают эстетику края коронок на имплантатах все по той же причине темного просвечивания по контакту коронки с имплантатом; более трети опрошенных отмечали быстрое отложение налета на титановых имплантатах.

Такой опрос впервые проведен относительно титановых и керамических имплантатов, он отражает актуальность в совершенствовании керамических имплантатов и востребованность их практикующими врачами.

Исходя из сомнений в прочности керамических имплантатов, далее проведены стендовые исследования прочности, микроструктуры и химического состава поверхности современных керамических имплантатов. Эти исследования проведены на доступных в России керамических имплантатах из диоксида циркония ICX фирмы Medentis (Германия) в сопоставлении с титановыми имплантатами из Grade 4 того же производителя (по нашему мнению, применение имплантатов из Grade 5 будет сокращаться и не взяты в исследование). В исследовании использовалось современное

оборудование: металлографический системный микроскоп с увеличением до 1000 раз и сканирующий электронный микроскоп с возможностью элементного анализа, спектрометр для определения концентрации химических элементов, испытательное оборудование для определения прочности (в статических и динамических условиях с пересчетом прочности за пятилетний период функциональной нагрузки имплантатов).

Как оказалось, разрушение имплантатов из диоксида циркония происходило в среднем при нагрузке 803,2МПа, а титановых имплантатов – всего на 7,1% позже, т.е. при 864,6МПа. Как видно, прочность неразборных имплантатов из диоксида циркония высока, она значительно выше максимальных напряжений, известных из опытов по математическому моделированию напряженно-деформированного состояния при функциональных нагрузках [18,22,52,58,92,98,123,127,135,145,182,188,221, 247,281]. Такие напряжения находятся в зоне 600МПа. Относительно имеющихся в литературе сведений о прочности диоксида циркония (1200МПа) и титана Grade 4 полученные нами величины предельной нагрузки меньше по отношению к диоксиду циркония и больше по отношению к чистому сплаву Grade 4 (в данном исследовании титановый имплантат ICX изготавливается из упрочненного сплава с использованием метода холодной прокатки и имеет заявленную фирмой прочность 843МПа [233]. Важно, что при многократной динамической нагрузке величиной всего на 20% меньше предельной, имплантаты не разрушались в течении срока непрерывных испытаний 5 суток (что идентично 5 годам нагрузки). Таким образом, получены обоснования достаточной прочности керамических имплантатов для клинических условий.

Важнейший вопрос о передаче жевательного давления на окружающий имплантат костную ткань изучается в научной имплантологии путем математического моделирования [20,25,54,64,94,119,126,134,136,172,187,208, 228,262]. Этот метод использован и в данном исследовании по сравнению напряженно-деформированного состояния в имплантатах и костной ткани в

случае применения конструкционного материала имплантата из диоксида циркония или титана. В частности, использовался метод граничных элементов (МГЭ) в двумерном варианте и комплекса программ «МЕГРЭ» [134]. Необходимые для моделирования и анализа физико-механические свойства диоксида циркония и титана взяты из литературных источников, также как окружающей костной ткани [119,254]. Прикладываемая в вертикальном направлении и под углом в  $45^\circ$  нагрузка 6МПа соответствовала приложенной силе 600Н, приближающейся к верхней границе обычной функциональной нагрузке. Рассмотрены варианты неразборного имплантата и имплантата с абатментом, соединенным титановым винтом; для сравнения взят титановый имплантат с титановым абатментом и винтом.

Как выяснилось, керамические имплантаты не только не уступают титановым имплантатам по биомеханике взаимоотношений с костной тканью, но и снижают напряжения в важнейшей зоне костной ткани вокруг имплантата – в кортикальной кости вокруг шейки имплантата – по сравнению с титановым имплантатом. Керамический имплантат более жесткий в сравнении с титаном и такое снижение напряжений в окружающей кости происходит за счет увеличения напряжений в покрывающей керамической коронке. Максимальное возрастание напряжений в коронке при горизонтальной нагрузке равно 26%. При этом концентрация напряжений в кортикальной костной ткани на витках винтовой поверхности керамических имплантатов в сравнении с титановым имплантатом выражена на четверть меньше. Математическое моделирование показало идентичность зон локализации максимальных напряжений – по контакту внутрикостной и внутриротовой частей конструкции имплантата с покрывной коронкой. Имеющиеся напряжения во всех слоях модели далеки от предельных: максимальные напряжения в костной ткани при горизонтальной нагрузке у титановых имплантатов были 105МПа, у керамических – 97МПа при предельной прочности кости 160МПа; в самом керамическом имплантате – 608МПа, в

титановом – 614МПа при предельной прочности конструкционных материалов до 800МПа.

Другим важнейшим обстоятельством эффективного применения имплантатов является их способность к остеоинтеграции. В данном исследовании способность к остеоинтеграции и биоинертность керамических имплантатов изучена как в организме животных (кроликов), так и клеточной культуре фибробластов. Несколько серий установки образцов диоксидциркониевых имплантатов, распиленных на пластины диаметром 4 мм, в угол нижней челюсти животных позволили проанализировать в электронном сканирующем микроскопе с микроанализатором химических элементов зону контакта имплантатов с костной тканью в сроки 4 и 12 месяцев. Необходимо заметить, что анализ проводился в специализированной лаборатории Казанского Федерального Университета, а сравнение с титановым имплантатом проводилось по данным работы Повстанко Ю. А., проведенному по этому же алгоритму. Также по аналогии с исследованием Повстанко Ю.А. относительно реакции мезенхимальных стволовых клеток на текстурированный титан в данном исследовании изучена реакция клеток на цельный керамический имплантат [141,142,163,232,255,282]. Критериями оценки влияния диоксида циркония на клеточную культуру были цитотоксичность и ростовая активность клеток МСК. Использовался МТТ-колориметрический тест оценки оптической плотности клеточной культуры, а также автоматизированный счетчик клеток (пипетка Scepter Millipore, Merck)

В эксперименте по остеоинтеграции керамических имплантатов выявлена более быстрая динамика созревания костной ткани в контакте с имплантатом. Уже через 4 недели трудноразличима щель между установленным имплантатом и сформированным костным ложем, хотя микроэлементный анализ контактной зоны показывает значительно больше углерода и кислорода (что характерно для соединительной ткани) в сравнении с кальцием и фосфором: количество перечисленных элементов составляло соответственно 62,95 Вес.%, 15,76 Вес.%, 12,27 Вес.%, 3,2 Вес.%. Через 12

месяцев соотношение указанных микроэлементов свидетельствовало о зрелости костной ткани, не отличающейся по составу от зон, отдаленных от места имплантации (углерод, кислород, кальций, фосфор соответственно 19,68 Вес.%, 4,41 Вес%, 53,35 Вес%, 16,69 Вес.%). В исследовании Повстанко Ю. А. созревание костной ткани происходило медленнее вокруг титановых имплантатов.

В клеточной культуре МСК ростовая активность клеток в присутствии керамических имплантатов из диоксида циркония, стабилизированного иттрием, свидетельствовала об определенном стимулировании клеток, поскольку через 96 часов инкубирования клеточной культуры с имплантатами коэффициент оптической плотности раствора при МТТ-оценке был 1.18, а в контроле 1.069. По данным автоматизированного счетчика слоя клеток на дне экспериментальных лунок их концентрация в присутствии диоксида циркония была больше (соотношение концентрации клеток при наличии и отсутствии имплантатов было 112,3%, т.е. соответственно  $1.46 \times 10^5$  и  $1.30 \times 10^5$ ). В идентичном исследовании Повстанко Ю. А. текстурированный титан стимулировал рост клеточной культуры в меньшей степени (на 9%).

Полученные экспериментальные данные позволили с большей уверенностью применить имплантаты из диоксида циркония ISX в клинике. Установка 21 неразборных имплантатов проводилась в соответствии с общеизвестным протоколом установки внутрикостных винтовых имплантатов и немедленной нагрузки имплантатов временными, а через 3 месяца постоянными керамическими коронками. В течении срока контроля 2 года оценивалось состояние периимплантатных костных и мягких тканей с использованием ежегодного рентгенконтроля и пародонтальных индексов ИГР-У, ИГим, ИГ, Индекс Мюллемана. Кроме того, за период 16 недель пятикратно проводилось измерение устойчивости имплантатов с помощью периотестометрии. В ранние сроки после установки имплантатов отторглись два имплантата у одного пациента (9,5 имплантатов у 6,3 пациентов). Другие имплантаты остеоинтегрировались и на фоне стабильной гигиены рта не

имели воспаления в десне по данным осмотра и пародонтальным индексам (мукозит был выявлен через год нагрузки только у одного имплантата с последующим успешным лечением). Данные перiotестометрии показали динамику показателей стабильности, характерную для немедленной нагрузки имплантатов, а именно рост стабильности от  $-4,4$  единиц в среднем до  $5,8$  единиц через 16 недель с периодом падения стабильности до  $-3,9$  единиц в интервале 2 – 8 недель. При сравнении полученных результатов с данными других публикаций по эффективности имплантации можно констатировать, что для условий немедленной нагрузки имплантатов эффективность керамических имплантатов сопоставима с титановыми, что позволяет рекомендовать шире применять керамические имплантаты на практике.

## ВЫВОДЫ

1. По результатам опроса врачей-стоматологов основными причинами редкого применения керамических имплантатов являются сомнения в прочности керамики (86,2%) (в т.ч. соединения имплантата с абатментом), ограниченность показаний к неразборным имплантатам (89,7%); в то же время нередко отмечаются характерные недостатки титановых имплантатов в виде просвечивания и их оголения при рецессии десны (69,0%) недостаточная эстетика цвета края коронок на имплантатах (46,6%) и быстрое отложение налета (39,7%).

