

Федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего образования
«Приволжский исследовательский медицинский университет»
Министерства здравоохранения Российской Федерации

На правах рукописи

ВОКУЛОВА Юлия Андреевна

**РАЗРАБОТКА НОВЫХ АЛГОРИТМОВ
ПЕРСОНИФИЦИРОВАННОГО ОРТОПЕДИЧЕСКОГО ЛЕЧЕНИЯ
ЧАСТИЧНОЙ И ПОЛНОЙ ПОТЕРИ ЗУБОВ
С ПРИМЕНЕНИЕМ ЦИФРОВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ
(ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНО-КЛИНИЧЕСКОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ)**

3.1.7. Стоматология

Диссертация
на соискание ученой степени
доктора медицинских наук

Научный консультант:

заслуженный работник высшей школы РФ
доктор медицинских наук, профессор
Евгений Николаевич Жулев

Нижний Новгород — 2023

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	8
ГЛАВА 1. ДОСТИЖЕНИЯ В ПРИМЕНЕНИИ ЦИФРОВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ В СТОМАТОЛОГИИ.....	27
1.1 Возможности использования цифровых технологий в стоматологии.....	27
1.2 Недостатки применения традиционных технологий изготовления зубных протезов.....	36
1.3 Основные достижения применения CAD/CAM систем в ортопедической стоматологии	38
1.4 Проблемы применения цифровых технологий и возможные пути их решения	50
ГЛАВА 2. МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ	52
2.1 Общая характеристика исследования.....	52
2.2 Материалы и методы экспериментального исследования	55
2.2.1 Методика изготовления рабочих моделей челюстей для проведения сравнительного анализа традиционных и цифровых технологий	55
2.2.2 Методика изготовления искусственных коронок для проведения сравнительного анализа традиционных и цифровых технологий	57
2.2.3 Методика изготовления мостовидных протезов для проведения сравнительного анализа традиционных и цифровых технологий	60
2.2.4 Методика изготовления базисов съемных протезов для проведения сравнительного анализа традиционных и цифровых технологий	62
2.2.5 Методика сравнительного анализа эффективности цифровых технологий при изготовлении рабочих моделей челюстей, временных и постоянных несъемных протезов и базисов протезов для беззубых челюстей.....	63
2.2.6 Методика изучения качества прилегания искусственных коронок к препарированной культе зуба.....	65

2.3	Материалы и методы клинического исследования.....	67
2.3.1	Общая характеристика клинического материала	67
2.3.2	Клинические методы обследования	73
2.3.2.1	Методика оценки состояния маргинального пародонта с помощью ассоциированного пародонтального индекса.....	74
2.3.3	Методика индексной оценки эффективности стоматологического ортопедического лечения.....	76
2.3.4	Методика сравнительной оценки временных искусственных коронки	77
2.3.5	Методика оценки результатов ортопедического лечения постоянными конструкциями несъемных протезов	79
2.3.6	Методы изучения реакции пародонта опорных зубов при применении несъемных конструкций протезов.....	81
2.3.6.1	Методика определения количества десневой жидкости	83
2.3.6.2	Методика определения рН десневой жидкости.....	84
2.3.7	Методика оценки качества каркасов съемных протезов, применяемых при ортопедическом лечении пациентов с частичной потерей зубов (дуговых и с металлическим базисом).....	85
2.3.8	Методика изучения с помощью инфракрасной термометрии состояния слизистой оболочки под базисами съемных протезов ...	87
2.3.9	Базовые принципы разработки алгоритмов новых персонализированных методик ортопедического лечения пациентов с частичной и полной потерей зубов	91
2.3.10	Методика изучения экономической эффективности изготовления ортопедических конструкций, полученных с помощью традиционных и цифровых технологий	93
2.4	Методы статистической обработки результатов исследования	97

ГЛАВА 3. РЕЗУЛЬТАТЫ СОБСТВЕННЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ.....	99
3.1 Результаты экспериментального исследования	99
3.1.1 Результаты сравнительного анализа эффективности цифровых технологий при изготовлении рабочих моделей челюстей.....	99
3.1.2 Результаты сравнительного анализа эффективности цифровых технологий при изготовлении временных искусственных коронок.....	101
3.1.3 Результаты сравнительного анализа эффективности цифровых технологий при изготовлении каркасов искусственных коронок из дисиликата лития.....	104
3.1.4 Результаты сравнительного анализа эффективности цифровых технологий при изготовлении каркасов металлокерамических искусственных коронок	109
3.1.5 Результаты сравнительного анализа эффективности цифровых технологий при изготовлении каркасов мостовидных протезов	112
3.1.6 Результаты сравнительного анализа эффективности цифровых технологий при изготовлении базисов полных съемных протезов ...	115
3.1.7 Результаты изучения плотности прилегания временных искусственных коронок к препарированной культе зуба.....	117
3.1.8 Результаты изучения плотности прилегания каркасов искусственных коронок из дисиликата лития к препарированной культе зуба	122
3.1.9 Результаты изучения плотности прилегания каркасов металлокерамических искусственных коронок к препарированной культе зуба.....	130
3.2 Результаты клинического исследования.....	134
3.2.1 Результаты сравнительной оценки временных искусственных коронок, изготовленных с помощью традиционных и цифровых технологий	134

3.2.2	Результаты сравнительной оценки ортопедического лечения больных с применением несъемных протезов, изготовленных с помощью традиционных и цифровых технологий.....	144
3.2.3	Результаты разработки алгоритма персонифицированной методики определения показаний к применению мостовидных протезов.....	150
3.2.4	Результаты разработки индекса потери окклюзионных контактов зубных рядов.....	155
3.2.5	Результаты разработки методики коррекции окклюзии зубных рядов с помощью цифровых технологий	158
3.2.5.1	Результаты сравнительного анализа окклюзии зубных рядов после фиксации несъемных протезов, изготовленных с применением различных видов артикуляторов.....	166
3.2.6	Результаты определения количества десневой жидкости.....	167
3.2.7	Результаты определения рН десневой жидкости	175
3.2.8	Результаты сравнительной оценки эффективности цифровых технологий при ортопедическом лечении пациентов с применением частичных съемных протезов (дуговых и с металлическим базисом)	183
3.2.9	Результаты разработки методики определения нейтральной зоны слизистой оболочки протезного ложа беззубой челюсти.....	187
3.2.10	Результаты изучения с помощью инфракрасной термометрии состояния слизистой оболочки под базисами съемных протезов	197
3.2.11	Результаты разработки методики оценки точности установки зубных имплантатов.....	203
3.2.12	Результаты сочетанного применения цифровых персонифицированных методик ортопедического лечения и технологии изготовления протезов при ортопедическом лечении пациентов с дентальными дефектами, частичной и полной потерей	

зубов.....	210
3.2.12.1 Результаты сочетанного применения индекса потери окклюзионных контактов зубных рядов и цифровой технологии получения изображений зубных рядов	210
3.2.12.2 Результаты сочетанного применения методики коррекции окклюзионных контактов и цифровой технологии получения изображений зубных рядов.....	213
3.2.12.3 Результаты сочетанного применения методики определения показаний и цифровой технологии изготовления мостовидных протезов.....	215
3.2.12.4 Результаты сочетанного применения цифровой методики определения нейтральной зоны и технологии изготовления базисов протезов при ортопедическом лечении пациентов с полной потерей зубов	224
3.2.13 Результаты изучения экономической эффективности изготовления ортопедических конструкций, полученных с помощью традиционных и цифровых технологий	227
ГЛАВА 4. ОБСУЖДЕНИЕ ПОЛУЧЕННЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ	233
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	277
Перспективы дальнейшей разработки темы.....	277
ВЫВОДЫ	278
ПРАКТИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ.....	282
СПИСОК СОКРАЩЕНИЙ И УСЛОВНЫХ ОБОЗНАЧЕНИЙ	285
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ.....	286
Приложение А. Патент на изобретение №2784783 «Способ оценки окклюзионных взаимоотношений зубных рядов».....	334
Приложение Б. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ №2023611371 «Индексная оценка эффективности стоматологического ортопедического лечения».....	335

Приложение В. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ №2023611371 «Цифровая методика определения показаний к применению мостовидных протезов»	336
Приложение Г. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ №2023611371 «Проверка точности установки дентальных имплантатов»	337
Приложение Д. Патент на изобретение № 2792389 «Способ изготовления индивидуальной оттискной ложки беззубой челюсти»	338
Приложение Е. Индексная оценка эффективности стоматологического ортопедического лечения	339
Приложение Ж. Результаты экономического обоснования изготовления ортопедических конструкций, полученных с помощью традиционных и цифровых технологий.....	350

ВВЕДЕНИЕ

Актуальность исследования

Цифровые технологии повсеместно вошли во все сферы жизни современного общества. Цифровизация — это неотъемлемая часть государственной политики нашей страны. Внедрение цифровых технологий в медицину относится к 1980–1990 гг., но особое место они заняли в стоматологии, что объясняется как возможностью достижения более высокой оптимизации методов обследования и диагностики, так и применения более эффективных способов изготовления зубных протезов и лечения.

Первые теоретические исследования о возможности использования автоматизированных систем в ортопедической стоматологии были проведены в 1973–1975 гг. Прототипы же стоматологических CAD/CAM систем были предложены в середине 1980-х годов несколькими независимыми группами ученых. Первооткрывателями в этой области считаются Anderson R. W. (Procera, 1983), Moermann W. H. и Brandestini M. (Cerec, 1985), Duret F. и Termoz C. (1985), Rekow (DentiCAD, 1987).

Планирование и ведение реабилитации пациентов является важным и ответственным этапом стоматологического лечения. Для его успешной реализации в клиническую практику внедряются различные системы электронного оформления медицинской документации [Мартьянов И. Н. с соавт., 2018; Трунин Д. А. с соавт., 2022], цифровые технологии виртуального моделирования дизайна улыбки и лица [Апресян С. В. с соавт., 2021; Золотарёв Н. Н. с соавт., 2021; Ряховский А. Н. с соавт., 2021; С. Coachman et al., 2017; Omar D. et al., 2018;]. Цифровой анализ дает возможность детально изучать характер и локализацию окклюзионных контактов, что невозможно изучить с помощью артикуляционной бумаги, спрея или восковых окклюдодограмм [Булычева Е. А. с соавт., 2015; Янушевич, О. О. с соавт., 2015; Саакян М. Ю. с соавт., 2020].

В различных специальностях стоматологии эффективно используется конусно-лучевая компьютерная томография [Постников М. А. с соавт., 2019; Успен-

ская О. А., 2020; Рогацкин Д. В., 2021; Лебеденко И. Ю. с соавт., 2022]. Для визуализации морфологических нарушений структур ВНЧС активно используется метод магнитно-резонансной томографии (МРТ) [Гажва С. И. с соавт., 2017; Комолов И. С. с соавт., 2018; Мамедов Ад. А. с соавт., 2019].

Применение электронной аксиографии и цифровой кинезиографии позволило записывать движения мышечков височно-нижнечелюстных суставов, смещения суставного диска, определять дисбаланс в работе жевательных мышц, гипер- и гипомобильность ВНЧС [Персин Л. С. с соавт., 2019; Пантелеев В. Д. с соавт., 2014; Арутюнов С. Д. с соавт., 2019; Мамедов Ад. А. с соавт., 2019; Дубова Л. В. с соавт., 2020; Лебеденко И. Ю. с соавт., 2022].

Внедрение в последние годы внутриротовых сканеров позволило получать цифровые аналоги оттисков и рабочих моделей с помощью субтрактивного и аддитивного методов. Субтрактивный метод основан на компьютерном моделировании и изготовлении протезов на фрезерно-шлифовальном станке [Абакаров С. И., 2016 и др.]. Аддитивное производство (3D-печать) — процесс послойного создания трехмерных объектов на основе их цифровых моделей [Кушнир Н. В. с соавт., 2015; Шустова В. А. с соавт., 2016; Шкуро А. Е. с соавт., 2017; Карякин Н. Н. с соавт., 2019 и др.].

Перспективным направлением современной стоматологии является разработка и использование роботизированных систем, позволяющих в автоматизированном режиме осуществлять манипуляции в полости рта. К ним относятся прежде всего препарирование твердых тканей зубов и эндодонтическое лечение, установка дентальных имплантатов и проведение восстановительных операций в челюстно-лицевой области [Иващенко А. В. с соавт., 2020; Трунин Д. А. с соавт., 2022; Ahmad P. et al., 2021].

В ортодонтической практике использование цифровых технологий позволяет работать с фотографиями, рентгенограммами, проводить цефалометрический анализ, осуществлять виртуальное перемещение зубов для демонстрации результатов лечения и др. [Ряховский А. Н., 2019; Лебеденко И. Ю. с соавт., 2022; Постников М. А. с соавт., 2021].

Таким образом, анализ специальной литературы показывает, что наряду с широким внедрением цифровых устройств в клиническую практику до сих пор мало научных публикаций, посвященных сравнительной оценке эффективности ортопедических конструкций, изготовленных с помощью традиционных технологий, 3D-принтеров и фрезерно-шлифовальных станков. Противоречивы данные по изучению сравнительной размерной точности зубных протезов, полученных с применением цифровых и традиционных технологий. Требуют уточнения данные о краевом и внутреннем прилегании несъемных протезов, изготовленных с применением аддитивного и субтрактивного методов. Отсутствуют данные о реакции краевого пародонта и слизистой оболочки протезного ложа на протезы, изготовленные цифровым методом.

До сих пор не разработаны алгоритмы персонифицированных методов планирования и ортопедического лечения пациентов с частичной и полной потерей зубов, что является наиболее приоритетным направлением для их внедрения в клиническую практику. К наиболее важным из них относятся методики оценки эффективности ортопедического лечения, оценки состояния и коррекции окклюзии, определения показаний и планирования тактики ортопедического лечения пациентов с частичной и полной потерей зубов, оценки точности установки детальных имплантатов и др.

Остается не изученной результативность сочетанного применения цифровых технологий изготовления протезов и персонифицированных цифровых методов ортопедического лечения пациентов с частичной и полной потерей зубов. Без должного внимания остаются и вопросы медико-экономического обоснования применения цифровых технологий изготовления зубных протезов. Все вышеизложенное определяет высокую актуальность и социальную значимость настоящего исследования по этой весьма важной и многоплановой социальной проблеме.

Степень разработанности темы исследования

Анализ научной литературы показывает, что при изучении применения цифровых технологий в ортопедической стоматологии особое внимание авторами уделялось сравнению размерной точности цифровых и традиционных оттисков [Nedelcu R. et al., 2014; Имбрулья М. с соавт., 2018; Розов Р. А. с соавт., 2020;].

Так по данным Жулева Е. Н. с соавт. (2016, 2017) цифровой оттиск, полученный с помощью внутриротового сканера iTero Cadent (США) обладает большей размерной точностью в сравнении с полиэфирным оттиском, полученным одноэтапным однослойным методом. Кроме того, авторы пришли к выводу, что сканирование гипсовых моделей в лабораторном оптическом сканере точнее, чем сканирование оттисков, по которым эти модели были изготовлены.

Цифровые технологии, прежде всего, направлены на повышение качества краевого и внутреннего прилегания и размерной точности несъемных протезов. В этом направлении было выполнено несколько исследований [Тетерин А. И, 2016; Kim K. B. et al., 2014; Munoz S. et al., 2017; Shamseddine L. et al., 2017; Yeon Jang et al., 2018; Taha D. et al., 2019]. Вместе с тем выводы и результаты, к которым пришли авторы, оказались противоречивыми, а используемые методики были не всегда корректны, что требует проведения дополнительных исследований в этом направлении.

Требуют уточнения неоднозначные данные, полученные авторами о клинической эффективности применения несъемных протезов, изготовленных с использованием цифровых технологий [Boeckler A.F. et al, 2009, 2010; Панахов Н. А. с соавт., 2019].

Отдельные исследования посвящены изучению изменения показателей десневой жидкости при применении несъемных протезов, изготовленных традиционным методом [Мухамедов Ш. Ш. с соавт., 2014; Вавилова Т. П. с соавт., 2019; Ахметов С. Е., 2021]. Однако, до сих пор отсутствуют данные о реакции пародонта опорных зубов на протезы, изготовленные с применением цифровых технологий.

В специальной литературе имеются описания лишь отдельных клинических случаев применения съемных протезов, изготовленных с помощью цифровых технологий [Liu Y. F. et al., 2017; Janeva N. et al., 2017; Unkovskiy A. et al., 2019; и др.]. Научных же публикаций по изучению их размерной точности и клинической эффективности крайне мало, однако и они достаточно противоречивы и требуют более детальных исследований [Трезубов В. Н., Булычева Е. А. с соавт., 2017; Апресян С. В. с соавт., 2020; Hu Chen et al., 2015; Goodacre B. J. et al., 2016; Al Helal A. et al., 2017; Hu F. et al., 2019; Soltanzadeh P. et al., 2019; Tasaka A. et al., 2020].

Известно, что инфракрасная термометрия достаточно широко используется при обследовании больных с заболеваниями челюстно-лицевой области [Дурново Е. А. с соавт., 2014], для оценки течения раневого процесса после оперативного вмешательства [Беспалова Н. А. с соавт., 2020], оценки состояния тканей пародонта [Саакян М. Ю., с соавт., 2016; Жулев Е. Н. с соавт., 2020], жевательных мышц и височно-нижнечелюстных суставов [Вельмакина И. В., 2016]. Однако данных о применении этого метода для изучения состояния слизистой оболочки протезного ложа под съемными протезами, изготовленными по цифровой технологии, до сих пор нет.

Возможность отклонения между планируемым и фактическим положением имплантата, установленного с применением навигационного хирургического шаблона, отмечали многие исследователи [Сухарский, И. И., 2013; Cassetta M. et al., 2014; Boyoung Ma et al., 2018]. Однако диапазон угловых и линейных отклонений при этом оказался крайне вариабелен, зависел от вида фиксации шаблона и методики расчета отклонений, что также требует дополнительного изучения.

В научной литературе имеются лишь отдельные исследования, посвященные медико-экономическому обоснованию применения цифровых технологий при ортопедическом стоматологическом лечении [Искендеров Р.М. с соавт., 2017; Апресян С. В., 2020; Эртесян А.Р. с соавт., 2020]. Однако эти работы носят узконаправленный характер и не охватывают весь спектр ортопедических вмешательств.

Цель исследования

С помощью экспериментально-клинических методов исследования изучить преимущества цифровых технологий и разработать новые алгоритмы персонифицированного ортопедического лечения пациентов с частичной и полной потерей зубов.

Для достижения этой цели необходимо было решить следующие **задачи**:

1. Провести сравнительный анализ эффективности цифровых технологий при изготовлении рабочих моделей челюстей, временных и постоянных несъемных и базисов съемных протезов.

2. Провести сравнительный анализ внутреннего и краевого прилегания искусственных коронок, изготовленных с помощью традиционных и цифровых технологий.
3. Разработать персонифицированную методику оценки эффективности ортопедического стоматологического лечения.
4. Разработать алгоритм персонифицированной методики определения показаний к применению мостовидных протезов.
5. Разработать индекс потери окклюзионных контактов и персонифицированную методику коррекции окклюзии зубных рядов.
6. Провести клиническую оценку эффективности применения искусственных коронок и мостовидных протезов, изготовленных с помощью традиционных и цифровых технологий.
7. Изучить состояние пародонта опорных зубов посредством определения количества и pH десневой жидкости при ортопедическом лечении пациентов с применением несъемных протезов, изготовленных цифровым методом.
8. Провести сравнительную оценку эффективности цифровых технологий при ортопедическом лечении с применением съемных протезов (дуговых и с металлическим базисом).
9. Изучить с помощью инфракрасной термометрии состояние слизистой оболочки протезного ложа под съемными протезами, изготовленными по цифровой технологии.
10. Разработать цифровую персонифицированную методику определения топографии нейтральной зоны протезного ложа беззубой челюсти.
11. Разработать цифровую персонифицированную методику оценки точности установки зубных имплантатов.
12. Изучить эффективность сочетанного применения персонифицированных методик ортопедического лечения и цифровых технологий изготовления протезов.
13. Провести экономическое обоснование использования ортопедических конструкций, полученных с помощью традиционных и цифровых технологий.