2. Керамические имплантаты из диоксида циркония, стабилизированного иттрием, по результатам стендовых испытаний обладают высокой прочностью, не разрушаясь при многократной динамической нагрузке: предельная разрушающая нагрузка керамического имплантата  $803,20 \pm 7,12$  МПа, титанового –  $864,61 \pm 0,17$  МПа.

3. Функциональная нагрузка керамических имплантатов не вызывает предельных напряжений в имплантате, окружающей костной ткани и покрывающей коронке; в сравнении с титановым имплантатом происходит незначительное уменьшение напряжений в кортикальной костной ткани при вертикальной нагрузке и увеличение на 26,0% в керамической коронке при моделировании наклонной нагрузки.

4. Максимальные напряжения в керамическом и титановом имплантатах, покрывающих коронках и окружающих костных тканях локализуются в зоне контакта внутрикостной и внутриротовой частей конструкций; при этом концентрация напряжений в кортикальной костной ткани на витках винтовой поверхности керамических имплантатов на 19,6% меньше в сравнении с титановым имплантатом.

5. Остеоинтеграция керамических имплантатов в экспериментальных условиях на протяжении трех месяцев характеризуется быстрой динамикой по данным микроскопии и элементного анализа окружающей имплантат костной ткани.

6. Ростковая активность культуры мезенхимальных стволовых клеток в присутствии керамических имплантатов не снижается в сравнении с контролем.

7. Применение керамических имплантатов в адекватных клинических условиях сопровождается их остеоинтеграцией с динамикой показателей периметрии за 16 недель от -3,6 до -5,8 с последующим отсутствием осложнений в состоянии перимплантатных тканей.

## **ПРАКТИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ**

1. На основании результатов экспериментально-клинического исследования рекомендуется расширение применения керамических имплантатов из диоксида циркония, стабилизированного иттрием.

2. Необходимо повышение информированности студентов и врачей-стоматологов о характеристиках и клинической эффективности современных керамических имплантатов.

3. Целесообразно расширение научных исследований по прочности, конструкционным особенностям и возможностям клинического применения разборных керамических имплантатов.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Абрамов Д.В., Дергунов А.В. Системная морфо-функциональная оценка реактивности организма на имплантацию различных дентальных материалов // «Институт стоматологии».– 2009.- № 3 (44).– С.71- 73
2. Абрамов Д.В. Патофизиологическое обоснование оптимального использования современных стоматологических материалов (пластмасс и металлов) в практике дентальной имплантации // Автореф. дисс... канд. мед. наук.– Санкт-Петербург.– 2010.– 20с.
3. Аваков Г.С. Сравнительное исследование различных CAD/CAM-систем для изготовления каркасов несъемных зубных протезов // Автореф. дисс... канд. мед. наук.– Москва.– 2012.– 19с.
4. Адамчик А.А., Бронштейн Д.А., Лернер А.Я., Узунян Н.А., Никончук Е.Е., Повстанко Ю.А., Шумаков Ф.Г. Развитие классических принципов имплантологии // Российский стоматологический журнал.– 2015.– №5.– С.39-40
5. Азарин Г.С. Оптимизация исходов непосредственного имплантационного зубного протезирования протяженными замещающими конструкциями в ближайшие и отдаленные сроки // Автореф... дисс. канд. мед. наук.– Великий Новгород.– 2017.– 18с.
6. Антоник М.М., Муравьева Н.С., Мурашов М.А., Лебеденко И.Ю. Эффективность временных CEREC-реставраций, изготовленных по индивидуальным параметрам ВНЧС // Cathedra.– 2010.– №32.– С. 60-63.
7. Анциферов В.Н., Порозова С.Е., Матыгуллина Е.В., Хафизова Р.М. Модифицирование поверхности высокопористых керамических материалов // Огнеупоры и техническая керамика. 2004. № 8. С. 2-4.
8. Арутюнов С.Д., Лебеденко И.Ю., Кицул И.С., Терентьев А.В., Грачев Д.И. Опыт разработки критериев качества ортопедического лечения пациентов с использованием дентальных имплантатов при отсутствии зубов // Российский вестник дентальной имплантологии.– 2010.– №1(21).– С.107-112.

9. Архипов А.В. Проблема интеграции материалов при дентальной имплантации, новые хирургические подходы в сложных клинических условиях (Экспериментально-клиническое исследование) // Автореф. дисс... докт. мед. наук.– Москва.– 2013.– 38с.
10. Афанасьев В.В. и др. Хирургическая стоматология. Учебник // Москва.– ГЭОТАР-Медиа.– 2015.– 792с. / под общ. ред. В.В. Афанасьева
11. Балмс К. Цельноциркониевая реставрация Prettau Zirkonzahn с опорой на имплантаты // Дентальная имплантология и хирургия.– 2013.– №4.– С.51
12. Бегларян В.В. Клинико экспериментальное обоснование использования дентальных имплантатов со сквозной пористостью // Автореф. дисс... канд. мед. наук.– Самара.– 2011.– 25с.
13. Белякова А.С. Оптимизация дентальной имплантации у мужчин с остеопорозом // Автореф. дисс... канд. мед. наук.– Москва.– 2015.– 24с.
14. Бенерджи П., Баттерфилд Р. Метод граничных элементов в прикладных науках.– М.: Изд. МИР, 1984.– 494с.
15. Берсанов Р.У., Миргазизов М.З., Ремизова А.А., Бронштейн Д.А., Тихонов А.И., Шумаков Ф.Г., Юффа Е.П. Функциональная эффективность современных методов ортопедической реабилитации больных с частичной и полной адентией // Российский вестник дентальной имплантологии.– 2015.– №2.– С.39-42
16. Берсанов Р.У. Функциональная и экономическая эффективность современных методов ортопедической реабилитации больных с частичной и полной адентией // Автореф. дисс... докт.мед.наук.– Москва.– 2016.– 48с.
17. Бехле С. Реставрации из прессованной керамики и спектр их показаний // PROLAB IQ.- 2016.– №19.– С.32-40
18. Брагин Е.А. Скрыль А.В., Мрикаева М.Р. Напряженно-деформированное состояние корней зубов, восстановленными различными штифтовыми конструкциями // Кубанский научный медицинский вестник.– №1.– 2013.– С.35-37.

19. Бронштейн Д.А., Берсанов Р.У., Узунян Н.А., Шумаков Ф.Г. Особенности клинической эффективности протезирования на имплантатах в зависимости от технологии изготовления и материала протезов // Материалы III Междисциплинарного конгресса с международным участием «Голова и шея».– Москва.– 2015.– С.60

20. Бронштейн Д.А., Шумаков Ф.Г., Юффа Е.П., Берсанов Р.У., Бекижева Л.Р. Математическое моделирование как метод прогнозирования результатов ортопедической реабилитации на дентальных имплантатах // Материалы VII Международной конференции «Современные аспекты реабилитации в медицине».– Армения.– 2015.– С.70-72

21. Бронштейн Д.А., Новоземцева Т.Н., Ремизова А.А., Заславский С.А., Гришкова Н.О., Жаров А.В. Отдаленные сравнительные результаты клинической эффективности металлокерамических и керамических мостовидных протезов на каркасах из диоксида циркония // Стоматология для всех.– №2.– 2016.– С.6-8

22. Бронштейн Д.А., Олесова В.Н., Юффа Е.П., Узунян Н.А., Адамчик А.А., Шумаков Ф.Г. Биомеханическое поведение имплантата и зуба на уровне окружающей кортикальной кости. Математическое моделирование // Материалы VI Международной Научно-Практической Конференции по реконструктивной челюстно-лицевой хирургии «Предпротезная восстановительная хирургия и имплантологическая реабилитация средней зоны лица».– Красногорск.– 2016.– С.24-25

23. Бронштейн Д.А., Лернер А.Я., Повстянко Ю.А., Узунян Н.А., Шумаков Ф.Г. Современные тенденции в дентальной имплантологии // Сборник научных трудов 23-й Международной научно-практической конференции «Современная медико-техническая наука. Достижения и проблемы».– Москва.– 2016.– С.89-91

24. Бронштейн Д.А., Повстянко Ю.А., Узунян Н.А., Шумаков Ф.Г., Шматов К.В. Анализ отдаленных клинических результатов дентальной имплантации по частоте воспалительных осложнений // Российская

стоматология: Материалы 14-й Всероссийского стоматологического форума «ДЕНТАЛ-РЕВЮ 2017».— №1.— С.7-9

25. Бронштейн Д.А. Несъемное протезирование при полном отсутствии зубов с использованием внутрикостных имплантатов в фронтальном отделе челюстей (клинические, биомеханические и экономические аспекты) // Автореф. дисс... докт. мед. наук.— Москва.— 2018.— 48с.

26. Вартанов Т.О. Основные этапы внедрения технологии безметалловых конструкций в практику ортопедической стоматологии. // Сибирский медицинский журнал.— 2012.— №4.— С.102-104.

27. Вартанов Т.О. Клинико-организационные аспекты использования цельнокерамических конструкций зубных протезов в практике ортопедической стоматологии // Автореф. дисс...канд. мед. наук.— Москва.— 2013.— 24с.

28. Вафин С.М., Хван В.И. Керамика на основе диоксида циркония. Достижения и перспективы // «Стоматолог практик».— 2011.— № 1.— С.26-27

29. Вахтель Д. Традиционная технология фрезерования – что главное? // Зубной техник.— 2014.— №6.— №64-68.

30. Винников Л.И., Савранский Ф.З., Симахов Р.В. Сравнительная оценка поверхностей имплантатов, обработанных технологиями SLA, RBM и Clean & Porous™ // Дентальная имплантология и хирургия.— 2016.— №1(22).— С.52-57

31. Гветадзе Р.Ш., Кречина Е.К., Широков Ю.Ю., Солодкий В.Г., Солодка Д.В., Широков Ю.Е. Немедленная нагрузка при ортопедическом лечении с применением дентальных имплантатов // Клиническая стоматология. — 2015. — № 4. — С. 50—54.

32. Гветадзе Р.Ш., Дьяконенко Е.Е., Лебеденко И.Ю. Исследования старения, усталости и деградации с целью повышения надежности стоматологической цирконово-керамической керамики. Обзор статей в мировых журналах // Стоматология.— 2016.— №6.— С.51-60

33. Говорун Н.В., Shterenberg A. Клиническая оценка немедленной имплантации по сравнению с имплантацией в восстановленную костную ткань лунки удаленного корня зуба в различных ситуациях // Дентальная имплантология и хирургия.– 2016.– №1.– С.16-23

34. Гончаров А. В., Гончарова О. П., Батрак И. К., Исакова Т. Г. Результаты испытаний прочности адгезии стандартных пластин из диоксида циркония и образцов различных марок композитных материалов // Российская стоматология 2016.– №1.– 20-21

35. Гришкова Н.О. Экспериментально-клиническое и экономическое сравнение технологий изготовления искусственных зубных коронок // Автореф. дисс... канд. мед. наук.– 2017.– 24с.

36. Дагер М., Мокбел Н., Джаббур Г. Резонансно-частотный анализ, момент вращения при установке имплантата и контакт кости с имплантатом для 4 поверхностей имплантатов: сравнительное и корреляционное исследование на овцах // Дентальная имплантология и хирургия.– 2015.– №1 (18).– С.24-33

37. Даутов Х.Р. Профилактика и лечение инфекционно-воспалительных осложнений после дентальной имплантации // Автореф. дисс... канд. мед. наук.– Москва.– 2014.– 22с.

38. Демкин В.Н., Степанов В.А., Шадрин М.В. Системы быстрого прототипирования с лазерным сканированием // Научно-технические ведомости СПбГПУ. Физико-математические науки.– 2013.– №3(177).– С.136-143

39. Дергунов А.В., Абрамов Д.В. Анализ механизмов отдаленной системной реактивности на имплантацию дентальных материалов в эксперименте // Межакадемический информационный бюллетень. СПб.– 2008.– № 42.– С. 9-10.

40. Джеймс Х. Протоколы нагрузки в имплантологии и их особенности при реставрации одного или нескольких зубов // Дентальная имплантология и хирургия.– 2018.– №1.– С.11-15

41. Джордано Р.А. Цельнокерамические материалы CAD/CAM в сравнении. Клинические исследования // Зубной техник.– 2013.– №2.– С.74-77.
42. Дзуев Б.Ю. Сравнительное исследование клинико-экономической эффективности внутриротовых и лабораторных реставраций зубов // Автореф. дисс... канд. мед. наук. – Москва. – 2010. – 19с.
43. Долгих И.М. Клинико-экспериментальное обоснование конструирования цельнокерамических накладок и их окклюзионных взаимоотношений при полном разрушении жевательной поверхности зубов // Автореф. дисс...канд. мед. наук.– Красноярск.– 2006.– 26с.
44. Доменюк Д.А. Профилактика побочного действия металлокерамических зубных протезов // Автореф. дисс... канд. мед. наук.– Москва.– 2006.– 26с.
45. Дуддек Д.У. Количественный и качественный анализ поверхностей с помощью SEM и EDX // Дентальная имплантология и хирургия.– 2016 №2.– С.48-51)
46. Дьяконенко Е.Е., Лебеденко И.Ю. Обзор публикаций в журнале «Journal of Dental Materials» по мировым тенденциям в изучении стоматологических керамических материалов // Стоматология.– 2016.– №5.– С.61-68.
47. Дьяконенко Е.Е., Лебеденко И.Ю. Сравнительная оценка монолитных и облицованных зубных протезов на основе диоксида циркония // Зубной техник.– 2016.– №6.– С.38-43
48. Егоров Е.В. Оптимизация окклюзионных контактов металлокерамических паротезов с опорой на имплантатх у пациентов с бруксизмом // Автореф. дисс... канд. мед. наук.– Москва.– 2015.– 24с.
49. Жаров А.В. Клинико-функциональное и биомеханическое обоснование восстановления керамическими вкладками боковых зубов при множественном кариесе // Автореф. дисс... канд. мед. наук.– Москва.– 2018.– 24с.

50. Жолудев Д.С., Ларионов Л.П., Григорьев С.С. Доклиническая оценка токсичности, безопасности в применении и исследование свойств керамики на основе оксида алюминия // Современные проблемы науки и образования.– 2014.– № 6.– URL: <http://www.science-education.ru/120-16156>.

51. Жолудев Д.С. Клинико-экспериментальное обоснование применения наноструктурированного керамического материала на основе оксида алюминия для несъемных зубных протезов // Автореф. дисс... канд. мед. наук.– Екатеринбург.– 2015.– 22с.

52. Журули Г.Н. Биомеханические факторы эффективности внутрикостных стоматологических имплантатов (экспериментально-клиническое исследование) // Автореф. дисс... докт. мед. наук.– Москва.– 2010.– 43с.

53. Жусев А.И. Несекретные материалы. Иллюстрированное пособие по дентальной имплантологии // Москва.– 2012.–144с.

54. Загорский В.А., Робустова Т.Г. Протезирование зубов на имплантатах. 2-е издание, дополненное // Москва, Бином.– 2016.– 367с.

55. Золотницкий И.В. Состояние зубочелюстной системы. профилактика основных стоматологических заболеваний, особенности стоматологического ортопедического лечения музыкантов-профессионалов, играющих на духовых инструментах // Автореф. дисс... докт. мед. наук.– Москва.– 2014.– 47с.

56. Зязиков М.Д. Разработка и экспериментально-клиническое обоснование применения индивидуальных фрезерованных трансдентальных имплантатов // Автореф. дисс... канд. мед. наук.– Москва.– 2016.– 25с.

57. Иванов С.Ю., Петров И.Ю. Основы дентальной имплантологии. Учебное пособие // Москва: ГОЭТАР-Медиа.– 2017.– 152с.

58. Ивашов А.С., Мандра Ю.В., Зайцев Д.В. Моделирование деформационного поведения зубов человека после реставрации // Проблемы стоматологии. - 2016. - №2. - С. 19-23.

59. Ивашов А.С., Мандра Ю.В., Зайцев Д.В., Панфилов П.Е. Деформационное поведение гибридных композиционно-керамических CAD/CAM материалов в сравнении с поведением дентина и эмали человека при сжатии и растяжении // Проблемы стоматологии.– 2016.– №3.– С.87-92
60. Имплантология в стране противоречий. Спонтанное немедленное протезирование. SKY fast & fixed в Индии // Дентальная имплантология и хирургия.– 2015.– №1.– С.86
61. Искендеров Р.М. Применение CAD/CAM технологий в зуботехнической лаборатории. // Российский стоматологический журнал.– 2016.– №20 (1).– С.52-56.
62. Казиева И.Э., Перикова М.Г., Сирак С.В., Мартиросян А.К. Возможности атомно-силовой микроскопии при оценке поверхности винтовых дентальных имплантатов // Современные проблемы науки и образования. – 2013. – № 2. – URL: <http://www.science-education.ru/108-8687>.
63. Каирбеков Р.Д. Экспериментально-клиническое сравнение винтовой и цементной фиксации искусственных коронок на дентальных имплантатах в разных условиях протезирования // Автореф. дисс... канд. мед. наук.– Москва.– 2013.– 24с.
64. Каламкаров А.Э. Экспериментально-клиническое обоснование применения дентальных внутрикостных имплантатов при ортопедическом лечении пациентов с полным отсутствием зубов // Автореф. дисс... докт. мед. наук.– Тверь.– 2016.– 45с.
65. Калачева Я.А. Планирование эстетического результата ортопедического лечения несъемными конструкциями с использованием цифровых технологий // Автореф. дисс... канд. мед. наук.– Москва.– 2016.– 26с.
66. Каливрадзиян Э.С., Брагин Е.А., Абакаров С.И., Жолудев С.Е. Стоматологическое материаловедение. Учебник // Москва.– МИА.– 2014.– 320с.

67. Кано П., Баратьери Л.Н., Гондо Р. Керамические реставрации: новые взгляды и концепции эстетической реабилитации // PROLAB IQ.– 2010.– №12.– С.74-87

68. Карапетян В.Е., Нойгебауер Й., Золлер Й. Одноэтапная имплантация на аугментированной кости верхней и нижней челюсти с немедленной функциональной нагрузкой // Российский вестник дентальной имплантологии.– 2014.– №2.– С.32-35

69. Карбах Дж., Аль-Навас Б. Сравнение соединений имплантат-абатмент // Российский вестник дентальной имплантологии.– 2014.– №2.– С.87-90

70. Ким Й. Характеристики имплантатов TSIII SA и клинические показания к их применению // Дентальная имплантация и хирургия.– 2015.– №4.– С.10-13

71. Кириллов С.К., Савашинская Н.С., Шашмурина В.Р., Пракопчик Д.С. Электрогальваническая стабильность системы «дентальный имплантат – протез // Материалы 25 и 26 Всероссийских научно-практических конференций.– Москва.– 2011.– С. 259-261.

72. Кисельникова Л.П., Ковальчук М.А., Плюхина Т.П., Мастерова И.В., Лебеденко И.Ю. Клиническая и лабораторная оценка эффективности применения прямых композитных реставраций и керамических вкладок, изготовленных на аппарате CEREC 3, у детей // Российский стоматологический журнал.– 2013.– №4. – С. 27-32.

73. «Клинические рекомендации (протоколы лечения) при диагнозе частичное отсутствие зубов (частичная вторичная адентия, потеря зубов вследствие несчастного случая, удаления или локализованного пародонтита)» // СТАР, Москва.– 2014.– 116с.

74. Ковальчук М.А., Плюхина Т.П., Мастерова И.В., Мороков Е.С. Экспериментальная оценка качества поверхности композитных и керамических образцов при различных методах окончательной обработки //

Материалы II Российского Регионального конгресса Международной ассоциации детской стоматологии.– 2014.– С. 210-213.