Научная новизна

1. Получены новые данные об эффективности цифровых технологий при изготовлении рабочих моделей челюстей, временных и постоянных несъемных и базисов съемных протезов.
2. Получены новые данные о внутреннем и краевом прилегании искусственных коронок, изготовленных с помощью традиционных и цифровых технологий.
3. Впервые разработана персонифицированная методика оценки эффективности ортопедического стоматологического лечения.
4. Разработана новая персонифицированная методика и программа для ЭВМ по определению показаний к применению мостовидных протезов.
5. Разработаны индекс потери окклюзионных контактов и персонифицированная методика коррекции окклюзии зубных рядов.
6. Получены новые данные об эффективности применения искусственных коронок и мостовидных протезов, изготовленных с помощью традиционных и цифровых технологий.
7. Впервые изучена реакция краевого пародонта на несъемные протезы, изготовленные с помощью цифровых технологий, посредством определения количества и pH десневой жидкости.
8. Впервые проведена сравнительная оценка клинической эффективности цифровых технологий при ортопедическом лечении с применением частичных съемных протезов (дуговых и с металлическим базисом).
9. Впервые с помощью инфракрасной термометрии изучено состояние слизистой оболочки протезного ложа под съемными протезами, изготовленными с применением цифровых технологий.
10. Впервые разработана и внедрена цифровая персонифицированная методика определения топографии нейтральной зоны протезного ложа беззубой челюсти.
11. Разработана новая цифровая персонифицированная методика и программа для ЭВМ по оценке точности установки дентальных имплантатов.

12. Впервые изучена эффективность сочетанного применения цифровых персонализированных методик ортопедического лечения и цифровых технологий изготовления протезов.
13. Получены новые данные об экономическом обосновании изготовления ортопедических конструкций, полученных с помощью традиционных и цифровых технологий.

Теоретическая и практическая значимость работы

Изготовление временных искусственных коронок, каркасов искусственных коронок из дисиликата лития, металлокерамических искусственных коронок, титановых и циркониевых каркасов мостовидных протезов, изготовленных с применением цифровых технологий, позволяет существенно улучшить показатели размерной точности, краевого и внутреннего прилегания несъемных протезов. Применение аддитивных цифровых технологий дает возможность получать фотополимерные рабочие модели челюстей и каркасы частичных съемных протезов (дуговых и с металлическим базисом) более высокой точности в сравнении с традиционными технологиями.

Определение количества и pH десневой жидкости способствует выявлению степени влияния несъемных протезов, изготовленных с помощью цифровых технологий, на состояние тканей краевого пародонта опорных зубов.

Применение инфракрасной термометрии позволяет изучить степень влияния съемных протезов, изготовленных с помощью цифровых технологий, на состояние слизистой оболочки протезного ложа.

Применение предложенной персонализированной методики лечения пациентов с окклюзионными нарушениями [патент № 2784783 «Способ оценки окклюзионных взаимоотношений зубных рядов» от 29.11.2022. Авторы Жулев Е. Н., Вельмакина И. В., Вокулова Ю. А., приложение А] позволяет усовершенствовать алгоритм количественной оценки окклюзионных контактов и определения показаний к ортопедическому лечению, визуально оценивать равномерность распределения окклюзионных контактов, выявлять преждевременные контакты, эффективно прово-

дить избирательное пришлифовывание зубов и оценивать его качество с целью нормализации межокклюзионного взаимодействия естественных и искусственных зубов. Использование «Индекса потери окклюзионных контактов» до и после ортопедического лечения позволяет контролировать его клиническую эффективность.

Разработанная методика «Индексной оценки эффективности стоматологического ортопедического лечения» [свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2023611371 от 19.01.2023, приложение Б] позволяет повысить результативность и автоматизировать процесс экспертизы оценки результатов ортопедического лечения пациентов с дефектами твердых тканей зубов, частичной и полной потерей зубов.

Разработанная «Цифровая методика определения показаний к применению мостовидных протезов» [свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2023611030 от 16.01.2023, приложение В] обеспечивает автоматизированный процесс оценки клинической картины и планирования ортопедического лечения с учетом многофакторного анализа выносливости пародонта.

Разработанная персонифицированная методика «Проверки точности установки дентальных имплантатов» [свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2021665044 от 17.09.2021, приложение Г] способствует повышению точности установки дентальных имплантатов.

Применение персонифицированной методики определения топографии нейтральной зоны протезного ложа беззубой челюсти [патент № 2792389 «Способ изготовления индивидуальной оттисковой ложки беззубой челюсти» от 21.03.2023. Авторы Жулев Е. Н., Вокулова Ю. А., приложение Д] повышает точность функционального оттиска, улучшает фиксацию протеза и в целом способствует повышению эффективности ортопедического лечения больных с полным отсутствием зубов.

Сочетанное применение цифровых персонифицированных методик ортопедического лечения и цифровых технологий изготовления протезов способствует повышению результативности ортопедического лечения пациентов с частичной и полной потерей зубов.

Использование данных об экономической эффективности цифровых технологий позволяет финансово грамотно планировать ортопедическое лечение при дентальных дефектах, частичной и полной потере зубов.

Методология и методы исследования

Диссертационное исследование включает экспериментальный и клинический разделы. Проведение клинического этапа исследования одобрено локальным Этическим комитетом федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Приволжский исследовательский медицинский университет» Министерства здравоохранения Российской Федерации (выписка из протокола № 10 от 24 июня 2022 г.).

Экспериментальные исследования проводились для выявления преимуществ цифровых технологий и последующего использования полученных данных для разработки персонифицированных методик ортопедического лечения.

Объектом экспериментального исследования служили: 20 моделей челюстей из гипса и фотополимерного материала Freeprint model UV (DETAX, Германия). Временные искусственные коронки были изготовлены по традиционной технологии из акриловой пластмассы Синма М (10), методом фрезерования из акрилатного полимерного материала VITA CAD-Temp (10) и аддитивным методом из композитного гибридного материала NextDent C&B MFH. Каркасы искусственных металлокерамических коронок изготавливались по традиционной технологии из КХС (11) и субтрактивным методом из материала Titan Blank (11). Каркасы искусственных цельнокерамических коронок были изготовлены по традиционной технологии прессования по восковым репродукциям из материала IPS e.max (Ivoclar Vivadent) (10), в фрезерно-шлифовальном станке из дисиликата лития E.max CAD (10), из заготовок полимерного беззольно выгораемого материала KaVo C-Cast (10) и с помощью 3D-принтера из фотополимерного материала Freeprint cast UV (Detax) (10). Каркасы мостовидных протезов изготавливались традиционным методом из КХС (5), с помощью CAD/CAM системы из материала Titan Blank (5) и из диоксида циркония KaVo ZS (5). Базисы полных съемных про-

тезов (12) были изготовлены по традиционной технологии и из фотополимерного материала NextDent Base с помощью 3D-принтера.

Методика изучения размерной точности ортопедических конструкций заключалась в получении и совмещении цифровых изображений рабочих моделей челюстей, искусственных коронок, мостовидных протезов и базисов полных съемных протезов (139) с цифровыми изображениями экспериментальных моделей в компьютерной программе MeshLab (v1.3.4Beta). Методика изучения величины внутреннего и краевого прилегания несъемных протезов к опорному зубу была основана на получении с помощью операционного микроскопа Leica M320 фотографий гипсовых шлифов (368) с силиконовой репликой внутреннего прилегания искусственных коронок и фотографий краевого прилегания между искусственными коронками и опорным зубом (368) и их последующем анализе в компьютерной программе Image J.

Для проведения клинических исследований было отобрано 406 пациентов (218 мужчин и 188 женщин) в возрасте от 25 до 76 лет, которые имели следующие диагнозы: 1) 162 пациента были с дефектами твердых тканей зубов; 2) 120 пациентов имели частичную потерю зубов; 3) у 97 — частичная потеря зубов сочеталась с дефектами твердых тканей; 4) 27 пациентов имели полную потерю зубов.

С использованием традиционных технологий было проведено ортопедическое лечение 188 пациентов (94 мужчин и 94 женщин). Из них у 129 пациентов (63 мужчин и 66 женщин) применяли несъемные протезы: временные искусственные коронки (51) из композитного материала Protemp 4 (3M Espe, США) (28 пациентов), временные искусственные коронки (10) из материала Re-Fine Bright (Yamahachi-Dental, Япония) (10 пациентов), металлокерамические искусственные коронки (181, 77 пациентов) и мостовидные протезы (17, 14 пациентов) на каркасах из КХС.

Ортопедическое лечение 49 пациентов (27 мужчин и 22 женщин) проводилось с помощью съемных протезов: 28 пациентам были наложены 32 дуговых протеза, у 8 пациентов лечение проводилось с применением 8 съемных протезов с металлическим базисом, а у 13 пациентов были применены 23 полных съемных протеза.

С использованием цифровых технологий проведено ортопедическое лечение 218 пациентов (124 мужчины и 94 женщины). При протезировании 158 пациентов применяли несъемные протезы: 27 пациентам были изготовлены субтрактивным методом 52 временные искусственные коронки из материала VITA CAD-Temp; у 21 пациента были применены 52 временные искусственные коронки, изготовленные аддитивным методом из материала NextDent C&B MFH; у 65 пациентов использованы 149 металлокерамических искусственных коронок на титановых каркасах; у 11 пациентов 33 цельнокерамические искусственные коронки были изготовлены на каркасах из диоксид циркония; у 18 пациентов ортопедическое лечение проводилось с применением 18 металлокерамических мостовидных протезов на титановых каркасах, у 5 человек с применением 10 цельнокерамических мостовидных протезов на каркасах из диоксид циркония и у 11 пациентов (5 мужчин и 6 женщин) с применением 15 искусственных коронок на каркасах из диоксид циркония с опорой на имплантаты.

При ортопедическом лечении 50 пациентов (31 мужчин и 19 женщин) применяли съемные протезы, изготовленные с применением цифровых технологий. При этом у 27 пациентов были использованы 27 дуговых протезов, а у 9 пациентов применены 9 пластиночных съемных протезов с металлическим базисом. При ортопедическом лечении 14-ти пациентов с полной потерей было изготовлено 24 съемных протеза.

В работе применялись следующие клинические методы исследования: общеклинические (по схеме, принятой на кафедре ортопедической стоматологии и ортодонтии ПИМУ), рентгенологические (КЛКТ), а также оригинальные методики: 1) оценки эффективности стоматологического ортопедического лечения; 2) определения показаний для применения мостовидных протезов; 3) коррекции окклюзии; 4) определения топографии нейтральной зоны беззубой челюсти; 5) оценки точности установки дентальных имплантатов; 6) оценки эффективности сочетанного применения цифровой технологии изготовления протезов и цифровых персонализированных методик ортопедического лечения. Кроме того, в работе применялись методики: 1) оценки состояния маргинальной десны с исполь-

зованием ассоциированного пародонтального индекса [Жулев Е.Н., Архангельская Е.А., 2020]; 2) изучения состояния пародонта опорных зубов посредством определения количества и pH десневой жидкости; 3) изучения состояния слизистой оболочки протезного ложа под съёмными протезами с помощью инфракрасной термометрии; 4) анкетирование пациентов и 5) оценки времени изготовления ортопедических конструкций.

Для реализации цели и задач исследования были созданы специальные оригинальные программы («Индексная оценка эффективности стоматологического ортопедического лечения», «Цифровая методика определения показаний к применению мостовидных протезов», «Проверка точности установки дентальных имплантатов»). Кроме того, в работе использовались стандартные программы (для сравнительного анализа эффективности цифровых технологий при изготовлении рабочих моделей челюстей, временных и постоянных несъёмных протезов, и базисов протезов для беззубых челюстей использовали компьютерную программу MeshLab, а для оценки качества внутреннего и краевого прилегания искусственных коронок использовали компьютерную программу Image J). Статистическая обработка полученных результатов исследования проводилась в программной среде R (3 версии).

Основные положения, выносимые на защиту:

1. Внедрение цифровых технологий с использованием CAD/CAM системы и 3D-принтера позволяет повысить качество несъёмных протезов, а в совокупности с персонифицированной методикой определения показаний к применению мостовидных протезов способствует повышению результативности ортопедического лечения.
2. Изучение размерной точности, внутреннего и краевого прилегания одиночных искусственных коронок и как опорных элементов мостовидных протезов, а также внедрение персонифицированной методики коррекции окклюзии позволяют определить и использовать преимущества цифровых техно-

логий для повышения качества ортопедического лечения пациентов с ден- тальными дефектами и частичной потерей зубов.

3. Использование цифровых технологий для изготовления базисов съемных протезов в сочетании с персонифицированной методикой определения топографии нейтральной зоны беззубой челюсти способствует повышению эффективности ортопедического лечения пациентов с частичной и полной потерей зубов.
4. Результаты изучения объема и pH десневой жидкости, а также анализ реакции слизистой оболочки с помощью инфракрасной термометрии на протезы, изготовленные с применением цифровых технологий, свидетельствуют о достоверном снижении воспалительной реакции краевого пародонта и мягких тканей протезного ложа в сравнении с реакцией этих тканей на протезы, изготовленные с применением традиционных технологий.
5. Цифровая персонифицированная методика и специализированное программное обеспечение для ЭВМ дают возможность выявлять степень отклонений между планируемым и фактическим положением дентальных имплантатов и разрабатывать мероприятия, направленные на повышение точности их установки.
6. Сочетанное применение цифровых персонифицированных методик ортопедического лечения и цифровых технологий изготовления протезов способствует достижению высокого качества ортопедического лечения пациентов с различной патологией зубочелюстной системы.

Степень достоверности

В экспериментальном разделе с целью проведения сравнительного анализа эффективности цифровых технологий было изготовлено 20 моделей челюстей, 30 временных искусственных коронок, 22 каркаса металлокерамических искусственных коронок, 40 каркасов искусственных коронок из дисиликата лития, 15 каркасов мостовидных протезов, 12 базисов полных съемных протезов, изготовленных с применением традиционных и цифровых технологий.

С использованием традиционных технологий было проведено ортопедическое лечение 188 пациентов (94 мужчин и 94 женщин). Из них у 129 пациентов применяли несъемные протезы: 38 пациентам были изготовлены 61 временная искусственная коронка; у 77 пациентов при лечении дефектов твердых тканей зубов использованы 181 металлокерамическая искусственная коронка, а у 14 пациентов ортопедическое лечение при частичной потере зубов проводилось с применением 17 металлокерамических мостовидных протезов. Ортопедическое лечение 49 пациентов проводилось с помощью съемных протезов: 28 пациентам были наложены 32 дуговых протеза, у 8 пациентов лечение проводилось с применением 8 съемных протезов с металлическим базисом, а у 13 пациентов были применены 23 полных съемных протеза. Для оценки времени, затрачиваемого на изготовления моделей челюстей, у 10 пациентов они были изготовлены традиционным способом (10).

С использованием цифровых технологий было проведено ортопедическое лечение 218 пациентов (124 мужчины и 94 женщины). При протезировании 158 пациентов применяли несъемные протезы: 48 пациентам были изготовлены 104 временные искусственные коронки; у 87 пациентов использованы 197 постоянных искусственных коронок; у 23 пациентов ортопедическое лечение при частичной потере зубов проводилось с применением 28 мостовидных протезов.

При ортопедическом лечении 50 пациентов применяли съемные протезы. При этом у 27 пациентов были использованы 27 дуговых протезов, а у 9 пациентов применены 9 пластиночных съемных протезов с металлическим базисом. При ортопедическом лечении 14-ти пациентов с полной потерей было изготовлено 24 съемных протеза. Для оценки времени, затрачиваемого на изготовление моделей челюстей, у 10 пациентов они были изготовлены с помощью 3D-принтера (10). Степень достоверности работы подтверждается современными методами исследования и статистической обработкой полученных результатов. Научная новизна, основные положения, выносимые на защиту, выводы, практические рекомендации следуют из результатов экспериментально-клинического исследования, которые наглядно представлены в рисунках и таблицах.

Внедрение результатов работы

Результаты исследования внедрены в учебный процесс кафедры ортопедической стоматологии и ортодонтии ФГБОУ ВО «ПИМУ» Минздрава России, внедрены в учебный процесс кафедры клинической медицины ННГУ им. Н.И. Лобачевского, внедрены в лечебный процесс стоматологического отделения ФГКУ «Поликлиника № 2 ФТС России» г. Нижний Новгород, в клиническую практику центра эстетической стоматологии ООО «Протетика» г. Нижний Новгород, в лечебный процесс стоматологических клиник ООО «Good white», ООО «Дентал Арт Галлери» г. Нижний Новгород.

Апробация работы

Диссертация апробирована на расширенном совместном заседании кафедр ортопедической стоматологии и ортодонтии, пропедевтической стоматологии, терапевтической стоматологии, стоматологии детского возраста, хирургической стоматологии и челюстно-лицевой хирургии, стоматологии ФПКВ ФГБОУ ВО «ПИМУ» Минздрава России (протокол № 4 от 10.03.2023 г.).

Основные положения диссертационного исследования представлены на XXII международной научно-практической конференции «European Scientific Conference» (г. Пенза, 7 октября 2020 г.), на IV международной научно-практической конференции «Наука, образование, инновации: актуальные вопросы и современные аспекты» (г. Пенза, 10 октября 2020 г.), на VI международной научно-практической конференции «Science and education: problems and innovations» (г. Пенза, 12 октября 2020 г.), на IV международной научно-практической конференции «Science and technology innovations» (г. Петрозаводск, 22 октября 2020), на международном научном форуме «Наука и инновации — современные концепции» (г. Москва, 23 октября 2020 г.), на 32-й международной научно-практической конференции «Наука и образование: отечественный и зарубежный опыт» (г. Белгород, 26 октября 2020 г.), на VII международной научно-практической конференции «Проблемы современной медицины: актуальные во-

просы» (г. Красноярск, 11 ноября 2020), на III международном научно-исследовательском конкурсе «Innovative research projects» (г. Петрозаводск, 14 февраля 2022 г.), VII всероссийской научно-практической конференции «3D-технологии в медицине» (Нижний Новгород, 17 февраля 2023 г.), 3-я межрегиональной научно-практической конференции «Клиническая медицина на пути к активному долголетию» (Нижний Новгород, 2 марта 2023 г.).

Личное участие автора

Автором были изучены данные литературы по теме диссертации, сформулированы цель и задачи исследования, изготовлено 23 экспериментальных модели челюстей, 30 временных искусственных коронок, 22 каркаса металлокерамических искусственных коронок, 40 каркасов искусственных коронок из дисиликата лития, 15 каркасов мостовидных протезов, 12 базисов полных съемных протезов, изготовленных с применением традиционных и цифровых технологий.

С использованием традиционных технологий было проведено ортопедическое лечение 188 пациентов (94 мужчин и 94 женщин). Из них у 129 пациентов применяли несъемные протезы: 38 пациентам были изготовлены 61 временная искусственная коронка; у 77 пациентов при лечении дефектов твердых тканей зубов использованы 181 металлокерамическая искусственная коронка, а у 14 пациентов ортопедическое лечение при частичной потере зубов проводилось с применением 17 металлокерамических мостовидных протезов. Ортопедическое лечение 49 пациентов проводилось с помощью съемных протезов: 28 пациентам были наложены 32 дуговых протеза, у 8 пациентов лечение проводилось с применением 8 съемных протезов с металлическим базисом, а у 13 пациентов были применены 23 полных съемных протеза.

С использованием цифровых технологий было проведено ортопедическое лечение 218 пациентов (124 мужчины и 94 женщины). При протезировании 158 пациентов применяли несъемные протезы: 48 пациентам были изготовлены 104 временные искусственные коронки; у 87 пациентов использованы 197 постоянных искусственных коронок; у 23 пациентов ортопедическое лечение при частич-

ной потере зубов проводилось с применением 28 мостовидных протезов. При ортопедическом лечении 50 пациентов применяли съемные протезы, изготовленные с применением цифровых технологий. При этом у 27 пациентов были использованы 27 дуговых протезов, а у 9 пациентов — 9 пластиночных съемных протезов с металлическим базисом. При ортопедическом лечении 14 пациентов с полной потерей было изготовлено 24 съемных протеза.

Автором разработаны индекс потери окклюзионных контактов и оригинальные методики: 1) оценки эффективности стоматологического ортопедического лечения; 2) определения показаний для применения мостовидных протезов; 3) коррекции окклюзии, 4) определения топографии нейтральной зоны беззубой челюсти; 5) оценки точности установки дентальных имплантатов, 6) оценки эффективности сочетанного применения цифровых персонифицированных методик ортопедического лечения и цифровых технологий изготовления протезов.

Проведено экономическое обоснование изготовления рабочих моделей челюстей, каркасов металлокерамических искусственных коронок, каркасов искусственных коронок из дисиликата лития, временных искусственных коронок, полных съемных протезов, каркасов дуговых протезов, полученных с помощью традиционных и цифровых технологий.

Соответствие диссертации паспорту научной специальности

Диссертационное исследование соответствует научной специальности 3.1.7. Стоматология (шифр и наименование области науки — Медицинские науки, шифр и наименование группы научных специальностей — Клиническая медицина).

Публикации

По исследуемой теме диссертации опубликовано 52 научные работы. Среди них 19 работ опубликованы в научных журналах, рекомендованных ВАК при Министерстве науки и высшего образования Российской Федерации, 2 в журналах, входящих в международную реферативную базу данных SCOPUS. Опубли-

кованы в официальных бюллетенях Федеральной службы по интеллектуальной собственности, патентам и товарным знакам и зарегистрированы в Государственном реестре изобретений Российской Федерации 2 патента на изобретение, 3 свидетельства на программу для ЭВМ.

Объём и структура диссертации

Объём диссертационного исследования составляет 363 страницы текста. Структура диссертации представлена следующими разделами: введением, обзором литературных источников, главами, посвящёнными материалам и методам, результатам собственных исследований и обсуждению полученных результатов, заключения, выводами, практическими рекомендациями и списком литературы, в котором 365 источников (192 — российские, 173 — иностранные), 7 приложениями. В диссертационной работе размещены 73 иллюстрации, 91 таблица.

ГЛАВА 1. ДОСТИЖЕНИЯ В ПРИМЕНЕНИИ ЦИФРОВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ В СТОМАТОЛОГИИ

1.1 Возможности использования цифровых технологий в стоматологии

Цифровые технологии в настоящее время повсеместно вошли во все сферы жизни общества и отдельно взятого человека. Цифровизация — это неотъемлемая часть государственной политики нашей страны. Внедрение цифровых технологий в медицину относится к 1980–1990 гг., но особое место они заняли в стоматологии, что объясняется возможностью оптимизации методов обследования, диагностики, планирования и лечения пациентов, нуждающихся в стоматологическом лечении и усовершенствованием способов изготовления зубных протезов.

Стоматологическое лечение требует строго персонифицированного подхода к каждому конкретному пациенту с учетом его индивидуальных особенностей строения тканей и органов челюстно-лицевой области и организма в целом. В связи с этим особую роль играет внедрение цифровых технологий для диагностики и планирования лечения, таких как 2D- и 3D-визуализация, цифровая запись артикуляционных движений нижней челюсти, методы оценки окклюзии зубных рядов и навигационной хирургии, внутриротовые камеры, лицевые сканеры, приборы для определения цвета зубов, компьютерное моделирование дизайна улыбки пациента [Трезубов В.Н. с соавт., 2017; Ряховский А. Н. с соавт., 2021; Лебедеенко И. Ю. с соавт., 2022].

В настоящее время существует большое количество различных систем для электронного ведения медицинской документации, позволяющие не только автоматизировать и упростить работу врача по заполнению медицинской карты, но и смоделировать конкретную клиническую ситуацию и предложить план лечения [Трунин Д. А. с соавт., 2022].

Любое комплексное стоматологическое лечение начинается с получения серии цифровых макроизображений зубов, зубных рядов и портретной фотографии

пациента [Лебеденко И. Ю. с соавт., 2022]. Целью применения фотографического метода в стоматологической практике является детальное изучение клинической ситуации, проведение эстетического анализа лица и улыбки, передача зубному технику и другим специалистам цветовых и морфологических характеристик зубов, что позволяет проводить междисциплинарную координацию планирования лечения, не требуя непосредственного присутствия пациента [Успенская О. А. с соавт., 2019]. Использование цифрового фотопротокола в клинической практике дает возможность врачу проводить работу над ошибками, совершенствоваться в профессиональном плане и создавать портфолио клинических случаев, что является важным элементом мотивации пациента к лечению [Шувалова В. А. с соавт., 2021]. Цифровая фотография позволяет проводить документацию всего процесса оказания стоматологических услуг пациенту в клинике и играет важную роль в юридическом плане при возникновении конфликтных ситуаций между врачом и пациентом [Мартьянов И. Н. с соавт., 2018].

Планирование ортопедической реабилитации пациентов является важным и ответственным этапом стоматологического лечения. Для его успешной реализации внедряются цифровые технологии 2D- и 3D-моделирования дизайна улыбки. Цифровое моделирование с помощью редактирования двумерных изображений проводится на фотографиях зубов и лица пациента путем вырезания фрагментов изображения, их зеркального копирования, перемещений, масштабирования и поворотов [Coachman C. et al., 2017; Omar D. et al., 2018; Золотарёв Н. Н. с соавт., 2021].

В основе 3D-моделирования дизайна улыбки лежит возможность объединения в виртуальном пространстве программного обеспечения CAD/CAM системы фотографий, цифровых изображений зубных рядов, трехмерного изображения лица пациента, полученного с помощью лицевых сканеров и данных конусно-лучевой компьютерной томографии, используемых для создания виртуального 3D-образа пациента [Гусейнов Р. А. с соавт., 2019; Апресян С. В. с соавт., 2021; Ряховский А. Н. с соавт., 2021; Plaster U. et al., 2020]

За последние годы на стоматологическом рынке появились цифровые приборы для объективного определения и хранения информации о цвете зубов. Они

обладают следующими преимуществами: отсутствие влияния различных условий освещения и субъективных ощущений (острота зрения и индивидуальное восприятие цвета врачом), что устраняет ошибки, связанные с человеческим фактором при выборе цвета зубов, и позволяет добиться высокой точности в достижении оптимальной эстетики лица пациента [Ряховский А. Н. с соавт., 2010; Лебедеико И. Ю. с соавт., 2022].

Цифровые методы определения цвета зубов облегчают сотрудничество между стоматологом и зубным техником и позволяют получать точные рекомендации по рецептуре нанесения облицовочных материалов для зубных протезов [Савенко С. Э. с соавт., 2018; Лебедеико И. Ю. с соавт., 2022]. Данные ряда исследований подтвердили, что цифровой анализ цвета зубов, проведенный с помощью аппаратного метода, является наиболее точным и более последовательным по сравнению с оценкой оттенков человеческим глазом [Хасасна М. М. с соавт., 2020; Постников М.А. с соавт., 2021].

В терапевтической стоматологии сегодня широко распространено применение цифровых камер для диагностики начального кариеса и определения зубного налета. Принцип действия данных приборов основан на свойстве продуктов метаболизма кариесогенных бактерий флюоресцировать под воздействием излучения определенной длины волны. Демонстративные возможности данных цифровых технологий облегчает диалог с пациентом, позволяет обосновывать необходимость проведения лечения, документировать исходное состояние и результат лечения [Бондаренко О. В. с соавт., 2016; Калашникова Н. П. с соавт., 2022].

Уже несколько лет врачи-стоматологи успешно применяют в своей практике цифровую анестезию. Использование компьютеризированной системы для проведения местной анестезии позволяет не только сократить время ожидания наступления анестезии, но и снизить риск местных осложнений за счет цифрового контроля скорости введения и объема анестетика. Такой подход позволяет добиться высокой эффективности, безопасности и комфорта, недостижимых при ручном введении анестетика посредством карпульного шприца [Трунин Д. А. с соавт., 2022].

Цифровая лучевая диагностика (радиовизиография, ортопантомография, телерентгенография и томография) является параклиническим дополнительным методом обследования пациентов. Наибольшей информативностью из различных рентгенологических методов исследования обладает конусно-лучевая компьютерная томография (КЛКТ) [Костин И. О. с соавт., 2019; Постников М. А. с соавт., 2021; Лебедеенко И. Ю. с соавт., 2022]. С помощью дентального конусно-лучевого томографа можно получить высококачественное трехмерное изображение исследуемой области в трех плоскостях: сагиттальной, аксиальной и коронарной, а лучевая нагрузка на пациента при этом в 6–10 раз меньше, чем при проведении спиральной томографии [Косюга С. Ю. с соавт., 2020].

Компьютерная томография эффективно используется в различных областях стоматологии. При проведении эндодонтического лечения зубов КЛКТ дает четкое представление о количестве корневых каналов, их пространственном расположении, анатомических особенностях, форме и длине. С помощью компьютерной томографии легко выявляются не запломбированные корневые каналы, трещины и перфорации корней зубов, которые на традиционных рентгеновских снимках не видны. При проведении пародонтологического лечения КЛКТ применяется для проведения оценки контуров костных структур, окружающих корни зубов, с целью постановки диагноза и уточнения степени тяжести заболеваний пародонта [Успенская О. А., 2020].

В ортодонтии компьютерную томографию применяют для выявления аномалий развития и положения зубов и челюстей, планирования и оценки результатов ортодонтического лечения [Булычева Е. А. с соавт., 2020; Ищенко Т. А. с соавт., 2020; Мамедов А. А. с соавт., 2020]. Данные КЛКТ используются при выборе вида зубных протезов с целью безопасного и эффективного распределения жевательной нагрузки на опорно-удерживающий аппарат зубов и имплантаты [Абакаров С. И., 2019].

В челюстно-лицевой и амбулаторной хирургии КЛКТ применяется для выявления очагов хронического воспалительного процесса челюстей, одонтогенных заболеваний верхнечелюстных пазух, новообразований костей и мягких тканей челюстно-лицевой области, травмы, повреждения зубов и челюстей, точного определения

пространственного расположения ретинированных, не прорезавшихся или смещенных зубов. Кроме того, КЛКТ является основным диагностическим средством для оценки состояния анатомических структур верхней и нижней челюстей до проведения хирургических вмешательств, планирования проведения операций и подготовки костных трансплантатов и имплантатов. Наибольшее распространение в хирургической стоматологии КЛКТ получила в связи с активным развитием дентальной имплантации [Дурново Е. А. с соавт., 2020; Рогацкин Д. В., 2021].

На современном этапе развития цифровых технологий в стоматологии разрабатываются компьютерные программы планирования операции имплантации и виртуального моделирования навигационных хирургических шаблонов: ExoPlan — Exocad Implant planning, SimPlant Dentsply, 3Shape Implant Studio, ZirconZahn Implant Planner, Blue Sky Plan, NobelGuide Nobel Biocare, 3DIEMME 3Diagnosys и PlastyCAD, Megagen R2Gate, Implant-Assistant и др. [Ряховский А. Н. с соавт., 2007; Иващенко А. В. с соавт., 2018; Тарасенко С. В. с соавт., 2018; Метелев И. А. с соавт., 2019; Костин К. А. с соавт., 2019; Tatakis, D. N. et al., 2019].

Навигационные хирургические шаблоны могут быть трех видов: с опорой на кость, с опорой на зубы и с опорой на слизистую оболочку рта. Направляющие шаблоны могут быть изготовлены только под пилотное сверло или для ведения полного хирургического протокола дентальной имплантации.

На первом этапе создания навигационных хирургических шаблонов необходимо провести конусно-лучевую компьютерную томографию и получить цифровые изображения зубных рядов пациента с помощью лабораторного или внутриротового сканера. Затем в компьютерной программе по планированию имплантации зубов совместить КЛКТ и цифровые изображения зубных рядов. Далее необходимо осуществить виртуальную расстановку имплантатов с учетом расположения анатомических образований (верхнечелюстная пазуха, канал нижнечелюстного нерва), толщины и высоты альвеолярного отростка (альвеолярной части) и формы будущей ортопедической конструкции, а затем провести моделирование навигационного хирургического шаблона на основе плана расстановки имплантатов [Булычева Е.А. с соавт., 2016; Григорьев С. В. с соавт., 2017; Жолудев С. Е. с

соавт., 2017; Трезубов В.Н. с соавт., 2017; Буланов С.И. с соавт., 2018; Дурново Е. А. с соавт., 2020; Жусев В. А., 2020].

Применение современных компьютерных технологий в дентальной имплантации, как отмечают С. Е. Жолудев с соавт. (2016), А. Р. Цой с соавт. (2017), С. И. Гажва с соавт. (2020), Е. А. Дурново с соавт. (2020), позволяет врачу:

- планировать и проводить операцию дентальной имплантации на качественно более высоком уровне с помощью навигационных хирургических шаблонов;
- визуализировать хирургический и ортопедический этапы имплантации;
- получать полные качественные и количественные характеристики костной ткани в зоне операции;
- планировать и проводить костно-реконструктивные операции, направленные на увеличение объема костной ткани для последующей имплантации;
- устанавливать имплантаты в соответствии с имеющимся объемом костной ткани, положением окклюзионной плоскости, наклоном зубов и видом будущей ортопедической конструкции;
- сократить время операции.

В последние годы проведено несколько исследований, касающихся применения навигационных хирургических шаблонов во время дентальной имплантации. Многие авторы указывают на высокую точность позиционирования внутрикостных имплантатов, установленных с применением навигационных хирургических шаблонов [Pascual D. et al., 2016; D'haese J. et al., 2017; Chen Z. et al., 2018; Tallarico M. et al., 2019; Kiatkroekkrai P. et al., 2020].

Использование направляющих стереолитографических шаблонов, как отмечают Arisan V. et al. (2010), способствует сокращению продолжительности операции имплантации в области отсутствующих зубов. Так средняя длительность операции имплантации с применением навигационного шаблона в данном исследовании составляла $23,53 \pm 5,48$ мин, без направляющего хирургического шаблона — $60,94 \pm 13,07$ мин. Среднее же угловое расхождение между виртуальным и реальным положением имплантатов составило, как установили Chen X. et al. (2010), 1,84 градуса (диапазон 0,6–2,8). Среднее корональное отклонение в поло-

жении установленных имплантатов от запланированных положений составило 0,66 мм (диапазон 0,3–1,2 мм). Среднее апикальное отклонение в положении установленных имплантатов от запланированных положений составило 0,86 мм (диапазон 0,4–1,2 мм).

Изучение точности позиционирования внутрикостных имплантатов, установленных с применением навигационных хирургических шаблонов, выявило среднее отклонение имплантата от его запланированного расположения в 0,8 мм [Yatzkair G. et al., 2015]. Однако, Park S.J. et al. (2017) не выявили достоверных различий в точности установки имплантатов с помощью стереолитографических навигационных шаблонов опытным хирургом имплантологом и стоматологом без опыта работы с имплантатами. В то же время Chen L. et al. (2019) пришли к выводу, что навигационные хирургические шаблоны, изготовленные с помощью 3D-принтера PolyJet, имеют более высокую точность по сравнению с шаблонами, полученными по технологии стереолитографии.

Статистических различий в угловых отклонениях имплантатов, установленных с помощью термопластических хирургических шаблонов и напечатанных на 3D-принтере навигационных шаблонов Bell C.K. et al. (2018) не обнаружили, но при этом авторы показали, что расположение платформы и верхушки имплантатов было значительно более точным для имплантатов, установленных с помощью стереолитографических хирургических шаблонов.

Перспективным направлением современной стоматологии является разработка и использование роботизированных систем, позволяющих в автоматизированном режиме осуществлять манипуляции в полости рта. Сфера применения роботов в стоматологии чрезвычайно широка. К ней относятся эндодонтическое лечение и препарирование твердых тканей зубов, установка денальных имплантатов и проведение восстановительных операций в челюстно-лицевой области при травме и врожденных дефектах [Иващенко А. В. с соавт., 2020; Трунин Д. А. с соавт., 2022; Ahmad P. et al., 2021].

Цифровые технологии играют особую роль при диагностике состояния височно-нижнечелюстного сустава, исследования движений нижней челюсти и ана-

лиза окклюзии. Для визуализации морфологических изменений и нарушений функционального взаимоотношения мягкотканых структур ВНЧС активно используется метод магнитно-резонансной томографии (МРТ). Она объективно и быстро позволяет оценить соотношение головки нижней челюсти к внутрисуставному диску и суставной ямке, выявить наличие воспалительного процесса. Основным преимуществом метода МРТ является отсутствие лучевой нагрузки [Гажва С. И. с соавт., 2017; Комолов И. С. с соавт., 2018; Мамедов Ад. А. с соавт., 2019; Лебедеенко И. Ю. с соавт., 2022].

Цифровой анализ окклюзии зубных рядов стал возможен благодаря появлению в арсенале практикующих врачей стоматологов компьютеризированного анализатора «Т-Scan» (Tekscan, США). Благодаря программному обеспечению аппарата регистрируются окклюзионные взаимоотношения зубных рядов, создается видеофильм о возникновении первого окклюзионного контакта и множественных фиссурно-бугорковых контактов, определяются продолжительность окклюзионного контакта и относительная сила окклюзионного давления, приходящаяся на каждый зуб, что невозможно выявить при изучении окклюзии традиционными методами с помощью артикуляционной бумаги, спрея или получения восковых окклюдодограмм [Булычева Е. А. с соавт., 2015; Янушевич, О. О. с соавт., 2015; Саакян М. Ю. с соавт., 2020].

Одной из самых последних цифровых диагностических разработок является методика электровибрографии ВНЧС, позволяющая проводить компьютерный анализ периодов трения и вибрации, возникающих в суставе во время движения нижней челюсти. С помощью специальной таблицы на основании цифровых данных, полученных с помощью вибрографии ВНЧС возможна постановка предварительного диагноза [Крошка Д. В. с соавт., 2016; Дубова Л. В. с соавт., 2021].

Электронная аксиография (кондилография) — неинвазивный клинический метод обследования, позволяющий записывать движения мышечков ВНЧС, определять скорость движения суставных головок, момент смещения суставного диска, асимметрию движений мышечков, дисбаланс в работе мышц, гипер- и гипомобильность ВНЧС. Данные, полученные с помощью аксиографии (угол сагиттального суставно-

го пути, угол Беннетта), необходимы для настройки индивидуального и виртуального артикулятора [Пантелеев В. Д. с соавт., 2014; Арутюнов С. Д. с соавт., 2019; Мамедов Ад. А. с соавт., 2019; Дубова Л. В. с соавт., 2020].

Известно несколько методов определения центрального соотношения челюстей с применением цифровых технологий [Постников М.А. с соавт., 2021; Лебедеико И.Ю. с соавт., 2022]. Кинезиография — метод функциональной диагностики, позволяющий изучать индивидуальные движения нижней челюсти в трех взаимно перпендикулярных плоскостях, определять центральное соотношение челюстей и проводить синхронный анализ работы мышц, сустава, состояния окклюзии и движений нижней челюсти посредством специализированного программного обеспечения [Персин Л. С. с соавт., 2019; Дубова Л. В. с соавт., 2020; Лебедеико И. Ю. с соавт., 2022].

С помощью программного обеспечения Авантис 3D (Россия) А. Н. Ряховский (2021) предложил методику виртуального определения центрального соотношения, которая заключается в последовательном выполнении следующих действий:

- загрузка в программу данных КЛКТ пациента в привычной окклюзии;
- совмещение в виртуальном пространстве сканов зубных рядов с данными компьютерной томографии;
- анализ расстояний между мышцелками и суставными ямками;
- виртуальное смещение всех виртуальных объектов нижней челюсти, в положение центрального соотношения — нормализующего ширину суставной щели.

Известен способ создания внутриротового регистрирующего устройства (гнатометра) для определения центрального соотношения челюстей с помощью компьютерной программы Exocad DentalCAD (Германия) и стереолитографического принтера [Булычева Д. С., 2022].

В ортодонтической практике активно развивается использование цифровых технологий для диагностики и лечения зубочелюстно-лицевых аномалий. Специализированное программное обеспечение позволяет работать с фотографиями, рентгеновскими снимками, проводить цефалометрический анализ, осуществлять виртуальную постановку зубов для демонстрации результата лечения, моделиро-

вать и изготавливать элайнеры и осуществлять лечение пациентов с применением индивидуализированной ортодонтической аппаратуры [Ряховский А. Н., 2019; Лебеденко И. Ю. с соавт., 2022; Трунин Д. А. с соавт., 2022].