75. Ковальчук М.А. Восстановление первых постоянных моляров у детей при помощи керамических вкладок, изготовленных на аппарате Cerec 3 // Автореф. дисс... канд. мед. наук.– Москва.– 2015.– 24с.

76. Коледа П.А., Жолудев С.Е., Кондоба И.Н. Применение цельнокерамических реставраций для восстановления депульпированных зубов // Проблемы стоматологии.– 2007.– № 3.– С. 15-21.

77. Король Д. М., Николов В. В., Олимпко Е. Л. [и др.] Определение интенсивности окклюзионного давления у пациентов на ортопедическом приеме // Современная медицина: актуальные вопросы: сб. ст. по матер. XLVI-XLVII междунар. науч.-практ. конф. Новосибирск: СибАК.– 2015.– № 8-9(42)

78. Костин И.О., Каламкаров А.Э. Исследование параметров микроциркуляции протезного поля при ортопедическом лечении пациентов с полной потерей зубов с использованием дентальных внутрикостных имплантатов // Российский стоматологический журнал.–2016.– №1.– С. 25-27.

79. Костюкова В.В., Ряховский А. Н., Уханов М.М. Сравнительный обзор внутриротовых трехмерных цифровых сканеров для ортопедической стоматологии // Стоматология.– 2014.– №(1).– С53-59.

80. Краткий обзор доклада об исследовании поверхностей 62 моделей имплантатов различных производителей. Под редакцией д.м.н., профессора А.И. Ушакова // Проблемы стоматологии.– 2014.– №5.– С.4-10

81. Кузнецов А.В., Атаян Д.В., Дулов Ф.В. Выживаемость конических поверхностно-пористых дентальных имплантатов после 10 лет функционирования // Российский вестник дентальной имплантологии.– 2016.– №1.– С.67-70

82. Кузнецов Д.Л. Клинико-лабораторное обоснование применения виниров непрямого изготовления из композита и прессованной керамики // Автореф. дисс... канд. мед. наук.– Тверь.– 2015.– 22с.

83. Ластер З., Араиде Ш., Гоншор, А. Varuch D. Зубной имплантат Saturn с немедленной нагрузкой после удаления зуба: один год экспериментальных исследований на примере 140 устанавливаемых в последовательном порядке имплантатов // Дентальная имплантология и хирургия.– 2015.– №2.– С.59-61

84. Латышев А.В. Обоснование применения дентальных имплантатов в системе реабилитации пациентов с полным отсутствием зубов на верхней челюсти: Автореф. дис. ... докт. мед. наук.– Смоленск, 2014. - 23 с.

85. Лебеденко И.Ю., Кисельникова Л.П., Ковальчук М.А., Плюхина Т.П., Мастерова И.В. Сравнительное клиническое исследование состояния прямых композитных реставраций и керамических вкладок, изготовленных на аппарате CEREC 3 у детей // Российская стоматология.– 2013.– №4.– Том 6.– С. 65-70.

86. Лебеденко И.Ю., Назарян Р.Г., Романкова Н.В., Максимов Г.В., Вураки Н.К. Сопоставительный анализ современных методов изготовления мостовидных зубных протезов на основе диоксида циркония // Российский стоматологический журнал, 2015.– Т.19, №2.– С. 6-9.

87. Лебеденко И.Ю., Арутюнов С.Д., Ряховский А.Н. с соавт. Ортопедическая стоматология. Национальное руководство // Москва.– ГЭОТАР-Медиа.– 2016.– 824с.

88. Лепилин А.В., Смирнов Д.А., Мостовая О.С. и др. Дентальная имплантология: Учебное пособие // – Саратов: Изд-во Саратовского государственного медицинского университета.– 2011.– 199с.

89. Лернер Г., Лоренц Д., Садер Р.А., Ганаати Ш. Восстановление и стабильность периимплантатных костных тканей и слизистой после одномоментной имплантации // Дентальная имплантология и хирургия.– 2017.– №1.– 36-43

90. Ли Ф. Индивидуальные абатменты: еще один шаг к успешной имплантации // Дентальная имплантация и хирургия.– 2018.– №1.– С.52-54

91. Лосев Ф.Ф., Бондаренко Н.А., Кирсанов А.В. Одномоментная с удалением зуба имплантация, уменьшение рисков атрофии альвеолярной кости и слизистой оболочки // Российский вестник дентальной имплантологии.– 2010.– №1.– С.31-35

92. Макеева И.И., Туркина А.Ю., Загорский В.В. Биомеханика соединения твердых тканей зуба с пломбировочными материалами // Институт стоматологии.– 2014.– №.– С. 114-116.

93. Малый А.Ю., Ирошникова Е.С., Шиханов А.В., Харитонов С.В. Анализ результатов работы городской комиссии по экспертизе качества ортопедического лечения и изготовления зубных протезов г. Москвы за 15 лет // Dental Forum – 2015. – № 2. – С. 30–34.

94. Массарский И.Г., Массарская Н.Г., Аболмасов Н.Н., Аболмасова Е.В. Математическое моделирование и конечно-элементный анализ напряженно-деформированного состояния системы «зуб – штифтовая культевая вкладка – цельнолитая коронка» // Институт стоматологии.– 2014.– №2 (63).– С. 95-97.

95. Мельник А.С., Горяинова К.Э., Лебедеко И.Ю. Обзор современных Chairside CAD/CAM материалов // Цифровая стоматология.– 2015.–№1.– С.30-35

96. Методика №1 статических испытаний на растяжение (сжатие) образцов и элементов конструкций на базе программного комплекса DIONPro (Швейцария) // ЦИТОпроект.– Москва.– 2012.– 11с.

97. Методика №2 динамических испытаний на растяжение (сжатие) образцов и элементов конструкций на базе программного комплекса DIONPro (Швейцария) // ЦИТОпроект.– Москва.– 2012.– 11с.

98. МиргазизовМ.З., Хафизов Р.Г., Миргазизов Р.М., Колобов Ю.Р., Цыплаков Д.Э., Миргазизов А.М., Хафизова Ф.А. Экспериментальное обоснование стоматологических имплантатов малого диаметра с внутренним соединительным узлом для двухфазной имплантации // Стоматология.– 2013.– Т.92.№3.– С.4-8.

99. Миргазизов М.З., Хафизов Р.Г., Миргазизов Р.М., Миргазизов А.М., Хафизова Ф.А., Цыплаков Д.Э., Азизова Д.А., Фролова А.И. Новый подход в микроскопических и гистологических исследованиях интерфейса «имплантат-кость» // Материалы и имплантаты с памятью формы в медицине.– 2014.– С. 213-217.

100. Миронович И.В. Клинический пример применения системы одноэтапных дентальных имплантатов ТМ Ihde Dental, с немедленной нагрузкой // Дентальная имплантология и хирургия.– 2014.– №1.– С.36-39

101. Михайлова М.В. Влияние сплавов титана на состояние полости рта у пациентов с различными ортопедическими конструкциями // Автореф. дисс... канд. мед. наук.– Москва.– 2018.– 19с.

102. Михеева А.А. Особенности клинической реставрации зубных протезов после сколов керамического покрытия // Автореф. дисс... канд. мед. наук.– Москва.– 2015.– 27с.

103. Мостовая О.С. Использование дентальных имплантатов с модифицированным биокomпозиционным антимикробным покрытием (экспериментально-клинические исследования) // Автореф. дисс... канд. мед. наук.– Саратов.– 2012.– 24с.

104. Мурашов М.А. Применение системы «CEREC-3D» для протезирования коронок передних зубов верхней челюсти после травмы // Автореф. дисс... канд. мед. наук.– Москва.– 2009.– 25с.

105. Мустафаева Ф.М. Комплексная профилактика и прогнозирование развития осложнений дентальной имплантации // Автореф. дисс... канд. мед. наук.– Нальчик.– 2016.– 33с.

106. Мушеев И.У. Применение сплавов титана в клинике ортопедической стоматологии и имплантологии (экспериментально-клиническое исследование) // Дисс... докт. мед. наук.– Москва.– 2008.– 216с.

107. Назарян Р.Г. Сравнительная оценка эффективности ортопедического лечения мостовидными протезами из монолитного или

облицованного диоксида циркония // Автореф. дисс... канд. мед. наук.– Москва.– 2016.– 23с.

108. Нестеров А.А., Востриков И.Н., Батыров С.А. Классификация дентальных имплантатов // Дентальная имплантология и хирургия.– 2016.– №2.– С.104-113

109. Нестеров А.А., Саакян А.С., Павлов Д.Ю. Реализация протокола «Все-на-4» в случае низкой первичной стабильности имплантатов и при возникновении осложнений (отторжении имплантатов) // Дентальная имплантология и хирургия.– 2018.– №2.– С.48-49

110. Никитин А.А., Полупан П.В., Сипкин А.М., Никитин Д.А. Отдаленные результаты применения одноэтапного хирургического протокола операции и одноэтапных дентальных имплантатов. // Медицинский алфавит. Стоматология.– 2016.– №29.– С. 46-52.

111. Никитин В.В. Профилактика и лечение периимплантита с использованием отечественного средства на основе бактериофагов «Фагодент» // Автореф. дисс... канд. мед. наук.– Москва.– 2017.– 24с.

112. Никольский В.Ю., Разумный В.А. Ранняя дентальная имплантация у пациентов с частичным и полным отсутствием зубов // Севастополь.– 2015.– 172с.

113. Но К., О Д., Ким Й.-Д. Клинические и рентгенологические наблюдения за состоянием имплантатов MS, установленных в область резцов нижней челюсти с немедленной функциональной нагрузкой: ретроспективное исследование // Дентальная имплантология и хирургия.– 2018.– №2.– С.12-13

114. Нуриева Н.С., Кипарисов Ю.С. Возможности немедленной нагрузки имплантатов C-TECH Implant при протезировании фронтального отдела // Дентальная имплантология и хирургия.– 2016.– №3.– С.84-87

115. Оганян А.И., Цаликова Н.А., Саламов М.Я., Гришкина М.Г. Применение штифтовых культевых конструкций из диоксида циркония для восстановления коронковых частей зубов в различных участках зубного ряда // Российская стоматология.– 2016.– №1.– С.24-25

116. Одноэтапные имплантаты серии «SOLO» в системе стоматологических имплантатов «NIKO» // Дентальная имплантология и хирургия.– 2014.– №1.– С.63-66

117. Олесов Е.Е., Лесняк А.В., Узунян Н.А., Диденко Л.В., Автандилов Г.А., Юффа Е.П., Адамчик А.А. Экспериментальное изучение биодegradации и микробной колонизации реставрационных стоматологических материалов // Российский стоматологический журнал.– 2015.– №4.– С. 4-6.

118. Олесов Е.Е., Заславский Р.С., Лернер А.Я., Шматов К.В., Степанов А.Ф., Шумаков Ф.Г., Иванов А.С., Мартынов Д.В. Сравнительное исследование современных дентальных имплантатов: экспериментально-клинические и технологические аспекты. Учебное пособие // ИПК ФМБА России 2018.– 24с.

119. Олесова В.Н., Арутюнов С.Д., Воложин А.И., Ибрагимов Т.И., Лебеденко И.Ю., Левин Г.Г., Лосев Ф.Ф., Мальгинов Н.Н., Чумаченко Е.Н., Янушевич О.О. Создание научных основ, разработка и внедрение в клиническую практику компьютерного моделирования лечебных технологий и прогнозов реабилитации больных с челюстно-лицевыми дефектами и стоматологическими заболеваниями // Москва–2010–144с.

120. Олесова В.Н. Эволюция классических принципов дентальной имплантологии // Маэстро стоматологии.– 2015.– №.2– С.56-58

121. Олесова В.Н., Кащенко П.В., Захаров П.А., Ахметова Л.М., Шумаков Ф.Г., Калинина А.Н. Классические принципы дентальной имплантологии и их эволюция // Материалы научно-практической конференции, посвященной 20-летию Клинического центра стоматологии ФМБА России «Совершенствование стоматологической помощи работникам предприятий с вредными и опасными условиями труда в свете клинических рекомендаций (протоколов лечения) Стоматологической ассоциации России».– Москва.– 2015.– С.59-64

122. Олесова В.Н., Филонов М.Р., Узунян Н.А., Мальгинов Н.Н., Мельников А.И. Коррозионные электрохимические свойства инновационного

стоматологического сплава титана с свойствами сверхупругости // Материалы VII Международной конференции «Современные аспекты реабилитации в медицине».— Армения.— 2015.— С.212-215

123. Олесова В.Н., Бронштейн Д.А., Шумаков Ф.Г., Тихонов А.И. Функциональные напряжения в периимплантатной костной ткани // Материалы IV Междисциплинарного конгресса с международным участием «Голова и Шея».— Москва.— 2016.— С.116-117

124. Олесова В.Н., Новоземцева Т.Н., Ремизова А.А., Гришкова Н.О., Жаров А.В. Отдаленные результаты замещения включенных дефектов зубных рядов керамическими протезами на каркасах из диоксида циркония // Медицинский алфавит.— 2016.— №3.— С.30-32

125. Олесова В.Н., Шумаков Ф.Г., Тихонов А.И., Каганова О.С., Узунян Н.А., Лесняк А.В. Биодegradация и микробная колонизация керамических и полимерных стоматологических материалов // Сборник тезисов докладов научно-практического семинара памяти Л.В. Диденко.— Москва.— 2016.— С.50-51

126. Олесова В.Н., Бобер С.А., Узунян Н.А., Тихонов А.И., Олесов Е.Е., Шумаков Ф.Г., Повстанко Ю.А. Биомеханические условия разрушения корня зуба, как повод к дентальной имплантации // Российский вестник дентальной имплантологии.— 2017.— №1.— С.4-6

127. Олесова В.Н., Бобер С.А., Олесов Е.Е., Юффа Е.П., Глазкова Е.В., Некрасова Е.А. Зависимость напряженно-деформированного состояния корня зуба от условий функционирования штифтовой конструкции // Российский стоматологический журнал.— 2017.— №3.— С. 124-125.

128. Ох Я.-Х. Незамедлительная нагрузка системы имплантации TS III HA, TS III SA // Дентальная имплантология и хирургия.— 2013.— №1.— С.30-35

129. Панцулая Р., Кахраманов С. Роль керамики в реставрационной стоматологии // Цифровая стоматология.— 2014.— №1.— С.94-96

130. Параскевич В.Л. Дентальная имплантация. 3-е издание // Москва.— 2011.— 400с.

131. Парунов В.А., Козлов О.В., Козлов В.А. Исследование физико-механических свойств нового сплава на основе палладия для несъемных зубных протезов «ПАЛЛАДЕНТ-УНИ» // Российский стоматологический журнал. - 2014. - № 2. – С. 9-11.

132. Паршин Ю.В., Азарин Г.С., Волковой О.А. Щадящий метод имплантационного протезирования беззубой нижней челюсти // Институт стоматологии. - 2017. - №1. - С.56-57.

133. Перегудов А.Б., Мурашов М.А., Якушин В.Л., Лебеденко И.Ю., Лебеденко А.И. Сравнение износостойкости керамических блоков для системы «CEREC», современных композитных реставрационных материалов и тканей зуба человека // Российский стоматологический журнал.– №3.– 2009.– С. 29-34.

134. Перельмутер М.Н. Применение метода граничных элементов при исследовании пространственного напряженного состояния составных конструкций. // Сборник «Проблемы прочности и динамики в авиадвигателестроении». Вып. 4. – Тр. ЦИАМ № 1237.– 1989.– С.74-99.

135. Перельмутер М.Н. Исследование пространственного напряженного состояния деталей ГТД методом граничных элементов // Научно-технический отчет ЦИАМ им.П. И. Баранова.– № 10665.– 1986.– С.1-235.

136. Перельмутер М.Н. Анализ напряженного состояния в концевой области трещины на границе раздела материалов методом граничных элементов // Вычислительная механика сплошных сред.– 2012.– Т. 5. № 4. С.415-426

137. Перикова М.Г. Клинико-лабораторное обоснование применения винтовых дентальных имплантатов с развитой топографией и биоактивными свойствами поверхности // Волгоград.– 2014.– 25с.

138. Петри А., Сэбин К.; Пер. с англ.; Под ред. В.П. Леонова Наглядная медицинская статистика. Учебное пособие // Москва: ГЭОТАР-Медиа.– 2015.– 216с.

139. Повстанко Ю.А., Самойлов А.С., Олесов Е.Е., Шумаков Ф.Г., Степанов А.Ф., Узунян Н.А. Динамика остеоинтеграции титана с разной обработкой поверхности. Учебное пособие. // ИППО ГНЦ ФМБЦ им. А.И. Бурназяна ФМБА России.– 2017.– 24с.

140. Повстанко Ю.А. Сравнительное исследование современных дентальных имплантатов: экспериментально-клинические и технологические аспекты // Автореф. дисс... канд. мед. наук.– Москва.– 2018.– 24с.

141. Подчерняева Р.Я., Суетина И.А., Лопатина О.А., Остроумов С. А. Оценка токсичности наночастиц окислов меди и железа на культуре клеток: анализ гистограмм, получаемых автоматическим счетчиком клеток SCEPTR. «Наноматериалы и нанотехнологии в живых системах. Безопасность и наномедицина» М.: РОСНАНО.– 2011: 91-92.

142. Подчерняева Р.Я., Суетина И.А., Михайлова Г.Р., Лопатина О.А., Бобринецкий И.И., Морозов Р.А., Селезнев А.С. Культивирование перевиваемых клеточных линий на подложках из углеродных нанотрубок и влияние электростимуляции на пролиферацию клеток. // Вопросы вирусологии.– 2012.– Т. 57 (5).– С. 46-48

143. Полупан П.В. Применение одноэтапных дентальных имплантатов в лечении больных с дефектами зубных рядов и атрофией альвеолярных отростков челюстей // Автореф. дисс... канд. мед. наук.– Москва.– 2017.– 25с.

144. Полховский Д.М. Экспериментально-клиническое обоснование применения цельнокерамических коронок, изготовленных методом компьютерного фрезерования // Дисс... канд. мед. наук.– Минск.– 2010.– 118с.

145. Полякова Т.В., Чумаченко Е.Н., Арутюнов С.Д., Особенности математического моделирования сегмента зубочелюстной системы по данным компьютерной томографии // Российский вестник дентальной имплантологии.– 2014.– №1.– С.7-13

146. Потапчук А., Шаркань И., Сичка М., Криванич В., Дароци Л., Сакалош И., Трикур И., Кикинеши В., Гегедуш Ч. Модификации поверхности

титановых имплантатов // Дентальная имплантология и хирургия.– 2015.– №2.– С.88-93.

147. Потапчук А.М., Русин В.В., Мельничук Д.М. Оптимизация результатов успешности имедиат-имплантации // Дентальная имплантология и хирургия.– 2015.– №4.– С.52-56

148. Разумная З.В., Цаликова Н.А., Атаева С.Д., Хуранов А.М. Экспериментальное исследование первой отечественной CAD/CAM системы OptikDent // DentalForum.– Материалы третьей всероссийской конференции «Современные аспекты профилактики стоматологических заболеваний».– 2011.– №5.– С. 101.

149. Разумная З.В. Совершенствование технологии изготовления зубных протезов с помощью CAD\CAM систем // Автореф. дисс... канд. мед. наук.– Москва.– 2012.– 23с.