1.2 Недостатки применения традиционных технологий изготовления зубных протезов

При традиционным методе изготовления зубных протезов основными связующими звеньями между врачом и зубным техником являются оттиски протезного ложа [Лебеденко И.Ю. с соавт., 2022]. При этом, для получения высокоточных ортопедических конструкций определяющее значение имеет их качество.

Причинами невысокого качества оттисков и рабочих гипсовых моделей челюстей являются мануальные навыки специалистов, ошибки при выборе методик и материалов для их изготовления [Массирони Д. с соавт., 2008].

Традиционные методики получения оттисков протезного ложа и рабочих гипсовых моделей челюстей имеют ряд существенных недостатков [Абакаров С.И. с соавт., 2008; Массирони Д. с соавт., 2008; Жулев Е.Н., 2012]:

- 1) неприятные ощущения пациента при получении оттиска (травмирование, болезненность СОПР, рвотный рефлекс);
- 2) методологические ошибки, допускаемые при получении оттисков (деформация, неравномерное распределение оттискного материала вдоль границы препарирования, нарушение сцепления корригирующего и базового слоев оттискного материала при получении двухслойного оттиска, образование пор и дефектов на поверхности оттиска, отрыв оттиска от ложки);
- 3) усадка оттискных материалов и расширение гипса при отливке моделей челюстей;
- 4) риск передачи вирусной или бактериальной инфекции через оттиск;
- 5) возможность повреждения гипсовой модели при отделении ее от оттиска.

Качество ортопедических конструкций, изготовленных традиционными методами, зависит не только от мануальных навыков специалистов, но и от физико-технологических свойств используемых материалов.

Как известно, независимо от механизма отверждения оттискного материала, за счет химической реакции или некоторых изменениях его физического состояния, возникает усадка вследствие уменьшения линейных размеров и объема тела при его затвердевании, охлаждении и хранении [Трезубов В. Н. с соавт., 2008]. Кроме изменений размеров при отверждении существует также незначительная усадка оттискного материала после его охлаждения при выведении из полости рта. [Нурт ван Р., 2004].

При изготовлении рабочей модели гипс расширяется в конце фазы схватывания, что объясняется его химическим строением. Образующиеся при затвердевании кристаллы имеют сферолитную игольчатую форму, напоминающую форму снежинок. По мере роста, оказывая друг на друга давление, они пытаются оттолкнуться. Результатом такого взаимодействия является увеличение размеров гипсового изделия [Абакаров С. И., 2008].

Явление усадки также характерно для полимерных материалов, применяемых для изготовления зубных протезов. Усадка ПММА снижает конгруэнтность протезного ложа с базисом съемного протеза, изготовленного с применением технологии горячей полимеризации пластмассы. К тому же выделение остаточного мономера оказывает негативное влияние на слизистую оболочку протезного ложа [Маркскорс Р., 2006].

Зуботехнические сплавы тоже подвержены усадке. При традиционной технологии литья на поверхности каркасов металлокерамических несъемных протезов возможно появление литьевых пор, раковин или недоливов. При наличии подобных дефектов каркас подлежит переделке [Вагнер В.Д., 2004; Маркскорс Р., 2007; Жулев Е.Н., 2010].

Для изготовления обычных зубных протезов зубной техник затрачивает значительное количество времени, что существенно увеличивает сроки ортопедического лечения. Кроме того, совокупность мелких погрешностей, допущенных в клинике и в зуботехнической лаборатории, в значительной степени влияет на конечную размерную точность зубного протеза [Вагнер В.Д., 2004].

1.3 Основные достижения применения CAD/CAM систем в ортопедической стоматологии

Быстро развивающиеся CAD/CAM системы, которых в мире насчитывается более 70 (Computer Aided Design / Computer Aided Manufacture) — это системы трехмерного моделирования и автоматизированного изготовления протезов с помощью фрезерно-шлифовальных станков [Ирза О. Л. с соавт., 2017; Шустова В. А. с соавт., 2016; Абакаров С. И. с соавт., 2017] и 3D-принтеров [Карякин Н. Н. с соавт., 2019; Гажва С. И. с соавт., 2020; Gunpreet Oberoi et al., 2018; Mardis, N. J. et. al., 2018; Kessler A. et. al., 2019]. Эти технологии дают возможность перейти от обычного клинического рабочего процесса к почти исключительно цифровому формату [Ряховский А. Н., 2010; Алтынбеков К. Д. с соавт., 2018; Бигачева Е. Н. с соавт., 2019].

По сравнению с традиционными методами изготовления зубных протезов цифровые технологии имеют следующие преимущества [Ряховский А. Н. с соавт., 2011; Ханахмедов В. А., 2018]:

- 1) отсутствие усадки и деформации материала обеспечивает получение готового изделия, полностью соответствующего заданным параметрам;
- 2) автоматизированный процесс изготовления исключает влияние человеческого фактора;
- 3) возможность изготовления объектов любой сложности и конфигурации;
- 4) визуализация промежуточных и конечного результатов обеспечивает возможность их согласования с пациентом.

Первым этапом цифрового протокола изготовления ортопедических конструкций является получение цифровых изображений зубных рядов пациента с помощью внутриротового либо лабораторного сканера [Абакаров С. И. с соавт., 2016; Арвин М. М., 2018; Березин С. Я., 2019; Верхулевский Р. А. с соавт., 2019; Schweiger J. et al., 2020; Suese K., 2020]. Системы объемного сканирования способны создавать цифровое изображение протезного ложа, пригодное для дальнейшего виртуального моделирования и изготовления ортопедических конструкций субтрактивным [Гветадзе Р. Ш. с соавт., 2018; Сунарчин Э. И. с соавт., 2018]

или аддитивным методами [Донских Д. А., 2017; Ермолаева К. А. с соавт., 2017; Javaida M. et al., 2019].

Лабораторные сканеры позволяют получать цифровые изображения зубных рядов путем сканирования гипсовых моделей, изготовленных по оттискам протезного ложа, полученным традиционным методом с применением оттискных материалов и слепочных ложек. Применение же внутриротовых сканеров имеет ряд существенных преимуществ [Костюкова В. В., 2017]:

- 1) удобство и комфорт для пациента при получении цифровых изображений зубных рядов;
- 2) отсутствие погрешностей при получении традиционных оттисков;
- 3) высокая скорость передачи информации, файлы с виртуальными моделями мгновенно передаются и загружаются в системы автоматизированного проектирования и производства;
- 4) возможность создания компактной виртуальной базы данных цифровых изображений зубных рядов;
- 5) сокращение сроков протезирования за счет возможности изготовления зубного протеза без создания физической модели зубного ряда или непосредственно в клинике (chair side — у кресла пациента);
- 6) отсутствие риска передачи вирусной или бактериальной инфекции в зуботехническую лабораторию вместе с оттиском;
- 7) возможность воспроизведения цвета: некоторые системы получения цифровых изображений обладают функцией передачи цвета, что обеспечивает лучшее восприятие тканей зубов и десны.

Внутриротовые сканеры обладают и определенными недостатками [Костюкова В.В., 2017; Sven R. et al., 2013]:

- 1) относительно высокая стоимость;
- 2) необходимость дополнительного обучения работе со сканерами;
- 3) различная точность сканирования у разных моделей, что резко ограничивает возможность получения высокоточных цифровых оттисков целого зубного ряда (не все внутриротовые сканеры обладают функцией получения циф-

рового изображения при протезировании полными съемными протезами и несъемными протезами с опорой на имплантаты);

- 4) в некоторых моделях внутриротовых сканеров для получения цифровых изображений зубных рядов необходимо применять матирование сканируемой поверхности с помощью артикуляционных маркировочных спреев, что увеличивает время получения цифрового оттиска и снижает его размерную точность;
- 5) за обработку данных сканирования в некоторых системах взимается дополнительная плата;
- 6) некоторые сканеры являются закрытыми, то есть дальнейшая работа по виртуальному моделированию и изготовлению протезов предусматривает использование оборудования только определенного производителя.

За последние несколько лет проведены исследования, посвященные сравнительной оценке размерной точности различных моделей внутриротовых сканеров.

Сравнение двух систем получения цифровых оттисков LAVA COS и CEREC AC в исследовании Brawek P. et al. (2013) было основано на оценке точности одиночных искусственных коронок, изготовленных в данных CAD/CAM системах. Авторы пришли к выводу, что в обеих системах коронки изготовлены с удовлетворительной точностью. При этом Kim S. et al. (2013), M.J. Yun et al. (2017) и Keul C. et al., (2020) установили, что цифровые оттиски, полученные с помощью сканера iTero, обеспечивают достаточную точность для клинического применения.

По данным Е. Н. Жулева с соавт. (2016, 2017) цифровой оттиск, полученный с помощью внутриротового сканера iTero Cadent (США) обладает большей размерной точностью в сравнении с полиэфирным оттиском, полученным одноэтапным однослойным методом. Кроме того, авторы пришли к выводу, что сканирование гипсовых моделей в лабораторном оптическом сканере KaVo ARCTICA AutoScan точнее, чем сканирование оттисков, по которым эти модели были изготовлены.

Внутриротовой сканер CS 3600® показал лучшие результаты размерной точности в сравнении с другими интраоральными сканерами Trios 3, CEREC Omnicam и True Definition [Имбрулья М. с соавт., 2018]. Кроме того, авторы отметили, что прецизионность выше при сканировании частичного отсутствия зубов, чем при сканировании беззубой челюсти.

Среди исследуемых внутриротовых сканеров наилучшей размерной точностью обладает TRIOS3 Wireless (82,6 мкм), а самая низкая размерная точность была выявлена у сканера PlanScan (224,4 мкм). Среди лабораторных сканеров самым точным оказался OpenTechnologiesEasy (53,9 мкм), а самой низкой размерной точностью была отмечена у OpenTechnologiesNeWay (72,48 мкм) [Розов Р. А. с соавт., 2020]. Авторы пришли к выводу о том, что низкая точность внутриротового сканирования всего зубного ряда не позволяет получать по нему точную рабочую модель для создания протяженных конструкций протезов, особенно имплантационных.

Вторым этапом автоматизированного производства ортопедических конструкций является виртуальное моделирование будущих протезов в специализированном программном приложении [Березин С. Я., 2018; Карапетян Т. А. с соавт., 2018; Касумова М. К. с соавт., 2019; Яременко А. И. с соавт., 2019; Лебеденко И. Ю. с соавт., 2022]. Известные на сегодняшний день компьютерные программы по моделированию ортопедических конструкций (Exocad DentalCAD (exocad GmbH), inLab Software (Dentsply Sirona), Zirkonzahn, 3Shape, Planmeca PlanCAD и др.) обладают следующими функциональными возможностями:

- 1) моделирование искусственных коронок и мостовидных протезов [Кофар Ф. с соавт., 2017; Gutierrez J.C., 2016];
- 2) моделирование вкладок [Окава М. с соавт., 2018], виниров [Ман Э., 2017; Манье П., 2017; Патрони С. С. с соавт., 2017; Белоус С., 2020];
- 3) моделирование замковых конструкций и первичных частей телескопических конструкций [Ellenbrock C. et al., 2017; Pfeiffer, B. et al., 2019];
- 4) моделирование разборных моделей челюстей [Салеева Л. Р. с соавт., 2017; Монтейру П. с соавт., 2017; Camardella L. T. et al., 2017; Wan Hassan W. N. et al., 2017; Kim S.Y. et al., 2018; Xiao N. et al., 2019];
- 5) моделирование каркасов дуговых протезов [Михайлова М. В., с соавт., 2018; Alifui-Segbaya F. et al., 2017; Liu Y.F. et al., 2017; Hu F. et al., 2019];
- 6) моделирования полных съемных зубных протезов [Аствацатрян Л. Э. с соавт., 2017; Трезубов В. Н. с соавт., 2017; Никандров Р. А. с соавт., 2018; Апресян С. В. с соавт., 2020; Arnold C. et al., 2017; DAmato S., 2017; Li X. X. et al., 2019];

- 7) моделирование временных конструкций [Fischer C. et al., 2018];
- 8) моделирование несъемных протезов и балочных конструкций с опорой на имплантаты [Алум А. с соавт., 2017; Молина И. К. с соавт., 2017; Фильчев Д., 2017; Гёч М., 2018; Феррари Е. с соавт., 2018; Майер Б. с соавт., 2019; Krempf Ch., 2018; Lichtmanegger A., 2018; Plaster U. et al., 2018; Buttermann D., 2019; Chmielewski K. et al., 2019; Conejo J., 2019; Rousset M., 2019; Hutsky A. et al., 2020];
- 9) моделирование окклюзионных капп [Тимаков И.Е. с соавт., 2019; Эдельхофф Д., 2019; Саакян М. Ю. с соавт., 2020; Постников М.А. с соавт., 2021].

Многие программные приложения для виртуального моделирования также имеют следующие функциональные опции:

- 1) автоматическое определение границы препарирования по одной точке;
- 2) разнообразные библиотеки форм зубов;
- 3) визуализация конструкций в натуральных цветах;
- 4) зеркальное копирование;
- 5) виртуальный артикулятор;
- 6) виртуальное моделирование дизайна улыбки и будущей ортопедической конструкции;
- 7) визуализация данных КЛКТ в процессе моделирования.

В настоящее время используются два основных цифровых метода изготовления протезов — субтрактивный с помощью фрезерных станков с числовым программным обеспечением и аддитивный — с помощью 3D-принтеров. Субтрактивные технологии работают по принципу поэтапного удаления материала с заготовки до получения необходимой формы и размера протеза [Латыпов Р. А. с соавт., 2019; Вае E.J. et al., 2017]. Аддитивные технологии создают объект посредством нанесения слоев материала равной толщины на основе его компьютерной модели [Котельников Г. П. с соавт., 2017; Гребнев Г. А. с соавт., 2019; Малаев И. А. с соавт., 2019; Луцкая И. К. с соавт., 2020; Шкрум А. С. с соавт., 2020].

Первые теоретические исследования о возможности использования автоматизированных систем в ортопедической стоматологии были проведены в 1973 г.

Altschuler и Swinson в 1975 г. Прототипы субтрактивных стоматологических CAD/CAM систем впервые были предложены в середине 1980-х годов несколькими независимыми группами ученых. Первооткрывателями в этой области считаются Anderson R. W. (Procera, 1983), Moermann W. H. и Brandestini M. (Cerec, 1985), Duret F. и Termoz C. (1985), Rekow (DentiCAD, 1987).

В основе работы фрезерно-шлифовального станка CAD/CAM системы лежит технология автоматической высокоскоростной механической обработки материала. Фрезерование осуществляется по нескольким осям с автоматизированной сменой фрез и автоматическим контролем их поломки и износа [Абакаров С.И. с соавт., 2017].

Все CAD/CAM системы делятся на два типа: закрытые и открытые. Фрезерно-шлифовальные станки открытой CAD/CAM системы совместимы со сторонним программным обеспечением, оборудованием и расходными материалами, что значительно расширяет их функциональные возможности [Абакаров С.И. с соавт., 2017].

В России наибольшее распространение получили следующие CAD/CAM системы: CEREC Dentsply Sirona, Ceramill AmannGirrbach, Zirkonzahn, KaVo Arctica, Zenotec Wieland, Planmeca PlanMill. Фрезерные станки различных фирм отличаются между собой мощностью, количеством осей фрезерования, видами изготавливаемых ортопедических конструкций, материалами для обработки, формой и размером заготовок.

Использование субтрактивного метода позволяет проводить обработку следующих зуботехнических материалов [Silva L. H. et al., 2017; Garaizabal A. A. et al., 2019; Edelhoff D. et al., 2019]: титан, композитные материалы, предпеченный диоксид циркония, стеклокерамика на основе дисиликата лития, керамика на основе полевого шпата, лейцитная керамика, полимерные материалы, воск, сплавы кобальта и хрома.

В фрезерно-шлифовальных станках CAD/CAM систем можно изготовить вкладки, виниры, искусственные коронки, мостовидные протезы [Рубникович С. П. с соавт., 2017], телескопические коронки, индивидуальные абатменты [Кошкин В. В. с соавт., 2018; Ефимин А. В. с соавт., 2020; Schepke U. et al., 2017], балки,

беззольные заготовки протезов, окклюзионные шины, хирургические шаблоны [Ниманн П., 2017], базисы полных съемных протезов [Baba N. Z., 2016; Srinivasan M. et al., 2017; Goodacre V. J. et al., 2018].

К главным недостаткам субтрактивной технологии относят [Березин С. Я., 2019]:

- 1) быстрый износ рабочих фрез;
- 2) ограниченный минимальный диаметр рабочей части фрезы препятствует обработке тонких изделий;
- 3) большая стоимость;
- 4) неэкономное использование расходных материалов, связанное с образованием большого количества отходов в процессе фрезерования.

За последние 1,5 десятилетия проведены многочисленные исследования, посвященные сравнительной оценке технических возможностей различных CAD/CAM-систем [Ряховский А. Н. с соавт., 2011; Абакаров С. И. с соавт., 2017].

Аддитивное производство (3D-печать, технология быстрого прототипирования) — процесс послойного создания трехмерных объектов на основе их цифровых моделей [Кушнир Н. В. с соавт., 2015; Шустова В. А. с соавт., 2016; Шкуро А. Е. с соавт., 2017; Карякин Н. Н. с соавт., 2019; Barazanchi A. et al., 2017]. Данная технология впервые была разработана в 1984 г. Charles W. Hull и через 2 года была запатентована и получила название «стереолитография». После получения патента автор основал компанию 3D-Systems и разработал первый промышленный станок для 3D-печати [Голубничая Я. Р. с соавт., 2017; Нагибович О. А. с соавт., 2017; Сульдина В. В., 2017]. Сейчас в мире насчитывается более 200 фирм, производящих 3D-принтеры [Шустова В. А. с соавт., 2016].

Аддитивные технологии нашли широкое применение в различных областях медицины:

- для создания индивидуальных эндопротезов и макетов для планирования операций [Корниенко Н. А. с соавт., 2017; Решетов И. В. с соавт., 2017; Хасан М. А. с соавт., 2017; Шахбазова Э. Э., 2017; Метелев И. А. с соавт., 2018; Мирзоев М. Ш. с соавт., 2018; Николаенко А. Н., 2018; Чайковская И. В. с соавт., 2019; Хо-

- мутинникова Н. Е. с соавт., 2020; Gu X. Y. et al., 2017; Yusa K. et al., 2017; Iglesias-Martín F. et al., 2018; Lopez C. D. et al., 2018; J.P.J. Dings et al., 2019];
- для создания хирургических инструментов [Лазаренко В. А. с соавт., 2018; Pugliese L. et al., 2018];
 - для печати челюстно-лицевых протезов [Абакаров С. И. с соавт., 2022; Chen H. et al., 2016];
 - для изготовления индивидуальных ортопедических стелек [Карякин Н. Н. с соавт., 2019], слуховых аппаратов;
 - в тканевой инженерии они применяются для печати тканей и органов [Carter S. D. et al., 2017; Derakhshanfar S. et al., 2018; Paul G. M. et al., 2018; Rider P. et al., 2018].

Особенности процесса трехмерной печати главным образом зависят от технологии аддитивного производства лежащей в основе этого процесса. Классификация основных методов и технологий, представлена в таблице 1.

В стоматологии наибольшее распространение получили порошковый и полимеризационный методы 3D-печати.

Стереолитография (SLA) основана на применении ультрафиолетового лазера, проецируемого на поверхность емкости, заполненной жидким фотополимерным материалом. Облучение лазером ведет к затвердеванию материала в точках соприкосновения с лучом, что позволяет вычерчивать контуры заданной модели слой за слоем [Шкуро А. Е. с соавт., 2017]. Метод цифровой светодиодной проекции родственен стереолитографической 3D-печати. Разница заключается в том, что вместо лазерного излучения, применяемого в SLA, используются цифровые светодиодные проекторы (DLP-проекторы) [Сун Л. Ф., 2019; Revilla-León M. et al., 2019].