150. Разумный В.А. Нормативные основы, экспертиза качества, эпидемиологические и клинические аспекты протезирования с опорой на имплантаты при полном отсутствии зубов // Автореф. дисс... докт. мед. наук.– Симферополь.– 2017.– 358с.

151. Ремизова А.А. Специализированная стоматологическая помощь больным метаболическим синдромом, ассоциированным с остеопатиями // Дисс... докт. мед. наук.– Москва.– 2016.– 201с.

152. Ретинская М.В., Горяинова К.Э., Русанов Ф.С., Лебедеко И.Ю. Научное обоснование выбора материала для CEREC коронок // Стоматология 2016.– №6.– С.110-111

153. Рогатнев В.П. Клинико-биомеханические параллели эффективности восстановления дефектов нижних зубов керамическими коронками // Автореф. дисс... докт. мед. наук.– Москва.– 2011.– 38с.

154. Розов Р.А. Клинический анализ отдаленных результатов протезирования керамическими и металлокерамическими ортопедическими конструкциями // Автореф. дисс... канд. мед. наук.– Санкт-Петербург.– 2009.– 18с.

155. Ронь Г.И., Чайка З.С. Сравнительная оценка полировочных систем используемых при фиксации керамических вкладок // Маэстро Стоматологии.– 2011.– №3(43).– С. 84-86.

156. Рудаков В.А. Влияние металлических и безметалловых каркасов искусственных коронок на состояние десны у опорных зубов и имплантатов // Автореф. дисс... канд. мед. наук.– Москва.– 2013.– 26с.

157. Ряховский А.Н., Карапетян А.А., Аваков Г.С.. Возможности различных CAD/CAM-систем по точности сканирования и изготовления каркасов несъемных зубных протезов // Клиническая стоматология.– 2010.– №3.– С. 12-17.

158. Ряховский А.Н., Карапетян А.А., Аваков Г.С.. Сравнительное исследование различных CAD/CAM-систем для изготовления каркасов несъемных зубных протезов // Стоматология.– 2011.– №2.– С. 57-61.

159. Самусенков В.О. Клинико-микробиологическое обоснование временного протезирования при непосредственной дентальной имплантации // Автореф. дисс... канд. мед. наук.– Москва.– 2012.– 24с.

160. Секондо Ф., Гроттоли К.Ф., Золлиноз И., Перале Г., Лауритано Д. Установка имплантата. Немедленная нагрузка после проведения открытого синус-лифтинга с использованием гибридного костного материала // Дентальная имплантология и хирургия.– 2018.– №2.– С.40-47

161. Сечко О.Ю., Ломакин М.В., Черничкин А.С. Экспериментальное исследование прочности эстетической супраструктуры из диоксида циркония, фиксированной к титановой основе (на примере стоматологических имплантатов «ЛИКО») // Российский вестник дентальной имплантологии.– 2007/2008.– №1/4.– С.8-12

162. Сирак С.В., Перикова М.Г. Микроскопическое изучение поверхности винтовых дентальных имплантатов для прогнозирования остеоинтеграции // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. – 2014. – №2. – С. 162–168.

163. Суетина И.А., Подчерняева Р.Я., Гущина Е.А., Лопатина О.А., Поклонов В.А., Остроумов С.А. Использование клеточных технологий для оценки токсичности наночастиц окислов металлов. Фармацевтические и медицинские биотехнологии, Материалы международной научно-практической конференции М.: Экспо-биохим-технологии, РХГУ им. Д.И.Менделеева. 2012:134-135.

164. Тихонов А.И. Клинико-биомеханический анализ эффективности керамических штифтовых вкладок при восстановлении разрушенной коронки зуба // Автореф. дисс... канд. мед. наук.– Москва.– 2017.– 24с.

165. Толи М., Руттен Л., Руттен П. Надежность и эстетика протезов на основе диоксида циркония // PROLAB IQ.– 2012.– №15.– С.70-80

166. Узунян Н.А., Олесов Е.Е., Повстянко Ю.А., Шумаков Ф.Г. Актуальные конструктивные особенности дентальных имплантатов // Сборник работ Научно-практической конференции «Инновационные методы преподавания по специальности Стоматология ортопедическая».– Электросталь.– 2016.– С.38-39

167. Узунян Н.А., Олесова В.Н., Мальгинов Н.Н., Лернер А.Я. Особенности контактного взаимодействия дентальных имплантатов из титановых сверхэластичных сплавов с металлокерамическими протезами // Материалы Международной научно-практической конференции «Приоритетные задачи современной медико-технической науки».– Москва.– 2017.– С.40-44

168. Ульянов Ю.А. Возможности применения лабораторной технологии безметалловой керамики для изготовления супраструктуры дентальных имплантатов. Санитарно-химические исследования // Российский вестник дентальной имплантологии.– 2007/2008.– №1/4.– С.102-106

169. Фангманн Р. Немедленная нагрузка на беззубой нижней челюсти // Российский вестник дентальной имплантологии.– 2014.– №1.– С.64-69

170. Хабиев К.Н. Одномоментная имплантация и немедленная нагрузка // Дентальная имплантология и хирургия.– 2012.– №2.– С.20-22

171. Хасанова Л.Р. Клинико-экспериментальное обоснование применения дентальных имплантатов из наноструктурного титана // Автореф. дисс... канд.мед. наук.– Екатеринбург. – 2010.– 24с.

172. Хафизов Р.Г., Миргазизов М.З., Хафизова Ф.А., Миргазизов Р.М., Хафизов И.Р., Хаирутдинова А.Р. Оценка качества изготовления соединительных узлов супраструктурных элементов при изготовлении зубных протезов на внутрикостных имплантатах // Российский вестник дентальной имплантологии.– 2014.– №1.– С.48-53

173. Хафизов И.Р., Миргазизов М.З., Каюмов А.Р., Ризванов А.А., Хаирутдинова А.Р. Оценка качества изготовления интерфейса имплантат-абатмент // Сборник статей Международной конференции «Биосовместимые материалы и новые технологии в стоматологии».– 2014.– С.140-144.

174. Хафизов Р.Г., Хафизова Ф.А., Житко А.К., Миргазизов М.З., Гюнтер В.Э. Клинико-лабораторные и экспериментально-морфологические аспекты применения остеointегрируемых нерезорбируемых сетчатых мембран из сплава с памятью формы // Маэстро стоматологии.– 2016.– № 2 (62).– С. 44-49.

175. Хафизова Ф.А., Миргазизов Р.М., Хафизов Р.Г., Миргазизов М.З., Никитин А.А., Азизова Д.А., Хаирутдинова А.Р. Результаты изучения остеointеграции дентальных имплантатов из наноструктурного титана // Сборник статей Международной конференции «Биосовместимые материалы и новые технологии в стоматологии».– 2014.– С.196-198.

176. Хоффманн Р., Райхерт А., Ноак Ф. Оксид циркония 2016: автоматический, цельнокерамический, эстетический // PROLAB IQ.– 2016.– №19.– С.145-162

177. Хуранов А.Ш., Цаликова Н.А., Гончарова О.П. Определение точности сканирования тестовых объектов с помощью внутриротовой 3D камеры Российской CAD/CAM системы «OPTIKDENT» // DentalForum.– 2012.– №5.– 133с.

178. Цаликова Н.А. Оптимизация лечения пациентов с применением CAD/CAM технологий в клинике ортопедической стоматологии // Автореф. дисс... докт. мед. наук.– Москва.– 2013.– 49с.

179. Цаликова Н.А. Влияние абразивной обработки на свойства каркасов из тетрагонального диоксида циркония // Цифровая стоматология.– 2014.– №1.– С.63-70.

180. Чайка З.С., Ронь Г.И., Шур В.Я., Долбилов М.А. Определение ширины зазора между керамической вкладкой и тканями зуба // Проблемы стоматологии.– 2011.– №1.– С.15-17.

181. Чой Х.-Я. с соавт. Применение имплантатов OSSTEM TSH. Обзор научно-исследовательских работ // Дентальная имплантология и хирургия.– 2013.– №4.– С.86-93

182. Шашмурина В.Р. Ошибки и осложнения лечения больных с применением дентальных имплантатов и полных съемных протезов // М: МЕДпресс-информ.– 2017.– 96с.

183. Широков Ю.Е., Широков Ю.Ю., Широков И.Ю. Необходимость измерения стабильности и остеоинтеграции дентальных имплантатов на нижней челюсти методом частотно-резонансного анализа при немедленной нагрузке несъемными зубными протезами // Российская стоматология.– 2016.– № 9(2).– С. 72-73.

184. Широков Ю.Ю. Функциональная диагностика при немедленной нагрузке с применением дентальных имплантатов // Новации в медицине и фармакологии: сборник научных трудов по итогам международной научно-практической конференции.– Рязань, 2017.– № 2. - С. 66.

185. Широков Ю.Ю. Влияние немедленной жевательной нагрузки на опорные ткани при ортопедическом лечении с применением дентальных имплантатов // Автореф. дисс... канд. мед. наук.– Москва.– 2018.– 24с.

186. Шубладзе Г.К. Поиск решения проблемы инфицирования имплантат-абатмент соединения с использованием системы имплантатов

Alpha Dent Implants // Дентальная имплантология и хирургия.– 2014.– №2.– С.54-57

187. Шумаков Ф.Г., Олесова В.Н., Захаров П.А., Печенихина В.С., Гришков М.С. Сравнительная биомеханика керамического и титанового внутрикостных дентальных имплантатов // Российский вестник дентальной имплантологии.– 2017.– №3-4.– С.4-7

188. Шумаков Ф.Г., Заславский Р.С., Печенихина В.С., Миргазизов М.З., Самойлов А.С. Перспективы керамических имплантатов с учетом биомеханических характеристик взаимодействия с костной тканью // Материалы научно-практической конференции «Стоматологическая помощь работникам организаций отдельных отраслей промышленности с особо опасными условиями труда».– Москва.– 2018.– С.144-147

189. Щербовских А.Е. Обоснование применения модифицированных дентальных имплантатов на основе нетканого титанового материала со сквозной пористостью (клинико-экспериментальное исследование) // Самара 2017.– 24с.

190. Эльканов А.А. Сравнительная характеристика прочности различных конструкционных материалов, используемых для изготовления зубных протезов //Автореф. дисс... канд. мед. наук.– Волгоград.– 2018.– 25с.

191. Янг Ч.-м. Немедленная установка имплантатов с ультра-гидрофильной поверхностью в мягкую кость с последующим немедленным протезированием. Клинический обзор // Дентальная имплантология и хирургия.– 2015.– №1.– С.44-46

192. Янушевич О.О., Козлова М.В., Мкртумян А.М., Белякова А.С., Козлова Л.С. Особенности дентальной имплантации у пациентов с остеопорозом // Лечение и профилактика.– 2014.– № 3(11).– С. 85-90.

193. Яременко А.И., Котенко М.В., Раздорский В.В., Снежко В.В. Сравнительный анализ эффективности методов немедленной имплантации (Часть 2) // Институт стоматологии. - 2013. - №58/1. - С. 36-37.

194. Aggarwal A., Arora V. CAD/CAM in dentistry // LAP LAMBERT Academic Publishing.– 2014.– С.108p.
195. Amer M.M., Rashad H.A., Abdallah S. Stress distribution of implant retained obturators using different types of attachments: A three dimensional finite element analysis // Tanta Dental Journal 12 (2015) S30-S40
196. Aoshima H. The Ceramic Works: Dental Laboratory Clinical Atlas // Quintessence Pub Co.– 2016.– 104p.
197. Babbush C.A., Hahn J.A., Krauser J.T. Dental Implants: The Art and Science // Saunders.– 2010.– P. 544.
198. Barton B., Peat J. Medical Statistics: A Guide to SPSS, Data Analysis and Critical Appraisal 2nd Edition // BMJ Books.– 2014.– 408p.
199. Bazzoli F.M., Mainetti T. Управляемая установка имплантатов с немедленной нагрузкой в области высокой эстетической значимости // Дентальная имплантология и хирургия.– 2012.– №2.– С. 10-15
200. Bergmann C., Stumpf A. Dental Ceramics: Microstructure, Properties and Degradation (Topics in Mining, Metallurgy and Materials Engineering) // Springer.– 2016.– 84p.
201. Beschnidt S.M. Реставрация с использованием техники «раннего» абатмента: оптимальное восстановление тканей // Дентальная имплантология и хирургия.– 2016.– №3.– С.8-13
202. Bindl A. Улучшенная светопроницаемость. Монолитная цельнокерамическая CAD/CAM-коронка с опорой на имплантат из эстетичной дисиликатлитиевой стеклокерамики // Дентальная имплантология и хирургия.– 2011.– №2.– С.36-39
203. Bland M. An Introduction to Medical Statistics Reprint Edition // Oup Oxford; Reprint edition.– 2015.– 448p.
204. Brüll, F.; van Winkelhoff, A.; Cune, M.S. Zirconia dental implants: A clinical, radiographic, and microbiologic evaluation up to 3 years // Int. J. Oral Maxillofac. Implants.– 2014.– №29.– P.914–920.

205. Brunette D.M., Tengvall P., Textor M., Thomsen P. Titanium in Medicine: Material Science, Surface Science, Engineering, Biological Responses and Medical Applications (Engineering Materials) // Springer.– 2013.– 1019p.
206. Byrne G. Fundamentals of Implant Dentistry // Wiley-Blackwell.– 2014.– P. 264.
207. Cannizzaro G.; Torchio, C.; Felice, P.; Leone, M.; Esposito, M. Immediate occlusal versus non-occlusal loading of single zirconia implants. A multicentre pragmatic randomized clinical trial. // Eur. J. Oral Implantol.– 2010.– №3.– P. 111–120.
208. Canullo L., Pace F., Coelho P., Sciubba E., Vozza I. The influence of platform switching on the biomechanical aspects of the implantabutment system. A three dimensional finite element study. // Med.Oral Patol.Oral Cir.Bucal.– 2011.– №16.– P.852-856.
209. Cardinalie M., Dinkelacker W. Немедленный имплантат с немедленной нагрузкой. Показательный случай // Дентальная имплантология и хирургия.– 2015.– №3.– С.24-31
210. Cionca, N.; Müller, N.; Mombelli, A. Two-piece-zirconia implants supporting all-ceramic crowns. A prospective clinical study // Clin. Oral Implants Res.– 2015.– №26.– P.413–418
211. Chaturvedi T.P. An overview of the corrosion aspect of dental implants (titanium and its alloys) // Indian J Dent Res.– 2009.– № 20(1).– P.91-99
212. Chaturvedi T.P. Allergy related to dental implant and its clinical significance // Clin. Cosmet. Investig. Dent.– 2013.– № 5.– P.57–61.
213. Choi B-H., Jeong S-M., Kim J., Engelke W. Flapless Implantology // Quintessence Pub Co.– 2010.– P. 344.
214. Coelho P.G., Sudack P., Suzuki M., Kurtz K.S., Romanos G.E., Silva N.R. In vitro evaluation of the implant abutment connection sealing capability of different implant systems. // J. Oral Rehabil.– 2008.– №35.– P.917- 924.
215. Cohen A. Digital technology and the future of dentistry // Zubnoy tekhnika.– 2014.– №5.– P.40-42

216. Cohen O., Gabay E., Machtei E.E. Оценка первичной стабильности одноэтапных имплантатов после обработки абатмента // *Perio IQ.*– 2013.– №24.– С.96-103
217. Cullum D.R., Deporter D. Minimally Invasive Dental Implant Surgery // Wiley-Blackwell.– 2015.– P. 464.
218. Degidi M., Nardi D., Piattelli A. Реабилитация при полной адентии верхней челюсти методом немедленного протезирования с опорой на имплантаты, установленные перпендикулярно и с наклоном // *Perio IQ.*– 2011.– №21.– С.53-64
219. Depprich, R.; Naujoks, C.; Ommerborn, M.; Schwarz, F.; Kübler, N.R.; Handschel, J. Current findings regarding zirconia implants. // *Clin. Implant Dent. Relat. Res.*– 2014.– №16.– P.124–137
220. Dohan Ehrenfest D.M., Del Corso M., Kang B.-S., Leclercq P., Mazor Z., Horowitz R.A., Russe P., Oh H.-K., Zou D.-R., Shibli J.A., Wang H.-L., Bernard J.-P., Sammartino G. Identification card and codification of the chemical and morphological characteristics of 62 dental implant surfaces // *POSEIDO Journal.*– 2014.– №2(1).– P.7-104
221. Dong X. Stress Distribution and Failure Mode of Dental Ceramic Structures Under Hertzian Indentation // Open Dissertation Press.– 2017.– 238p.
222. Egger S. Procera®-Allceram-System: Randspaltverhalten von CAD/CAM-Restaurationen in vitro (German Edition) // AV Akademikerverlag.– 2015.– 72p.
223. Elsworth A. Porcelain Inlay: A Treatise on Its Theory and Practice in Dentistry (Classic Reprint) // Peck Forgotten Books.– 2015.– 108p.
224. Evrard L., Waroquier D., Parent D. Allergies to dental metals. Titanium: a new allergen // *Rev Med Brux.*– 2010.– №31 (1).– P.44-52
225. Fang J.-Q. Handbook of Medical Statistics 1st Edition // World Scientific Publishing, 2018.– 836 p.

226. Ferenez J., Navarro J., Silva N.R.F.A. High-Strength Ceramics: A Collaboration of Science, Industry, Clinical, and Laboratory Expertise // Quintessence Pub Co. – 2014. – 284 p.
227. Froum S. J. Dental Implant Complications: Etiology, Prevention, and Treatment // Wiley-Blackwell.– 2015.– 736p.
228. Genna F., Perelmutter M. Speeding-up Finite Element analyses by replacing the linear equation solver with a Boundary Element code. Part 1: 2D linear elasticity, doi:10.1016/j.compstruc.2010.04.003, Computers and Structures.– 2010.– №88.– P.845–858
229. Gottlow J., Barkarmo S, Sennerby L. An experimental comparison of two different clinically used implant designs and surfaces // Clin Implant Dent Relat Res.– 2012.– №14 (suppl 1).– P.204-212.
230. Hamilton A., Judge R.B., Palamara J.E., Evans C.Evaluation of the fit of CAD/CAM abutments. Int. J. Prosthodont.– 2013.– №26 (4).– P.370-380.
231. Heinrich A., Dengler K., Koerner T., Stritzker B. Лазерное модифицирование титановых имплантатов с целью улучшения клеточной адгезии // Дентальная имплантология и хирургия.– 2014.– №1.– С.36-39
232. <https://medentis.de/shop/chirurgie/icx-implantat-systeme/icx-active-white/>
233. ICX – Das FAIRE Premium Implantat-System. Studien & Ergebnisse // GmbH: Medentis.– 2016.– 94с.
234. Ihde S. GCS Plus (P&C implant): Компания Oneway Biomed LLC представляет революционный имплантат: для немедленной нагрузки и для использования даже при недостаточном вертикальном объеме кости // Дентальная имплантология и хирургия.– 2015.– №1.– С.51-55
235. Javed F., Al-Hezaimi K., Almas K., Romanos G.E. Is titanium sensitivity associated with allergic reactions in patients with dental implants? A systematic review // Clin. Implant Dent. Relat. Res.– 2013.– №15.– P.47–52.
236. Jokstad A. Osseointegration and Dental Implants // Wiley-Blackwell.– 2015.– 488p.