Таблица 1 — Методы и технологии 3D-печати [Шкуро А.Е. с соавт., 2017]

Метод	Базовая технология	Используемые материалы
Экструзионный	моделирование методом послойного наплавления (FDM или FFF)	термопластичные полимеры
Проволочный	производство произвольных форм электронно-лучевой плавкой (EBF)	практически любые металлические сплавы
Порошковый	прямое лазерное спекание металлов (DMLS)	практически любые металлические сплавы
	электронно-лучевая плавка (EBM)	титановые сплавы
	выборочная лазерная плавка (SLM)	титановые сплавы, кобальт-хромовые сплавы, нержавеющая сталь, алюминий
	выборочное тепловое спекание (SHS)	порошковые термопластичные полимеры
	выборочное лазерное спекание (SLS)	термопластичные полимеры, металлические порошки, керамические порошки
Струйный	струйная трехмерная печать (3DP)	гипс, пластики, металлические порошки, песчаные смеси
Ламинирование	изготовление объектов методом ламинирования (LOM)	бумага, металлическая фольга, пластиковая пленка
Полимеризация	стереолитография (SLA)	фотополимеры
	цифровая светодиодная проекция (DLP)	фотополимеры

В России наиболее распространены следующие полимеризационные 3D-принтеры: Formlabs (США), Nextdent (США), Asiga (Австралия), Varseo Bego (Германия). С помощью технологий SLA и DLP можно изготовить:

- модели челюстей [Dietrich C. A. et al., 2017; Hoffman M. et al., 2017];
- временные искусственные коронки [Стоматов А. В., 2020; Seen-Young Kang et al., 2018];
- индивидуальные ложки [Нуриева Н. С., 2019; Mendonça A. F. et al., 2016; Chen H. et al., 2016];
- базисы и искусственные зубы полных съемных протезов [Lee J. W. et al., 2017; Tasaka A. et al., 2019; Unkovskiy A. et al., 2019];
- навигационные хирургические шаблоны [Иванова В. А., с соавт., 2020; Куценко А. П. с соавт., 2020; Cristache C. M. et al., 2017; Whitley D. et al., 2017];

Bencharit S. et al., 2018; Mangano F. G. et al., 2018; Skjerven H. et al., 2019; Spielau T. et al., 2019; Knoop Ch., 2020];

- шаблоны для проведения операции резекции верхушек корней [Бадалян В. А. с соавт., 2018];
- окклюзионные каппы;
- беззольные заготовки несъемных [Homsy F.R. et al., 2018; Kim S. B. et al., 2018; Mahmood D. J. et al., 2019] и дуговых протезов [Soltanzadeh. P. et al., 2019].

Изделия, полученные полимеризационными методами, нуждаются в проведении обработки с помощью ультразвуковой очистки в специальных растворителях и дополнительном засвечивании в УФ-лампах [Езерская А. А. с соавт., 2019].

Селективное (выборочное) лазерное спекание (SLS) — метод аддитивного производства, основанный на последовательном спекании слоев порошкового материала с помощью лазеров высокой мощности. В качестве расходных материалов используются пластики, металлы (сталь, титан, драгоценные металлы, кобальт-хромовые сплавы и др.), керамика или стекло [Шкуро А. Е. с соавт., 2017; Wang H. et al., 2019; Goguta L. et al., 2021].

С помощью технологии SLS можно изготовить каркасы несъемных [Nelson N. et al., 2017] и дуговых протезов [Wu J. et al., 2017; Ye H. et al., 2017; Tasaka A. et al., 2020].

За последние несколько лет проведены исследования, посвященные сравнительной оценке размерной точности различных моделей 3D-принтеров [Favero C. S. et al., 2017; Park M. E. et al., 2018; Mangano F. G. et al., 2020; Reis B. S. et al., 2020; Rungrojwittayakul O. et al., 2020].

Цифровые технологии, прежде всего, направлены на повышение качества прилегания протезов к тканям протезного ложа. В этом направлении было выполнено несколько исследований. В частности, Syrek A. et al. (2010) в своем исследовании пришли к выводу, что искусственные коронки, изготовленные с применением внутриротового сканера для получения цифровых оттисков, имеют значительно лучшее краевое прилегание, чем коронки, изготовленные по силиконовым оттискам.

Schaefer O. et al. (2014) установили, что фрезерованные искусственные коронки из дисиликата лития, изготовленные на основе цифровых изображений, по-

лученных с помощью 4 внутриротовых сканеров (iTero, TRIOS, CEREC Bluescan и Lava COS) имели более клинически приемлемые значения краевого и внутреннего прилегания к культе препарированного зуба экспериментальной модели.

Для искусственных коронок из дисиликата лития, изготовленных с использованием цифровых технологий (внутриротовое сканирование и CAD/CAM система), среднее значение краевого прилегания составило 48 ± 25 мкм, а для искусственных коронок, полученных с помощью традиционной технологии, среднее значение краевого прилегания составило 74 ± 47 мкм [Ng J. et al., 2014].

Статистически значимые различия в значениях краевого прилегания каркасов металлокерамических мостовидных протезов, изготовленных методом литья по восковым и фотополимерным заготовкам, полученным аддитивным методом, выявили Kim K.V. et al. (2014). При этом среднее значение величины краевого прилегания каркасов, изготовленных традиционным методом литья, составило 66,6 мкм, а среднее значение величины краевого прилегания каркасов, изготовленных с применением технологии стереолитографии (SLA), составило 98,6 мкм.

Каркасы металлокерамических коронок, изготовленные по технологии выборочной лазерной плавки (SLM), обладают лучшим качеством краевого прилегания ($75,6 \pm 32,6$ мкм) по сравнению с каркасами из KXC, полученными с помощью традиционной технологии литья ($91,0 \pm 36,3$ мкм) [Huang Z. et al., 2015]

Сравнение субтрактивного и аддитивного методов изготовления восковых заготовок прессованных керамических искусственных коронок не обнаружило статистически достоверных различий между ними [Shamseddine L. et al., 2017]. Средняя величина краевого прилегания керамических ортопедических конструкций, созданных субтрактивным методом, по данным этих авторов, составила $105,1 \pm 39,6$ мкм. Средняя же величина краевого прилегания керамических несъемных протезов, созданных аддитивным методом, составила $126,2 \pm 25,2$ мкм.

Однако Munoz S. et al. (2017) не выявили статистического различия в значении краевого прилегания золотых искусственных коронок, изготовленных методом литья по заготовкам, полученным двумя различными способами — традиционным с помощью наложения воска и фрезерованием с помощью CAD/CAM системы. Золотые же искусственные коронки, изготовленные по фотополимерным

заготовкам, созданным с помощью 3D-принтера, обладали большим значением величины краевого прилегания (> 120 мкм) по сравнению с золотыми искусственными коронками, изготовленными с применением CAD/CAM системы и традиционным методом литья.

Фрезерованные искусственные коронки, изготовленные по внутроротовому цифровому изображению экспериментальной модели, и по цифровому изображению гипсовой модели, полученной по силиконовому оттиску экспериментальной модели, обладают лучшим качеством краевого прилегания по сравнению с фрезерованными искусственными коронками, изготовленными по цифровому изображению напечатанных моделей на 3D-принтерах 3Dent и Objet EDEN260V [Yeon Jang et al., 2018].

Kim D.Y. et al. (2018) установили, что среднее значение величины краевого прилегания каркасов металлокерамических искусственных коронок, изготовленных в CAD/CAM системе, составляет 60 мкм. Среднее же значение величины краевого прилегания каркасов, изготовленных методом литья по беззольным заготовкам, полученным в CAD/CAM системе, составило 94,2 мкм, а по беззольным заготовкам, полученным по технологии SLA, — 154 мкм. Среднее значение величины краевого прилегания каркасов, изготовленных традиционным методом литья, составило 91,8 мкм. Среднее значение величины краевого прилегания каркасов, изготовленных по технологии выборочной лазерной плавки (SLM), составило 239 мкм. На основании полученных данных авторы пришли к выводу, что аддитивные технологии, применяемые для изготовления каркасов металлокерамических искусственных коронок, нуждаются в существенной доработке.

Taha D. et al. (2019) не выявили статистически значимой разницы между средним значением краевого прилегания искусственных коронок, изготовленных с применением CAD/CAM системы и методом прессования литьевой керамики.

В специальной литературе встречаются отдельные описания клинических случаев применения цифровых технологий при изготовлении полных [Han W. et al., 2017; Janeva N. et al., 2017; Kim T. et al., 2018; Unkovskiy A. et al., 2019] и частичных съемных протезов [Liu Y.F. et al., 2017; Hu F. et al., 2019; Soltanzadeh P. et al., 2019].

Saponaro P.C. et al. (2016) не нашли статистически значимых различий при изучении оценки пациентами результатов ортопедического лечения с помощью полных съемных протезов, изготовленных традиционным методом и с применением цифровых технологий.

Вывод о том, что функциональные оттиски, полученные с помощью индивидуальных оттискных ложек, изготовленных по цифровой технологии, обладают большей размерной точностью по сравнению с функциональными оттисками, полученными с помощью обычных индивидуальных ложек, сделали Chen H. et al. (2016), а фрезерованные базисы полных съемных протезов, как отметили Al-Fouzan A.F. et al. (2017), имеют меньшую степень адгезии *Candida albicans* по сравнению с протезами, созданными традиционным методом. Кроме того, базисы полных съемных протезов, изготовленные субтрактивным методом, обладают более высокой степенью конгруэнтности к протезному ложу по сравнению с протезами, полученными традиционным методом [Steinmassl O. et al., 2018]. Однако Lee S. et al. (2019) не выявили различий в размерной точности базисов полных съемных протезов, изготовленных аддитивным, субтрактивным и традиционным методами.

Фрезерованные полные съемные протезы, как установили Kalberer N. et al. (2019), обладают большей прецизионностью по сравнению с полными съемными протезами, изготовленными по технологии быстрого прототипирования, а McLaughlin J.V. et al. (2019) пришли к выводу, что полные съемные протезы, изготовленные субтрактивным методом, обладают большей размерной точностью по сравнению с протезами, полученными по традиционной технологии компрессионного формования пластмассы.

1.4 Проблемы применения цифровых технологий и возможные пути их решения

В настоящее время цифровые технологии изготовления ортопедических конструкций привлекают все большее внимание исследователей и подвергаются детальному анализу с целью определения их преимуществ и недостатков. Наряду с более широким освещением технических возможностей самих устройств и их сравни-

тельной характеристикой очень мало научных публикаций, посвященных клинической оценке ортопедических конструкций, изготовленных с помощью 3D-принтеров и фрезерно-шлифовальных станков. Недостаточно подробно и часто противоречиво опубликованы результаты изучения размерной точности несъемных и съемных протезов, полученных с применением цифровых технологий. Требуют уточнения данные о краевом и внутреннем прилегании несъемных протезов, изготовленных аддитивным и субтрактивным методами. Мало исследований, посвященных изучению реакции краевого пародонта на несъемные протезы, изготовленные по обычной и цифровой технологии. Кроме того, в специальной литературе практически отсутствуют данные о реакции слизистой оболочки протезного ложа беззубого альвеолярного отростка и свода неба у пациентов, пользующихся частичными и полными съемными протезами, изготовленными по разным технологиям.

Цифровые технологии направлены, прежде всего, на внедрение устройств, позволяющих повысить эффективность диагностического процесса, ускорение процесса лечения, повышение точности его отдельных клинических приемов, улучшения эстетики протезов и внешнего вида лица при улыбке. Однако до сих пор цифровые технологии редко используются для разработки новых алгоритмов персонализированных методов планирования и ортопедического лечения пациентов с частичной и полной потерей зубов, что является наиболее актуальным направлением для их внедрения в клиническую практику. Наряду с этими наиболее важными для клинической медицины вопросами остается недостаточно изученным медико-экономическое обоснование применения цифровых технологий при изготовлении ортопедических конструкций. Все вышеизложенное подчеркивает высокую актуальность исследований в этом направлении и является обоснованием дальнейшего изучения эффективности применения цифровых технологий в ортопедической стоматологии.

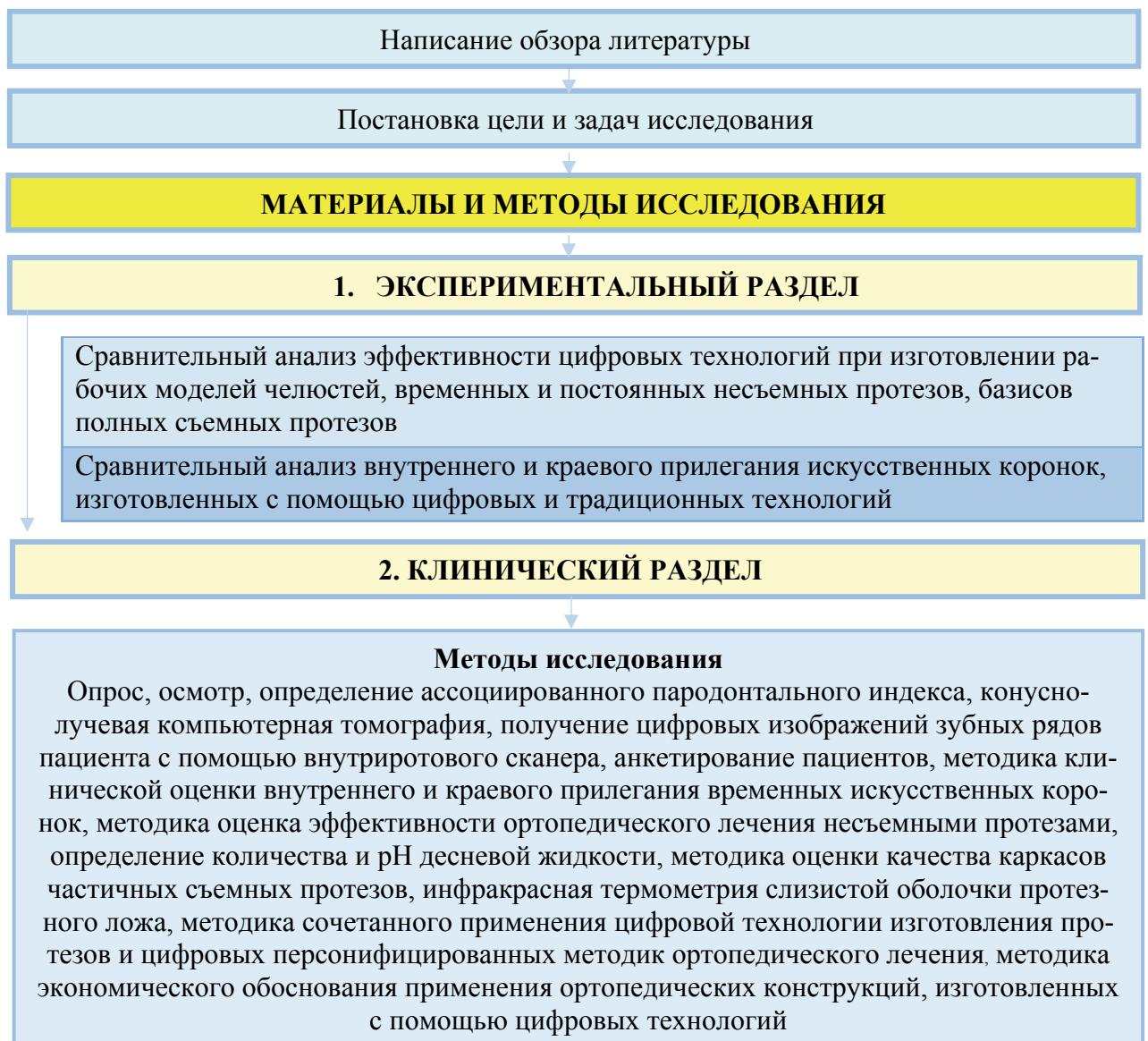
ГЛАВА 2. МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

2.1 Общая характеристика исследования

В проведенных нами ранее исследованиях [Вокулова Ю. А., 2017] изучались вопросы, посвященные точности сканирования оттисков, рабочих гипсовых моделей, цифровых изображений зубных рядов, полученных с применением лабораторного и внутриротового сканеров, влиянию оттискового материала и метода получения оттиска зубных рядов на его размерную точность, а также качеству внутреннего и краевого прилегания временных искусственных коронок и каркасов из диоксида циркония, полученных субтрактивным методом. Эти вопросы были исключены из настоящего исследования. Кроме того, в предыдущем исследовании не проводилось сравнение с аддитивным и традиционным методами изготовления этих видов несъемных протезов, что представляет особый научный интерес. Учитывая это обстоятельство в настоящем исследовании в экспериментальный раздел были включены сравнительные анализы эффективности цифровых и традиционных технологий при изготовлении рабочих моделей челюстей, временных и постоянных цельнокерамических искусственных коронок из дисиликата лития, каркасов металлокерамических несъемных протезов, плотности внутреннего и краевого прилегания искусственных коронок к культе и придесневому уступу препарированного зуба, а также базисов полных съемных протезов.

В отношении предыдущих наших клинических исследований [Вокулова Ю. А., 2017] необходимо отметить, что в них изучалась лишь эффективность ортопедического лечения с применением несъемных протезов, изготовленных с применением CAD/CAM системы, но при этом не проводилась сравнительная оценка их с традиционным методом изготовления искусственных коронок и мостовидных протезов. Кроме того, в клинический раздел настоящего исследования было включено комплексное обследование и лечение 406 больных в возрасте от 25 до 76 лет с дефектами твердых тканей зубов, частичной и полной потерей зубов с использова-

нием цифровых (218 пациента) и традиционных технологий (188 пациентов). В дополнение к этому нами проведена клиническая оценка временных несъемных протезов и каркасов частичных съемных протезов (дуговых и с металлическим базисом), изучена эффективность применения искусственных коронок и мостовидных протезов, изготовленных с применением цифровых и традиционных технологий, изучено состояние краевого пародонта опорных зубов под несъемными протезами посредством определения количества и pH десневой жидкости, состояние слизистой оболочки протезного ложа под базисами съемных протезов с помощью инфракрасной термометрии и разработаны новые алгоритмы персонализированного ортопедического лечения частичной и полной потери зубов с применением цифровых технологий. Общий дизайн исследования представлен на рисунке 1.



РЕЗУЛЬТАТЫ СОБСТВЕННЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ (продолжение)

1. РЕЗУЛЬТАТЫ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОГО РАЗДЕЛА

Результаты сравнительного анализа эффективности цифровых технологий при изготовлении

- рабочих моделей челюстей
- временных искусственных коронок
- каркасов искусственных коронок из дисиликата лития
- каркасов металлокерамических искусственных коронок
- каркасов мостовидных протезов
- базисов полных съемных протезов

Результаты изучения внутреннего и краевого прилегания временных искусственных коронок, каркасов искусственных коронок из дисиликата лития, каркасов металлокерамических искусственных коронок к препарированной культе зуба

2. РЕЗУЛЬТАТЫ КЛИНИЧЕСКОГО РАЗДЕЛА

Результаты сравнительной оценки временных искусственных коронок, изготовленных с помощью цифровых и традиционных технологий

Результаты разработки методики и программы для ЭВМ индексной оценки эффективности стоматологического ортопедического лечения

Результаты сравнительного анализа эффективности ортопедического лечения несъемными и съемными протезами, изготовленными с применением цифровых и традиционных технологий

Результаты разработки методики и программы для ЭВМ определения показаний к применению мостовидных протезов

Результаты разработки индекса потери окклюзионных контактов и тактики лечения пациентов с окклюзионными нарушениями

Результаты разработки методики коррекции окклюзионных контактов с помощью цифровых технологий

Результаты изучения реакции пародонта опорных зубов при применении несъемных протезов, изготовленных с помощью цифровых технологий

Результаты разработки методики и программы для ЭВМ определения точности установки зубных имплантатов

Результаты оценки качества каркасов частичных съемных протезов (дуговых и с металлическим базисом)

Результаты разработки цифровой методики определения нейтральной зоны протезного ложа беззубой челюсти

Результаты изучения реакции слизистой оболочки протезного ложа с помощью инфракрасной термометрии

Результаты сочетанного применения цифровой технологии изготовления протезов и цифровых персонализированных методик ортопедического лечения

Результаты экономического обоснования применения ортопедических конструкций, изготовленных с помощью традиционных и цифровых технологий

Выводы, практические рекомендации

Для реализации экспериментального и клинического разделов исследования применяли следующие технические средства — внутриротовой сканер iTero 2.4 (Cadent), CAD/CAM система Kavo Arctica, 3D-принтер Asiga Max UV, программное обеспечение DentalCAD 2.2 Valletta, микроскоп Leica M320 и аппарат T-Scan.