237. Khantsis V. Гениальные идеи для повседневной практики // Дентальная имплантология и хирургия.– 2015.– №2.– С.77-81
238. Kelly J.R. Ceramics in Dentistry: Principles and Practice // Quintessence Publishing Co., Inc.– 2016.– 128p.
239. Kohal R.-J.; Patzelt S.B.M.; Butz F.; Sahlin H. One-piece zirconia oral implants: One-year results from a prospective case series. 2. Three-unit fixed dental prosthesis (FDP) reconstruction. // J. Clin. Periodontol.– 2013.– №40.– P.553–562.
240. Kurbad A. Соединение возможностей и требований // Дентальная имплантология и хирургия.– 2014.– №1.– С.14-17
241. Kurtz-Hoffmann J. Когда концепции тесно переплетаются друг с другом. Комплексная реставрация с IPS e.max // Дентальная имплантология и хирургия.– 2014.– №2.– С.12-17
242. Lang N.P., Lindhe J. Clinical Periodontology and Implant Dentistry // Wiley-Blackwell.– 2015.– 1480p.
243. Laster Z. Использование имплантата со специальным дизайном для имплантации, одномоментной с удалением зуба, и с немедленной нагрузкой на примере Cortex Saturn // Дентальная имплантология и хирургия.– 2016.– №1.– 62-66
244. Li Q., Mai Y.-W. Biomaterials for Implants and Scaffolds (Springer Series in Biomaterials Science and Engineering) 1st ed. 2017 Edition // Springer.– 2016.– 466p.
245. Lorenzoni F.C., Coelho P.G., Bonfante G., Carvalho R.M., Silva N.R., Suzuki M., Silva T.L., Bonfante E.A. Sealing Capability and SEM Observation of the Implant-Abutment Interface // Int. J. Dent.– 2011; 864183
246. Manzano G.; Herrero, L.R.; Montero, J. Comparison of clinical performance of zirconia implants and titanium implants in animal models: A systematic review. // Int. J. Oral Maxillofac. Implants.– 2014.– №29.– P.311–320.
247. Marcian P. et al, Finite element analysis of dental implant loading on atrophic and non-atrophic cancellous and cortical mandibular bone – a feasibility study // Journal of Biomechanics 47, (2014), 3830–3836

248. Misch C.E. Dental Implant Prosthetics // Mosby.– 2014.– 1008p.
249. Miyazaki D.T., Hotta Y., Kunii J., Kuriyama S., Tamaki Y. A review of dental CAD/CAM: current status and future perspectives from 20 years of experience // Dental materials Journal. 2009. - Vol. 28, № 1. P. 44 - 56
250. Miyazaki T., Nakamura T., Matsumura H., Ban S., Kobayashi T. Current status of zirconia restoration. // J. Prosthodont. Res.– 2013.– №57.– P.236-261.
251. Neumann P. Штифтовая реставрация культы из гибридной керамики: опыт экспериментального клинического применения // Современная ортопедическая стоматология.– 2015– №24.– С.24-25.
252. Norton M. Немедленная имплантация и немедленное временное протезирование для замещения одиночных зубов. Влияние моментного усилия установки имплантата на его выживаемость // Perio IQ.– 2015.– №26.– С.26-40
253. Noumbissi S. Замена верхнего бокового резца безметалловой реставрацией на основе оксидциркониевого имплантата и керамической коронкой на оксидциркониевом каркасе. Клинический случай // Дентальная имплантология и хирургия.– 2017.– №1.– С.54-58
254. O'Brien W.J. Dental Materials and Their Selection - 3rd Ed. // Quintessence Publishing Co, Inc.– 2002.– P.569
255. Olesova V.N., Uzunyan N.A., Filonov M.R., Shumakov F.G., Povstyanko Y.A. Effect of Implantation and Construction Dental Materials on Fibroblast Cell Culture // Shape Memory Biomaterials and Implants in Medicine Busan, South Korea.– 2017.– С.459-465
256. Oliva J.; Oliva X.; Oliva J. Five year success rate of 831 consecutively placed zirconia dental implants in humans: A comparison of three different rough surfaces. // Int. J. Oral Maxillofac. Implants.– 2010.– №25.– P.336–344.
257. Osman R.B.; Swain, M.V.; Atieh, M.; Ma, S.; Duncan, W. Ceramic implants (Y-TZP): Are they a viable alternative to titanium implants for the support of overdentures? A randomized clinical trial. Clin. Oral Implants Res. 2014, 25, 1366–1377.

258. Osman R.B., Swain M.V. A Critical Review of Dental Implant Materials with an Emphasis on Titanium versus Zirconia // Materials.– 2015.– № 8(3).– P.932-958

259. Park K.B., Хабиев К.Н. Инновационная поверхность Xpeed – еще один шаг к идеальному имплантату // Дентальная имплантология и хирургия.– 2016.– №2.– С.28-31

260. Payer M.; Arnetzl, V.; Kirmeier, R.; Koller, M.; Arnetzl, G.; Jakse, N. Immediate provisional restoration of single-piece zirconia implants: A prospective case series. Results after 24 months of clinical function // Clin. Oral Implants Res.– 2013.– №24.– P.569–575.

261. Payer M.; Heschl, A.; Koller, M.; Arnetzl, G.; Lorenzoni, M.; Jakse, N. All-ceramic restoration of zirconia two-piece implants: A randomized controlled clinical trial. // Clin. Oral Implants Res.– 2015.– №26.– P.371-376

262. Perelmuter M. Boundary element analysis of structures with bridged interfacial cracks // Computational Mechanics.– 2013.– V. 51, № 4.– P.523-534

263. Rack A., Rack T., Stiller M., Riesemeier H., Zabler S., Nelson K. In vitro synchrotron-based radiography of microgap formation at the implant-abutment interface of two-piece dental implants // J. Synchrotron. Radiat.– 2010.– №17.– P.289-294.

264. Reich S., Vollborn T., Mehl A., Zimmermann M. Intraoral optical impression systems – an overview // Int. J. Comput. Dent.– 2013.– №16 (2).– С.143-162.

265. Rojas-Vizcaya F. Implant-supported immediate restoration in edentulous maxilla // Dentsply Implant.– 2014.– №2.– P.27-29.

266. Romanos G.E., Netwing G.-H. Пятилетнее исследование немедленного функционального протезирования с опорой на имплантаты с переключением платформ на верхней челюсти // Perio IQ.– 2011.– №21.– С.100-110

267. Rowe P. Essential Statistics for the Pharmaceutical Sciences // Wiley-Blackwell.– 2015.– 432p.

268. Sailer I., Sailer T., Stawarczyk B., Ing D., Jung R.E., Hammerle C.H.F. Влияние типа соединения циркониевого абатмента с имплантатом на устойчивость к перелому // *Perio IQ.*– 2010.– №19.– С.65-79
269. Salisbury R. Два имплантата, два стыка // *Дентальная имплантология и хирургия.*– 2014.– №2.– С.8-11
270. Shankar Y.R., Tanu M. Recent Advancements In Dental Ceramics // LAP Lambert Academic Publishing.– 2015.– 220p.
271. Sharma D. Dental Ceramics // LAP LAMBERT Academic Publishing.– 2017.– 184p.
272. Shastry T., Gautam A. Advanced Ceramics For The Dental Professional - a one stop guide // LAP LAMBERT Academic Publishing.– 2016.– 216p.
273. Siddigi A. et al. Titanium allergy: could it affect dental implant integration? // *Clin Oral Implants Res.*– 2011.– №22 (7).– P. 673-680
274. Taylor J., Harris M. Medical Statistics Made Easy, third edition // Scion Publishing Ltd.– 2014.– 128p.
275. Taylor T.D., Klotz M.W., Lawton R.A. Металлоз в области титановых имплантатов с циркониевыми абатментами: сообщение о двух клинических случаях // *Perio IQ.*– 2016.– №27.– С.185-190
276. Thor A., Ekstrand K., Baer R.A., Toljanic J.A. Трехлетнее наблюдение результатов имплантации и немедленного протезирования у пациентов с низким качеством и недостаточным количеством кости верхней челюсти при полной адентии и выраженной атрофии альвеолярного отростка// *Perio IQ.*– 2015.– №26.– С.11-26
277. Tian T. Aspects of Adhesion Between CAD/CAM Ceramics and Resin CementsJan // Open Dissertation Press.– 2017.– 258p.
278. Torabi K., Farjood E., Hamedani S. Rapid Prototyping Technologies and their Applications in Prosthodontics. a Review of Literature // *J Dent. (Shiraz).* 2015; 16 (1): 1-9.
279. Tsuda H., Rungcharassaeng K., Kan J.Y.K., Roe P., Lozada J.L., Zimmerman G. Тканевый ответ после имплантации, костной и мягкотканой

пластики в комбинации с немедленным протезированием одного зуба в эстетически значимой зоне: серия клинических случаев // Perio IQ.– 2015.– №26.– С.41-56

280. Verma M., Meena N. Dental Ceramics Material and Applications // LAP LAMBERT Academic Publishing.– 2016.– 224p.

281. Verri F.R, Ferreira Santiago J. et al. Biomechanical influence of crown-to-implant ratio on stress distribution over internal hexagons hort implant: 3-D finite element analysis with statistical test //Journal of Biomechanics 48(2015)138–145

282. Vervaeke S., Collaert B., De Bruyn H. Влияние модифицированных поверхностей на выживаемость и резорбцию кости в области имплантатов в условиях немедленной нагрузки при полной адентии нижней челюсти // Perio IQ.– 2015.– №26.– С.1-10

283. Vizcaya F.R. Полные условно-съемные реставрации из монолитного диоксида циркония: Клинический отчет после двух лет наблюдения // Дентальная имплантология и хирургия.– 2013.– №3.– С.10-15

284. Zaytsev D. Mechanical properties of human enamel under compression: On the feature of calculations // Materials Science and Engineering C. - 2016. - Vol. 62. - P. 518 523.