2.2 Материалы и методы экспериментального исследования

2.2.1 Методика изготовления рабочих моделей челюстей для проведения сравнительного анализа традиционных и цифровых технологий

Для проведения сравнительного анализа эффективности цифровых технологий при изготовлении рабочих моделей челюстей нами была разработана специальная программа проведения исследования.

На первом этапе была создана экспериментальная модель №1 (рисунок 2), искусственные зубы и альвеолярный отросток которой были изготовлены из акриловой пластмассы. На экспериментальной модели № 1 было проведено препарирование 8 зубов (3.7, 3.6, 3.5, 3.4, 3.3, 3.2, 4.6, 4.7) с созданием циркулярного пологого уступа, а затем с помощью внутриротового сканера были получены 5 ее цифровых оттисков.



Рисунок 2 — Экспериментальная модель №1 (объяснение в тексте)

В виртуальном пространстве программного обеспечения CAD/CAM системы на основе полученных цифровых оттисков (5) были созданы виртуальные изображения экспериментальной модели №1. Далее с помощью 3D-принтера были напе-

чатаны 5 рабочих моделей с заданной, наиболее точной, толщиной фотополимерного материала Freeprint model UV (DETAH, Германия) в 0,025 мм с учетом его усадки (рисунок 3).



Рисунок 3 — Напечатанная модель с помощью 3D-принтера

Затем с экспериментальной модели № 1 с акриловыми зубами получали 5 оттисков одноэтапным двухслойным методом с применением А — силикона (Express STD, Express XT Regular Body, 3М ESPE, США). По полученным оттискам готовили 5 разборных рабочих моделей из высокопрочного гипса Fujirock (GC, Япония) (рисунок 4).



Рисунок 4 — Разборная рабочая гипсовая модель

После этого с помощью лабораторного сканера получали цифровые изображения экспериментальной модели № 1, 5 гипсовых моделей и 5 напечатанных моделей.

Для изучения размерной точности напечатанных и гипсовых моделей челюстей и применения непараметрических статистических методов исследования в виртуальном пространстве программного обеспечения CAD/CAM системы каждое из

полученных 11 цифровых изображений моделей челюстей разрезали с сохранением 8 виртуальных фрагментов препарированных зубов и 1 фрагмента с альвеолярным отростком и неподготовленными под несъемные протезы зубами (рисунок 5).

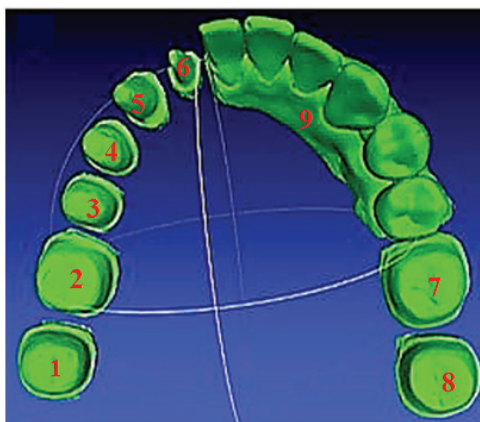


Рисунок 5 — Фрагменты цифрового изображения экспериментальной модели №1 (пояснения в тексте)

2.2.2 Методика изготовления искусственных коронок для проведения сравнительного анализа традиционных и цифровых технологий

Для проведения сравнительного анализа эффективности цифровых технологий при изготовлении несъемных протезов и качества прилегания каркасов несъемных протезов к препарированной культе зуба нами была создана экспериментальная модель № 2 с подготовленными под искусственные коронки 2.5, 2.7 с циркулярным пологим уступом (рисунок 6).



Рисунок 6 — Экспериментальная модель № 2 с подготовленными под искусственные коронки 2.5, 2.7

Для проведения сравнительного анализа эффективности цифровых технологий при изготовлении каркасов цельнокерамических искусственных коронок из дисиликата лития IPS e.max (Ivoclar Vivadent, Германия) нами была разработана специальная программа проведения исследования, в которой мы использовали экспериментальную модель №2.

На первом этапе выполнения этой программы были получены 10 цифровых изображений экспериментальной модели № 2 с помощью внутриротового сканера. В виртуальном пространстве программного обеспечения CAD/CAM системы проводили моделирование 10 каркасов искусственных коронок для культи зуба 2.7 (рисунок 7 А). Для всех каркасов при виртуальном моделировании задавали величину внутреннего прилегания в 50 мкм.

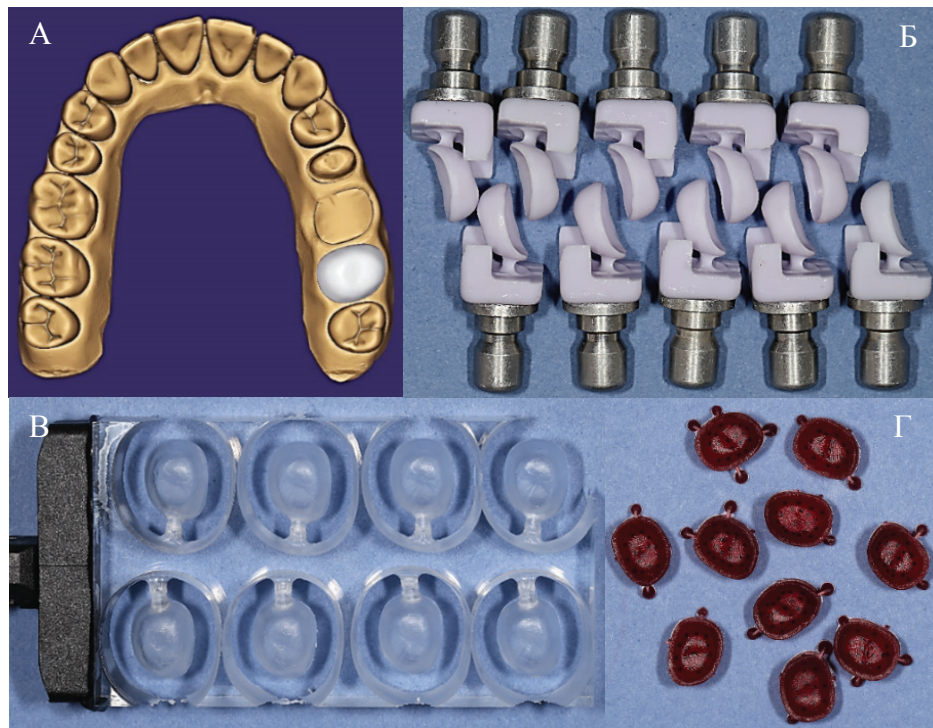


Рисунок 7 — Изготовление каркасов искусственных коронок из дисиликат лития:
 А — цифровое изображение экспериментальной модели № 2 и виртуальный каркас искусственной коронки 2.7;
 Б — фрезерованные каркасы искусственных коронок из дисиликата лития E.max CAD;
 В — фрезерованные заготовки каркасов искусственных коронок из беззольного полимерного материала KaVo C-Cast;
 Г — заготовки каркасов искусственных коронок, полученные с помощью 3D-принтера

На втором этапе в фрезерно-шлифовальном станке CAD/CAM-системы из дисиликата лития E.max CAD были изготовлены 10 каркасов искусственных коронок (рисунок 7 Б), а из беззольного полимерного материала KaVo C-Cast также были получены 10 заготовок каркасов искусственных коронок (рисунок 7 В).

Далее с помощью 3D-принтера были изготовлены 10 заготовок каркасов искусственных коронок зуба 2.7 (рисунок 7 Г) из фотополимерного материала Freerprint cast UV (DETAH, Германия) с учетом его усадки. Затем методом прессования с использованием печи для обжига керамики Programat EP 5010 были получены 20 каркасов искусственных коронок из дисиликата лития IPS e.max из изготовленных ранее в CAD/CAM-системе и 3D принтере заготовок.

На третьем этапе с экспериментальной модели № 2 были получены 10 двухслойных одноэтапных А-силиконовых оттисков (Express STD, Express XT Regular Body, 3M ESPE, США) и изготовлены 10 разборных моделей из высокопрочного гипса Fujirock (GC, Япония), на которых изготавливали восковые заготовки 10 каркасов искусственных коронок, моделировали литники, формовали в опоку, выплавляли воск и с помощью печи для обжига керамики Programat EP5010 получали их из дисиликата лития IPS e.max.

Для проведения сравнительного анализа эффективности цифровых технологий при изготовлении каркасов металлокерамических искусственных коронок нами была разработана специальная программа проведения эксперимента, в которой также использовалась экспериментальная модель № 2 (см. рисунок 6).

На первом этапе получали 11 цифровых изображений экспериментальной модели №2 с помощью внутриротового сканера, а затем в виртуальном пространстве программного обеспечения CAD/CAM системы проводили моделирование каркасов искусственных коронок для культы зуба 2.7.

В фрезерно-шлифовальном станке CAD/CAM системы изготавливали 11 титановых каркасов искусственных коронок из материала Titan Blank (2-й этап).

На третьем этапе с экспериментальной модели № 2 получали двухслойные одноэтапные А силиконовые оттиски (Express STD, Express XT Regular Body, 3M ESPE, США) и изготавливали 11 разборных моделей из высокопрочного гипса

Fujirock (GC, Япония), на которых создавали восковые заготовки каркасов искусственных коронок и отливали их из КХС.

Для проведения сравнительного анализа эффективности цифровых технологий при изготовлении временных искусственных коронок нами была разработана специальная программа проведения исследования, в которой также использовалась экспериментальная модель № 2 (см. рисунок 6).

На первом этапе было получено 10 цифровых изображений экспериментальной модели №2 с помощью внутриротового сканера. В виртуальном пространстве программного обеспечения CAD/CAM проводили моделирование временных искусственных коронок для культы зуба 2.7. Для всех искусственных коронок при виртуальном моделировании также задавали величину внутреннего прилегания в 50 мкм.

На втором этапе из материала VITA CAD-Temp в фрезерно-шлифовальном станке CAD/CAM системы изготавливали 10 временных искусственных коронок.

На третьем этапе с помощью 3D-принтера были изготовлены 10 искусственных коронок из биологически совместимого микронаполненного гибридного материала NextDent C&B MFH с учетом его усадки. На четвертом этапе с экспериментальной модели № 2 были получены двухслойные одноэтапные А силиконовые оттиски (Express STD, Express XT Regular Body, 3M ESPE, США) и изготовлены 10 разборных моделей из высокопрочного гипса Fujirock (GC, Япония). По восковым заготовкам методом горячей полимеризации изготавливали 10 временных искусственных коронок из акриловой пластмассы Синма М (Стома, Украина).

2.2.3 Методика изготовления мостовидных протезов для проведения сравнительного анализа традиционных и цифровых технологий

Для проведения сравнительного анализа эффективности цифровых технологий при изготовлении каркасов мостовидных протезов нами была разработана специальная программа проведения исследования, в которой также использовалась экспериментальная модель № 2 (см. рисунок 6).

На первом этапе было получено 5 цифровых изображений экспериментальной модели №2 с помощью внутриротового сканера (рисунок 8 А). В виртуальном пространстве программного обеспечения CAD/CAM системы проводили моделирование каркасов мостовидных протезов с опорой на культы зубов 2.5 и 2.7 (рисунок 8 Б). Для всех каркасов при виртуальном моделировании задавали величину внутреннего прилегания 50 мкм.

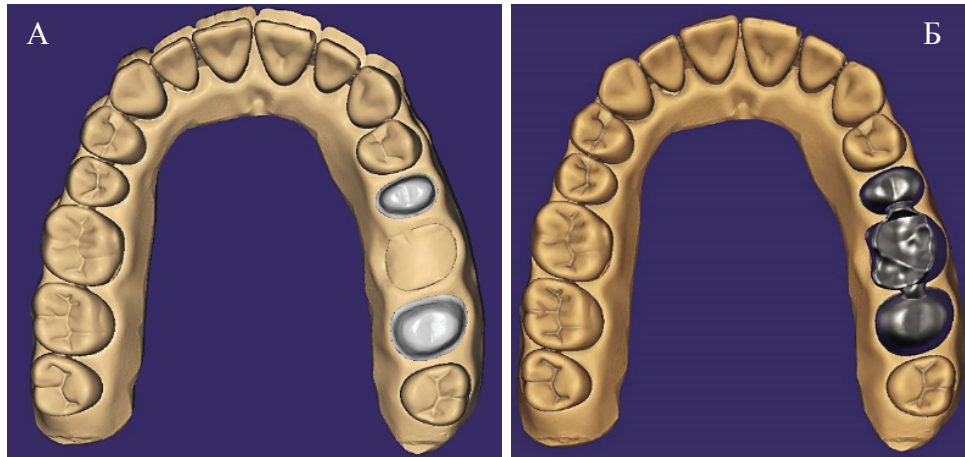


Рисунок 8 — Рабочее окно виртуального пространства программного обеспечения CAD/CAM системы:

- А — цифровое изображение экспериментальной модели № 2;
- Б — виртуальный каркас мостовидного протеза с опорой на 2.5, 2.7

На втором этапе в фрезерно-шлифовальном станке CAD/CAM системы изготавливали 5 титановых каркасов мостовидных протезов из материала Titan Blank и 5 циркониевых каркасов мостовидных протезов из материала KaVo Arctica ZS с учетом его усадки.

На третьем этапе с помощью 3D-принтера получали 5 заготовок каркасов мостовидных протезов из фотополимерного материала Freeprint cast UV, а затем по традиционной технологии отливали их из КХС с учетом усадки материалов.

На четвертом этапе с экспериментальной модели № 2 получали двухслойные одноэтапные А силиконовые оттиски (Express STD, Express XT Regular Body, 3М ESPE, США) и изготавливали 5 разборных моделей из высокопрочного гипса Fujirock (GC, Япония). По восковым заготовкам получали каркасы мостовидных протезов из КХС с учетом усадки.

2.2.4 Методика изготовления базисов съемных протезов для проведения сравнительного анализа традиционных и цифровых технологий

Для проведения сравнительного анализа эффективности цифровых технологий при изготовлении базисов полных съемных протезов использовалась экспериментальная модель № 3 беззубой верхней челюсти (рисунок 9).



Рисунок 9 — Экспериментальная модель № 3 беззубой верхней челюсти

С помощью внутриротового сканера получали 6 цифровых изображений экспериментальной модели № 3. В виртуальном пространстве программного обеспечения CAD/CAM системы проводили моделирование базисов полных съемных протезов, а затем с помощью 3D-принтера изготавливали 6 базисов полных съемных протезов из биологически совместимого фотополимерного материала NextDent Base (NextDent B.V., Нидерланды) с учетом его усадки.

С экспериментальной модели № 3 для получения базисов полных съемных протезов из пластмассы Vertex Rapid (Vertex-Dental, Нидерланды) с помощью силиконового материала Speedex, Coltene (Швейцария) снимали 6 оттисков и отливали гипсовые модели из высокопрочного гипса Fujirock (GC, Япония), на которых по традиционной методике изготавливали базисы.

2.2.5 Методика сравнительного анализа эффективности цифровых технологий при изготовлении рабочих моделей челюстей, временных и постоянных несъемных протезов и базисов протезов для беззубых челюстей

С помощью лабораторного сканера получали цифровые изображения экспериментальных моделей и изготовленных в ходе исследования гипсовых и напечатанных моделей челюстей, несъемных протезов и базисов полных съемных протезов. В компьютерной программе MeshLab (v1.3.4Beta) проводили совмещение цифрового изображения экспериментальных моделей с цифровыми изображениями гипсовых и напечатанных моделей челюстей, несъемных протезов и базисов полных съемных протезов, полученных с помощью традиционных и цифровых технологий.

Совмещение цифровых изображений в компьютерной программе MeshLab осуществлялось автоматически. После наложения двух цифровых изображений, программа рассчитывает «медиану расстояний» между виртуальными объектами. В качестве примера приводим рисунок 10.

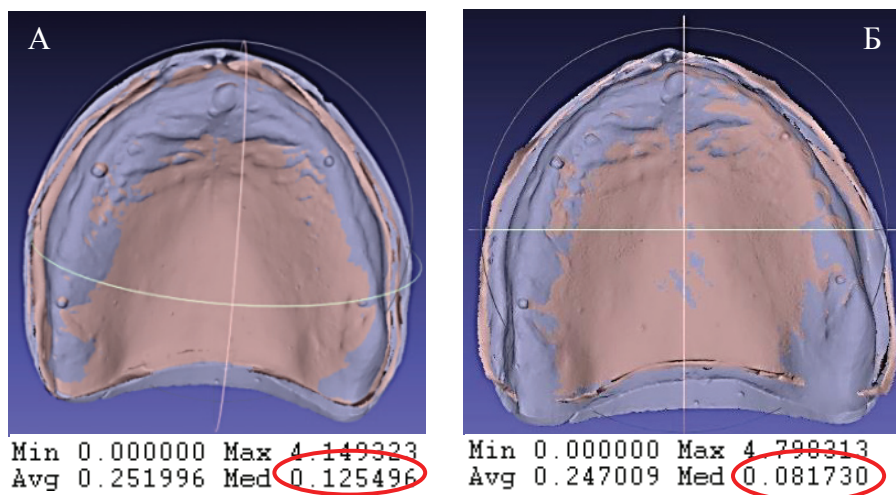


Рисунок 10 — Рабочее окно программы MeshLab с совмещенными цифровыми изображениями базисов полных съемных протезов:

А — значение медианного расстояния для базиса, изготовленного традиционным методом (Med 0,125496 мм);

Б — значение медианного расстояния для базиса, изготовленного с помощью 3D-принтера (Med 0,081730 мм)

Алгоритм сравнения в компьютерной программе MeshLab состоит в следующем. Случайным образом выбирается достаточно большое число точек на двух цифровых изображениях равное числу вершин в одной из моделей. Для каждой точки одного цифрового изображения перебираются точки другого виртуального изображения для определения ближайшей. Расстояние между этими двумя точками запоминается. Среди всех запомненных расстояний в программе MeshLab автоматически рассчитывается медиана расстояний между двумя цифровыми изображениями [Aspert N. et al., 2002; Oniga E. et al., 2013; Михайлов И. А., 2010]. В приложении к нашему исследованию размерная точность тем больше, чем меньше значение «медианного расстояния» между цифровыми изображениями после их совмещения. Результаты измерений заносили в таблицы для последующего статистического анализа.

Программа исследования состояла из следующих разделов:

1. Анализ в компьютерной программе MeshLab цифровых изображений гипсовых и напечатанных моделей челюстей
2. Анализ в компьютерной программе MeshLab цифровых изображений временных искусственных коронок из материалов VITA CAD-Temp NextDent S&B MFH, Синма М.
3. Анализ в компьютерной программе MeshLab цифровых изображений каркасов искусственных коронок из дисиликата лития, полученных с помощью цифровых и традиционных технологий.
4. Анализ в компьютерной программе MeshLab цифровых изображений каркасов металлокерамических искусственных коронок, полученных с помощью цифровых и традиционных технологий.
5. Анализ в компьютерной программе MeshLab цифровых изображений каркасов металлокерамических и цельнокерамических мостовидных протезов, полученных с помощью цифровых и традиционных технологий.
6. Анализ в компьютерной программе MeshLab цифровых изображений базисов полных съемных протезов, полученных с помощью цифровых и традиционных технологий.

2.2.6 Методика изучения качества прилегания искусственных коронок к препарированной культе зуба

Для оценки точности внутреннего прилегания каркасов цельнокерамических и металлокерамических искусственных коронок, временных искусственных коронок, изготовленных с помощью цифровых и традиционных технологий, была использована следующая методика. Каркасы искусственных коронок заполняли корригирующим оттискным материалом Speedex light body, Coltene (Швейцария) и фиксировали на культю зуба 2.7 экспериментальной модели № 2. По истечении времени, необходимого для полимеризации корригирующего оттискного материала, каркасы снимали с культи и извлекали силиконовый оттиск, отображающий качество внутреннего прилегания каркасов несъемных протезов. Для каждого каркаса несъемного протеза получали два оттиска внутреннего прилегания. Далее силиконовые оттиски гипсовали и разрезали в мезио-дистальном и в вестибуло-оральном направлении, получая тем самым по 4 шлифа для каждого несъемного протеза. Затем с помощью операционного микроскопа Leica M320 под 40-кратным увеличением получали фотографии шлифов и в компьютерной программе Image J проводили измерения толщины силиконового оттиска, отражающего точность внутреннего прилегания каркасов. На каждом шлифе проводили по 10 измерений, результаты которых заносили в таблицы для последующего статистического анализа.

При оценке точности внутреннего прилегания полученных несъемных протезов особое внимание уделяли величине внутреннего прилегания, равномерности распределения корригирующего материала на поверхности культи препарированного зуба, расположению края коронки на уступе культи и необходимости коррекции каркаса.

Программа исследования состояла из следующих разделов:

1. Изучение точности внутреннего прилегания временных искусственных коронок из материалов VITA CAD-Temp NextDent C&B MFH, Синма М.
2. Изучение точности внутреннего прилегания каркасов искусственных коронок из дисиликата лития, полученных с помощью цифровых и традиционных технологий.

3. Изучение точности внутреннего прилегания каркасов металлокерамических искусственных коронок, полученных с помощью цифровых и традиционных технологий.

Для оценки величины краевого прилегания между каркасом несъемных протезов и опорным зубом применяли следующую методику. Фотографии краевого прилегания между искусственными коронками и опорным зубом получали с помощью операционного микроскопа Leica M320 под 40-кратным увеличением на мезиальной, дистальной, оральной и вестибулярной поверхности. С помощью компьютерной программы Image J. измеряли величины краевого прилегания искусственных коронок в 10 контрольных точках по периметру уступа на мезиальной, дистальной, оральной и вестибулярной поверхностях. Результаты измерений заносили в таблицы для последующего статистического анализа.

Для оценки состояния краевого прилегания несъемных протезов применяли критерии, разработанные компанией «Renishaw» (Великобритания), лидером в области промышленной метрологии (по данным Ряховского А. Н. с соавторами (2011): 0–19 мкм — отличное прилегание, отсутствие клинических проблем; 20–39 мкм — хорошее прилегание; 40–79 мкм — удовлетворительное; 80–119 мкм — приемлемое; 120 мкм — максимальное ограничение для надежного функционирования.

Программа исследования состояла из следующих разделов:

1. Изучение краевого прилегания временных искусственных коронок, из материалов VITA CAD-Temp NextDent C&B MFH, Синма М.
2. Изучение краевого прилегания каркасов искусственных коронок из дисиликата лития, полученных с помощью цифровых и традиционных технологий.
3. Изучение краевого прилегания каркасов металлокерамических искусственных коронок, полученных с помощью цифровых и традиционных технологий.

2.3 Материалы и методы клинического исследования

2.3.1 Общая характеристика клинического материала

Клинические исследования проводились на базе федерального государственного казенного учреждения «Поликлиника № 2 Федеральной таможенной службы» России в период с 2017 по 2022 гг.

Нами были обследованы 406 человек в возрасте от 25 до 76 лет (218 мужчины и 188 женщин). Медианный возраст составил 50 лет. Распределение больных по гендерному и возрастному признаку представлено в таблице 2.

Таблица 2 — Распределение пациентов по гендерному и возрастному признаку, абс. (%)

Пол	Всего человек		Возраст					
	абс.	%	21–30	31–40	41–50	51–60	61–70	71–80
Мужчины	218	53,7	2 (0,5)	51 (12,6)	59 (14,5)	54 (13,3)	44 (10,8)	8 (2,0)
Женщины	188	46,3	4 (1)	49 (12,0)	55 (13,6)	50 (12,3)	24 (5,9)	6 (1,5)
Всего	406	100	6 (1,5)	100 (24,6)	114 (28,1)	104 (25,6)	68 (16,7)	14 (3,5)

При обращении пациенты чаще всего предъявляли жалобы на отсутствие зубов (244 человек), 89 пациентов отмечали разрушение зубов, 41 пациент обратился в клинику с жалобами на дефекты ранее изготовленных несъемных протезов, 32-х пациентов не устраивал внешний вид естественных зубов, искусственных коронок или мостовидных протезов. Распределение жалоб пациентов представлено на рисунке 11.

При обследовании полости рта в первую очередь учитывалось состояние оставшихся зубов и зубных рядов, протяженность дефектов, состояние пародонта, вид прикуса, выраженность атрофии костной ткани в области дефектов зубных рядов. Распределение пациентов по видам прикуса представлено на рисунке 12.

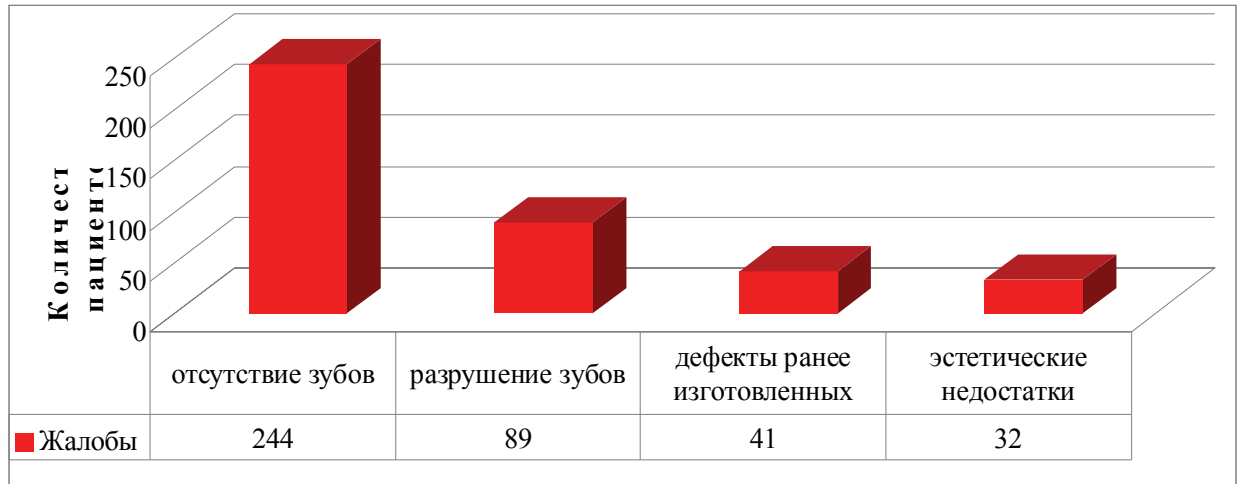


Рисунок 11 — Гистограмма распределения жалоб пациентов

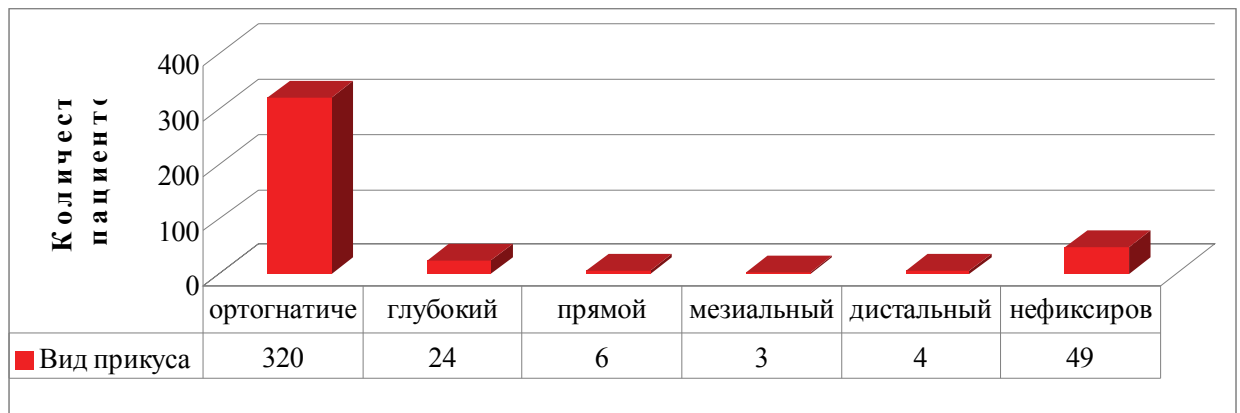


Рисунок 12 — Гистограмма распределение пациентов по видам прикуса

Пациенты имели следующие диагнозы (рисунок 13): 1) 162 пациента были с дефектами твердых тканей зубов; 2) 120 пациента имели частичную потерю зубов; 3) у 97 пациентов — частичная потеря зубов, сочеталась с дефектами твердых тканей; 4) 27 пациентов имели полную потерю зубов.

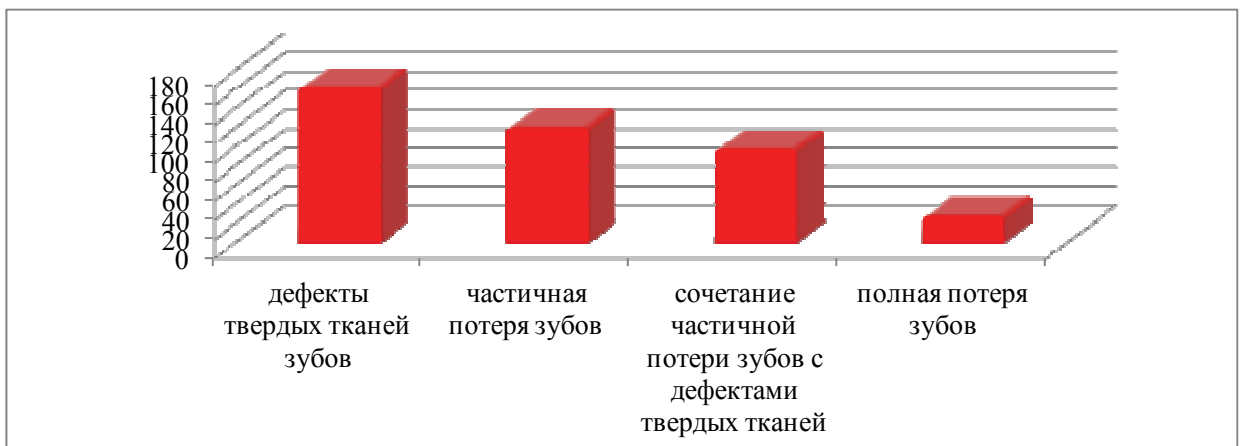


Рисунок 13 — Гистограмма распределение пациентов по нозологическим формам

Постановка диагноза осуществлялась по Международной классификации болезней МКБ-10.

После детального обследования, постановки диагноза и составления плана ортопедического лечения оформлялась история болезни. Перед протезированием пациентам проводили санацию полости рта, а на весь период терапевтического, хирургического и ортопедического лечения больным изготавливались временные протезы.

Все пациенты были полностью проинформированы о протоколе настоящего исследования и подписали подробную форму информированного согласия.

С использованием традиционных технологий было проведено ортопедическое лечение 188 пациентов (94 мужчин и 94 женщин) в возрасте от 25 до 74 лет (таблица 3).

При лечении 129 пациентов (63 мужчин и 66 женщин) в возрасте от 33 до 68 лет применяли несъемные протезы: 28 пациентам (13 мужчин и 15 женщин) в возрасте от 29 до 66 лет изготовлены 51 временная искусственная коронка по технологии силиконового ключа из самотвердеющего бисакрилатного композитного материала автоматического замешивания Protemp 4 (3M Espe); 10 пациентам (6 мужчин и 4 женщин) в возрасте от 32 до 65 лет применили 10 временных искусственных коронок из материала Re-Fine Bright (Yamahachi-Dental, Япония), изготовленных методом холодной полимеризации пластмассы; у 77 пациентов (35 мужчин и 42 женщин) в возрасте от 30 до 70 лет при лечении дефектов твердых тканей зубов использованы 181 металлокерамическая искусственная коронка на каркасах из КХС; у 14 пациентов (9 мужчин и 5 женщин) в возрасте от 35 до 65 лет ортопедическое лечение при частичной потере зубов проводилось с применением 17 металлокерамических мостовидных протеза на каркасах из КХС.

У 49 пациентов (27 мужчин и 22 женщин) в возрасте от 42 до 76 лет применялись съемные протезы: 28 пациентам (13 мужчин и 15 женщин) в возрасте от 48 до 76 лет наложены 32 дуговых протеза, 8 пациентам (6 мужчин и 2 женщины) в возрасте от 45 до 71 года лечение проводили с применением 8 пластиночных съемных протезов с металлическим базисом, у 13 пациентов (8 мужчин и 5 женщин) в возрасте от 51 до 74 лет были применены 23 полных съемных протезов.

Таблица 3 — Распределение пациентов, протезирование которых проводили с применением традиционных технологий, по полу и виду ортопедических конструкций, абс. (%)

Вид ортопедической конструкции			Количество	Пол		Количество пациентов
				муж.	жен.	
Несъемные протезы	1. Искусственные коронки	Временные искусственные коронки, изготовленные по технологии силиконового ключа из материала Protemp 4 (3M Espe)	51 (15,4)	13 (6,9)	15 (8,0)	28 (14,9)
		Временные искусственные коронки, изготовленные из материала Re-Fine Bright (Yamahachi-Dental, Япония)	10 (3,0)	6 (3,2)	4 (2,1)	10 (5,3)
		Металлокерамические искусственные коронки на каркасах из КХС	181 (54,5)	35 (18,6)	42 (22,4)	77 (41,0)
	2. Мостовидные протезы	Металлокерамические мостовидные протезы на каркасах из КХС	17 (5,1)	9 (4,8)	5 (2,7)	14 (7,5)
	Всего			259 (78,1)	63 (33,5)	66 (35,2)
Съемные протезы	1. Дуговые протезы		32 (9,6)	13 (6,9)	15 (8,0)	28 (14,9)
	2. Пластиночные съемные протезы с металлическим базисом		8 (2,4)	6 (3,2)	2 (1,0)	8 (4,2)
	3. Полные съемные протезы		23 (7,0)	8 (4,3)	5 (2,6)	13 (6,9)
	Всего			63 (19,0)	27 (14,4)	22 (11,6)
Модели челюстей			10 (3,1)	4 (2,1)	6 (3,2)	10 (5,3)

Для оценки времени изготовления моделей челюстей, созданных с помощью традиционной и цифровой технологий, 10 пациентам (4 мужчин и 6 женщин) в возрасте от 41 лет до 70 лет были изготовлены 10 гипсовых рабочих моделей челюстей.

С использованием цифровых технологий было проведено ортопедическое лечение 218 пациентов (124 мужчин и 94 женщин) в возрасте от 29 до 76 лет (таблица 4).

Таблица 4 — Распределение пациентов, протезирование которых проводили с применением цифровых технологий, по полу и виду ортопедических конструкций, абс. (%)

Вид ортопедической конструкции			Количество	Пол		Количество пациентов	
				муж.	жен.		
Несъемные протезы	1. Искусственные коронки	Временные искусственные коронки, изготовленные субтрактивным методом из материала VITA CAD-Temp	52 (13,0)	17 (7,8)	10 (4,6)	27 (12,4)	
		Временные искусственные коронки, изготовленные аддитивным методом из материала NextDent C&B MFH	52 (13,0)	10 (4,6)	11 (5,1)	21 (9,7)	
		Металлокерамические искусственные коронки на титановых каркасах	149 (37,3)	35 (16,1)	30 (13,7)	65 (29,8)	
		Цельнокерамические искусственные коронки на каркасах из диоксида циркония	33 (8,3)	3 (1,4)	8 (3,6)	11 (5,0)	
		Искусственные коронки на каркасах из диоксида циркония с опорой на имплантаты	15 (3,8)	5 (2,3)	6 (2,7)	11 (5,0)	
	2. Мостовидные протезы	Металлокерамические мостовидные протезы на титановых каркасах	18 (4,5)	13 (6,0)	5 (2,3)	18 (8,3)	
		Цельнокерамические мостовидные протезы на каркасах из диоксида циркония	10 (2,5)	3 (1,4)	2 (0,9)	5 (2,3)	
	Всего			329 (82,4)	86 (39,6)	72 (32,9)	158 (72,5)
	Съемные протезы	1. Дуговые протезы		27 (6,8)	18 (8,3)	9 (4,1)	27 (12,4)
		2. Пластиночные съемные протезы с металлическим базисом		9 (2,3)	5 (2,3)	4 (1,8)	9 (4,1)
3. Полные съемные протезы		24 (6,0)	8 (3,7)	6 (2,7)	14 (6,4)		
Всего			60 (15,1)	31 (14,3)	19 (8,6)	50 (22,9)	
Модели челюстей			10 (2,5)	7 (3,2)	3 (1,4)	10 (4,6)	

При протезировании 158 человек (86 мужчин и 72 женщин) в возрасте от 25 до 70 лет применяли несъемные протезы: 27 пациентам (17 мужчин и 10 женщин) в возрасте от 29 до 68 лет применили 52 временные искусственные коронки из материала VITA CAD-Temp, изготовленные субтрактивным методом; 21 пациенту (10 мужчин и 11 женщин) в возрасте от 30 до 61 года были применены 52 временные искусственные коронки из материала NextDent C&B MFH, изготовленные аддитивным методом; у 65 пациентов (35 мужчин и 30 женщин) в возрасте от 30 до 70 лет при лечении дефектов твердых тканей зубов изготовлены 149 металлокерамических искусственных коронок на титановых каркасах, а у 11 человек (3 мужчин и 8 женщин) в возрасте от 31 до 65 лет 33 цельнокерамических искусственных коронок на каркасах из диоксид циркония; у 18 пациентов (13 мужчин и 5 женщин) в возрасте от 32 до 68 лет ортопедическое лечение при частичной потере зубов проводилось с применением 18 металлокерамических мостовидных протезов на титановых каркасах, у 5 человек (3 мужчин и 2 женщин) в возрасте от 33 до 64 лет с применением 10 цельнокерамических мостовидных протезов на каркасах из диоксид циркония, у 11 пациентов (5 мужчин и 6 женщин) в возрасте от 33 до 56 лет с применением 15 искусственных коронок на каркасах из диоксид циркония с опорой на имплантаты.

При ортопедическом лечении 50 пациентов (31 мужчин и 19 женщин) в возрасте от 42 до 75 лет применяли съемные протезы. При этом у 27 пациентов (18 мужчин и 9 женщин) в возрасте от 44 до 70 лет были использованы 27 дуговых протезов, а у 9 пациентов (5 мужчин и 4 женщины) в возрасте от 42 до 74 лет применены 9 пластиночных съемных протезов с металлическим базисом. При ортопедическом лечении 14 пациентов с полной потерей зубов (8 мужчин и 6 женщины) в возрасте от 65 до 74 лет были изготовлены 24 съемных протезов.

Для оценки времени изготовления моделей челюстей, созданных с помощью традиционной и цифровой технологий 10 пациентам (7 мужчин и 3 женщины) в возрасте от 34 лет до 76 лет были изготовлены с помощью 3D-принтера 10 рабочих моделей челюстей.

Были проведены открытые рандомизированные контролируемые клинические исследования, критериями включения в которые были:

- 1) пациенты с дефектами твердых тканей;

- 2) пациенты с частичной потерей зубов;
- 3) пациенты с полной потерей зубов;
- 4) пациенты с сочетанием частичной потери зубов и дефектов твердых тканей;
- 5) информированное согласие испытуемых.

Критериями исключения из исследования были:

- 1) пациенты с системными заболеваниями (например, неконтролируемый диабет, заболевания крови и психические заболевания), которые могут быть противопоказанием к операции имплантации;
- 2) пациенты, проходящие химиотерапию и / или лучевую терапию по поводу онкологических заболеваний в области головы и шеи;
- 3) пациенты, получающие иммуносупрессивную терапию;
- 4) пациенты, принимающие бисфосфонаты (парентерально и/или перорально);
- 5) пациенты с заболеваниями пародонта, СОПР, слюнных желез;
- 6) отказ пациента от лечения и участия в исследовании.

2.3.2 Клинические методы обследования

Пациенты обследовались по стандартной схеме, разработанной на кафедре ортопедической стоматологии и ортодонтии ФГБОУ ВО «ПИМУ» Минздрава России [Жулев Е.Н. с соавт., 2017]. Во время сбора анамнеза особое внимание уделялось наличию сопутствующей патологии, проведенному ранее лечению и его результатам.

Всем пациентам перед ортопедическим лечением проводилось рентгенологическое исследование (конусно-лучевая компьютерная томография) для исключения периапикальных очагов инфекции и санация полости рта (профессиональная гигиена полости рта, пломбирование кариозных полостей и эндодонтическое лечение по показаниям).

Для проведения клинической оценки, а также изучения эффективности ортопедического лечения с применением несъемных и съемных протезов, изготовленных с применением традиционных и цифровых технологий, нами были разработаны комплексы специальных критериев [приводятся в главе 3 (3.2.1; 3.2.2; 3.2.8; 3.2.9), приложение Е], которые были использованы для создания программы «Индексная оценка эффективности стоматологического ортопедического лечения»

(свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2023611371 от 19.01.2023, приложение Б).

Для изучения реакции пародонта опорных зубов при применении несъемных протезов определяли количество и pH десневой жидкости.

С целью изучения реакции слизистой оболочки протезного ложа беззубого альвеолярного отростка и свода неба у пациентов с частичной и полной потерей зубов, пользующихся частичными и полными съемными протезами, изготовленными по разным технологиям, проводили инфракрасную термометрию слизистой оболочки протезного ложа.

С целью экономического обоснования применения ортопедических конструкций, изготовленных с помощью традиционных и цифровых технологий, проводили анализ технологических карт платных медицинских услуг и осуществляли замер времени, необходимого для клинического и лабораторного этапа изготовления съемных и несъемных протезов.

2.3.2.1 Методика оценки состояния маргинального пародонта с помощью ассоциированного пародонтального индекса

Для оценки состояния маргинальной десны до и после ортопедического лечения мы использовали ассоциированный пародонтальный индекс [Жулев Е.Н., Архангельская Е.А., 2020]. У каждого пациента изучали состояние пародонта 10 зубов верхней и нижней челюсти, учитывая воспаление и кровоточивость десны при зондировании, глубину пародонтального кармана, подвижность зубов и рецессию десны (таблица 5).

Таблица 5 — Критерии оценки ассоциированного пародонтального индекса
[Жулев Е.Н., Архангельская Е.А., 2020]

Параметр	Критерии оценки
А — воспаление десны	0 — воспаление отсутствует
	1 — воспаление десневого сосочка
	2 — воспаление десневого сосочка с частью маргинальной десны
	3 — воспаление всей маргинальной десны, включая десневой сосочек
	4 — воспаление альвеолярной десны
Б — кровоточивость при зондировании десневой борозды	0 — отсутствует
	1 — кровоточивость десневого сосочка
	2 — тонкая кровяная линия у края десны
	3 — обильно заполненная кровью десневая борозда
	4 — профузное кровотечение
В — пародонтальный карман	0 — глубина до 2 мм
	1 — глубина 3 мм
	2 — глубина 4 мм
	3 — глубина более 4 мм
Г — подвижность зубов	0 — отсутствует
	1 — подвижность в пределах 1 мм в вестибуло-оральном направлении, не ощущаемая больным;
	3 — подвижность 1–2 мм, ощущаемая больным
	5 — подвижность 2–3 мм, ощущаемая больным
	7 — подвижность более 3 мм, сопровождающаяся болезненными ощущениями
Д — рецессия десны (расстояние от края десны до эмалево-цементной границы)	0 — отсутствие рецессии
	1 — рецессия в пределах 1–2 мм в области межзубных сосочков
	2 — равномерная рецессия десны в пределах 1–2 мм от эмалево-цементной границы
	3 — рецессия более 2 мм в средней части десны
	4 — рецессия более 3 мм по всему периметру корня зуба

Расчет проводят по формуле 1 [Жулев Е.Н., Архангельская Е.А., 2020]:

$$A = \frac{\text{Сумма баллов у каждого зуба}}{10} \quad (1)$$

где A — значение ассоциированного пародонтального индекса,

10 — число обследованных зубов.

Оценка результатов: 0,1–6,0 баллов — легкая степень тяжести заболевания пародонта; 6,1–10,0 баллов — средняя степень тяжести заболевания пародонта; 10,1–21,0 баллов — тяжелая степень тяжести заболевания пародонта.

2.3.3 Методика индексной оценки эффективности стоматологического ортопедического лечения

Для оценки эффективности лечения пациентов с дефектами твердых тканей, частичной и полной потерей зубов с применением искусственных коронок, мостовидных протезов, дуговых, пластиночных протезов с металлическим базисом и полных съемных протезов была создана программа «Индексная оценка эффективности стоматологического ортопедического лечения» [свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2023611371 от 19.01.2023, приложение Б], позволяющая осуществлять индексную оценку новых протезов или уже имеющихся у пациента протезов, на основе разработанных критериев [таблицы Е.1–6, приложение Е]. Предложенная методика может быть рекомендована не только для научных исследований, но и для применения в практическом здравоохранении.

У каждого предложенного критерия существуют варианты ответов, из которых наиболее худшему (негативному) присваивается 0 баллов, а самому благоприятному — максимальное количество баллов, которое соответствует наименьшему общему кратному всех чисел вариантов ответов для критериев. Промежуточным же вариантам ответов соответствуют баллы с одинаковым шагом от нуля до наименьшего общего кратного. Данный алгоритм балльной оценки позволяет уравнивать значимость всех критериев, так как по каждому критерию максимально можно набрать одинаковое количество баллов.

После завершения оценки по предложенным критериям программа подсчитывает количество набранных баллов, рассчитывает индекс и выдает вердикт об оценке эффективности лечения (формула 2):

$$\text{ИОЭСОЛ} = n / x \quad (2)$$

где ИОЭСОЛ — индекс оценки эффективности стоматологического ортопедического лечения;

n — общая сумма баллов;

x — максимальная сумма баллов;

0,9–1 — очень хороший результат;

0,7–0,89 — хороший результат;

меньше 0,69 — неудовлетворительный результат, нужна замена конструкции.

2.3.4 Методика сравнительной оценки временных искусственных коронок

В исследовании участвовали 46 пациентов (25 мужчин и 21 женщина) в возрасте от 33 до 68 лет, которым проводилось ортопедическое лечение цельнокерамическими и металлокерамическими несъемными конструкциями протезов.

Пациенты были случайно распределены на три группы. Первую составили 18 пациентов (8 мужчин и 10 женщин), ортопедическое лечение которым проводилось традиционным методом с применением временных несъемных протезов, изготовленных клиническим методом по технологии силиконового ключа из самотвердеющего бисакрилатного композитного материала автоматического замешивания Protemp 4 (3M Espe). Всего в данной группе были изготовлены 41 временная искусственная коронка.

Вторую группу составили 17 пациентов (11 мужчин и 6 женщин), ортопедическое лечение которым проводилось с применением временных ортопедических конструкций, изготовленных методом фрезерования. Цифровые изображения зубных рядов были получены с помощью внутриротового сканера. Затем в виртуальном пространстве программного обеспечения CAD/CAM системы проводили моделирование временных искусственных коронок. Далее из материала

VITA CAD-Temp субтрактивным методом были изготовлены 42 пластмассовые искусственные коронки.

Третью группу составили 11 пациентов (6 мужчин и 5 женщин), ортопедическое лечение которым проводилось с применением временных ортопедических конструкций, изготовленных аддитивным методом. Цифровые изображения зубных рядов были получены с помощью внутриротового сканера. Затем в программном обеспечении CAD/CAM системы проводили моделирование временных протезов. Далее с помощью 3D-принтера были изготовлены временные искусственные коронки из биологически совместимого микронаполненного гибридного материала NextDent C&B MFH. Всего у пациентов данной группы были изготовлены 42 временных искусственных коронки. Распределение пациентов по полу и методу изготовления провизорных коронок представлено в таблице 6.

Таблица 6 — Распределение пациентов по полу и методу изготовления провизорных коронок, абс. (%)

Метод изготовления провизорных коронок	Количество протезов	Пол		Количество пациентов
		муж.	жен.	
Клинический метод по силиконовому ключу	41 (32,8)	8 (17,4)	10 (21,7)	18 (39,1)
Субтрактивный метод	42 (33,6)	11 (23,9)	6 (13,1)	17 (37,0)
Аддитивный метод	42 (33,6)	6 (13,0)	5 (10,9)	11 (23,9)
Всего	125 (100)	25 (54,3)	21 (45,7)	46 (100)

Фиксация временных ортопедических конструкций пациентам всех групп осуществлялась цементом Relyx Temp NE (3M Espe). Время пользования провизорных протезов достигало 30 дней.

Клиническая оценка провизорных протезов проводилась на основе разработанных критериев: необходимость коррекции протеза при затрудненном его наложении на опорный зуб, состояние десневого края, цветовое соответствие и качество поверхности протеза, наличие сколов, трещин, дефектов поверхности, ретенция протеза, необходимость коррекции окклюзионных контактов зубных ря-

дов, перелом протеза, качество интерпроксимальных контактов, субъективные ощущения пациента и др. (см. таблица 37, с. 133).

Оценку состояния маргинальной десны проводили, как уже было отмечено, с помощью ассоциированного пародонтального индекса. Качество интерпроксимальных контактов провизорных конструкций проверялось с помощью зубной нити и визуального осмотра состояния межзубных десневых сосочков. В случаях затрудненного наложения протезов для выявления участков, мешающих наложению временных коронок, использовали силиконовый корригирующий материал.

2.3.5 Методика оценки результатов ортопедического лечения постоянными конструкциями несъемных протезов

В исследовании по оценке эффективности ортопедического лечения несъемными протезами, изготовленными с применением цифровых и традиционных технологий, участвовали 103 пациента (52 мужчин и 51 женщины) в возрасте от 29 до 70 лет.

Пациенты были случайно распределены по двум группам. Первую группу составили 49 пациентов (24 мужчины и 25 женщин) в возрасте от 33 до 70 лет, ортопедическое лечение которым проводилось металлокерамическими протезами, изготовленными с применением традиционных технологий. Получали двухслойные одноэтапные А силиконовые оттиски (Express STD, Express XT Regular Body, 3М ESPE, США) и изготавливали разборные рабочие модели из высокопрочного гипса Elite Rock (Zhermack, Италия). Далее изготавливали каркасы несъемных протезов из КХС в литейной установке Vego Nautilus. После проверки каркасов в полости рта гипсовали модели челюстей в полностью регулируемый артикулятор Artex CR (Amann Girrbach) и наносили облицовочную керамическую массу Vintage Halo (Chofu, Япония). Всего было изготовлено 107 искусственных коронок и 10 мостовидных протезов.

Вторую группу составили 54 пациента (28 мужчин и 26 женщин) в возрасте от 29 до 70 лет, ортопедическое лечение которым проводилось несъемными металлокерамическими протезами, изготовленными с применением цифровых техноло-

гий. Цифровые изображения зубных рядов пациентов получали с помощью внутривидеосканера, изготавливали титановые каркасы в фрезерно-шлифовальном станке, рабочие модели челюстей получали с помощью 3D-принтера. После проверки каркасов в полости рта, модели челюстей гипсовали в полностью регулируемый артикулятор Artex CR (Amann Girrbach), наносили облицовочную керамическую массу VITA Titanium Ceramic (Германия). Всего было изготовлено 113 искусственных коронок и 23 мостовидных протеза. Распределение больных по гендерному и возрастному признаку представлено в таблице 7. Распределение пациентов по полу и виду несъемного протеза представлено в таблице 8.

Оценка эффективности ортопедического лечения несъемными конструкциями, изготовленными с применением цифровых и традиционных технологий, проводилась на основе разработанных критериев: необходимость коррекции протеза при затрудненном его наложении на опорный зуб, наличие сколов, трещин, дефектов поверхности, ретенция протеза, вторичный кариес опорных зубов, перелом протеза, субъективные ощущения пациента, период привыкания к протезу, состояние десневого края и др. (таблица 44, с. 144).

Таблица 7 — Распределение пациентов по гендерному и возрастному признаку, абс. (%)

Вид несъемного протеза	Пол	Всего человек		Возраст					
		абс.	%	21–30	31–40	41–50	51–60	61–70	71–80
Традиционные технологии	муж.	24	23,3	0	6	5	6	6	1
	жен.	25	24,3	0	3	4	12	6	0
	всего	49	47,6	0	9	9	18	12	1
Цифровые технологии	муж.	28	27,2	0	8	11	6	2	1
	жен.	26	25,2	2	7	12	4	1	0
	всего	54	52,4	2	15	23	10	3	1

Таблица 8 — Распределение пациентов по полу и виду несъемного протеза, абс. (%)

Вид несъемного протеза		Количество протезов	Пол	
			жен.	муж.
Традиционные технологии	искусственные коронки	107 (42,3)	25 (24,3)	24 (23,3)
	мостовидные протезы	10 (4,0)		
	всего	117 (46,3)	49 (47,6)	
Цифровые технологии	искусственные коронки	113 (44,7)	26 (25,2)	28 (27,2)
	мостовидные протезы	23 (9,1)		
	всего	136 (53,8)	54 (52,4)	

Оценка результатов ортопедического лечения проводилась через 1 год после укрепления протезов цементом. Выявление вторичного кариеса проводили визуально, с помощью зондирования, а также с помощью дентальных внутриротовых рентгенограмм. В случаях затрудненного наложения протезов для выявления участков, мешающих наложению, использовали силиконовый корригирующий материал. Компьютерный анализ окклюзии проводили с помощью аппарата T-Scan III (Tekscan, США).

2.3.6 Методы изучения реакции пародонта опорных зубов при применении несъемных конструкций протезов

В исследовании участвовали 47 пациентов (22 мужчины и 25 женщины) в возрасте от 31 до 65 лет, которым проводилось ортопедическое лечение цельно-керамическими (33 искусственных коронки и 10 мостовидных протезов) и металлокерамическими несъемными конструкциями (54 искусственных коронки и 7 мостовидных протезов).

Пациенты были случайно распределены по двум группам. Первую группу составили 22 пациента (9 мужчин и 13 женщин), ортопедическое лечение которым проводилось с применением несъемных протезов, изготовленных традиционным методом. Всего в данной группе было изготовлено 61 несъемный протез: 54 металлокерамических искусственных коронки и 7 металлокерамических мостовидных протезов.

Вторую составили 25 пациентов (13 мужчин и 12 женщин), ортопедическое лечение которым проводилось с применением несъемных протезов, изготовленных с использованием цифровых технологий (внутриротовой сканер, CAD/CAM система, 3D-принтер). Всего в данной группе было изготовлено 65 несъемных протезов: 49 искусственных коронки (16 на титановых каркасах и 33 на каркасах из диоксида циркония) и 16 мостовидных протезов (6 на титановых каркасах и 10 на каркасах из диоксида циркония). Все опорные зубы при применении мостовидных протезов депульпировались.

Распределение пациентов по полу и виду несъемного протеза представлено в таблице 9.

Таблица 9 — Распределение пациентов по полу и виду несъемных протезов, абс. (%)

Вид несъемного протеза		Количество протезов	Количество пациентов			
			жен.	муж.	всего	
Традиционный метод	металлокерамические искусственные коронки	54 (42,8)	11 (23,4)	5 (10,6)	16 (34,0)	
	металлокерамические мостовидные протезы	7 (5,6)	2 (4,3)	4 (8,5)	6 (12,8)	
	всего	61 (48,4)	13 (27,7)	9 (19,1)	22 (46,8)	
Цифровой метод	искусственные коронки	металлокерамические	16 (12,7)	5 (10,7)	1 (2,1)	6 (12,8)
		безметалловые	33 (26,2)	3 (6,4)	8 (17,0)	11 (23,4)
	мостовидные протезы	металлокерамические	6 (4,8)	2 (4,3)	1 (2,1)	3 (6,4)
		безметалловые	10 (7,9)	2 (4,3)	3 (6,3)	5 (10,6)
	всего	65 (51,6)	12 (25,5)	13 (27,7)	25 (53,2)	

Для изучения состояния тканей пародонта зубов, покрытых искусственными коронками, у пациентов обеих групп в интервале 1–1,5 года после окончания ортопедического лечения измеряли количество и pH десневой жидкости.

2.3.6.1 Методика определения количества десневой жидкости

Несъемные протезы, изготовленные традиционным способом, как правило, оказывают влияние на краевой пародонт. Объективным критерием оценки реакции пародонта является количество и качество выделяемой десневой жидкости как физиологической среды организма, транссудата сыворотки крови, заполняющей десневую борозду, количество которой резко возрастает при развитии воспалительного процесса [Шестопапов А. В., 2017; Янушевич О. О. с соавт., 2019].

Количество десневой жидкости, выделяемой в десневом желобке зубов жевательной группы в 2 раза выше, чем в области зубов передней группы [Янушевич О. О. с соавт., 2019]. В нашем исследовании для адекватной оценки полученных результатов принимали участие пациенты с несъемными протезами в области именно боковой группы зубов.

Изменение количества десневой жидкости находится в прямой зависимости от нозологической формы и тяжести течения воспалительного процесса в пародонте. Так при отсутствии заболеваний пародонта площадь пропитывания равна 0–0,5 мм², при катаральном гингивите 0,5–1 мм², а при пародонтите — более 1 мм² [Янушевич О. О. с соавт., 2019].

Количество десневой жидкости определяли методом абсорбции при помощи полосок фильтровальной бумаги размером 15 × 4 мм, конец которой для более удобного введения в борозду делали заостренным под углом в 45°.

На первом этапе проводили профессиональную гигиену полости рта, затем область исследования при помощи ватных валиков изолировали от слюны и тщательно высушивали.

Введение бумажных полосок в десневую борозду для определения количества выделяемой десневой жидкости проводили с использованием внутрибороздочного метода забора [Brill N., Krasse B., 1958] (рисунок 14). При помощи пинцета в десневую щель вводили кончик полоски фильтровальной бумаги, не доводя его до дна желобка во избежание механического раздражения тканей краевого пародонта и последующего усиления образования десневой жидкости. Время получения десневой жидкости составляло 3 минуты.



Рисунок 14 — Введение бумажных полосок в десневую борозду для определения количества выделяемой десневой жидкости

Количественное определение десневой жидкости проводили путем измерения площади пропитывания бумажных полосок. Выявление пропитанных десневой жидкостью участков осуществляли методом окрашивания полосок фильтровальной бумаги в голубой или синий цвет 0,2 % спиртовым раствором нингидрина, действие которого основано на открытии α -аминогрупп в белке.

После этого получали фотографии полосок фильтровальной бумаги и в компьютерной программе Image J измеряли площадь пропитывания полосок десневой жидкостью в квадратных миллиметрах. Результаты измерений заносили в таблицы для последующего статистического анализа.

2.3.6.2 Методика определения рН десневой жидкости

Для определения рН десневой жидкости использовали специальные полоски из универсальной индикаторной бумаги, которые позволяют измерить рН биологической жидкости в интервале от 3,0 до 7,5 единиц с минимальным шагом 0,3 (рисунок 15).

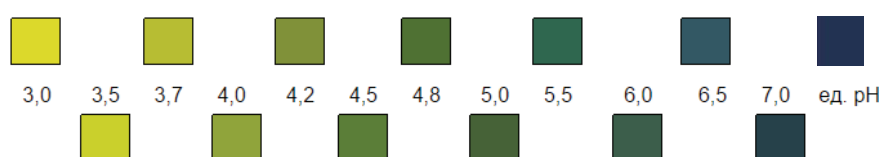


Рисунок 15 — Индикаторная шкала для определения рН десневой жидкости

На первом этапе проводили профессиональную гигиену полости рта, затем область исследования при помощи ватных валиков изолировали от слюны и тщательно высушивали. Тест-полоску вводили непосредственно в десневой желобок на 1–2 секунды (рисунок 16), потом извлекали из десневой борозды и сравнивали с цветовой шкалой, прилагаемой к инструкции. Окраска полосок индикаторной бумаги изменялась от светло-жёлтого до синего. В норме pH десневой жидкости колеблется от 6,30 до 7,93 [Янушевич О. О. с соавт., 2019]. Результаты измерений заносили в таблицы для последующего статистического анализа.



Рисунок 16 — Положение тест-полоски в десневой борозде при определении pH десневой жидкости

2.3.7 Методика оценки качества каркасов съемных протезов, применяемых при ортопедическом лечении пациентов с частичной потерей зубов (дуговых и с металлическим базисом)

В исследовании по оценке качества каркасов съемных протезов, применяемых при частичной потере зубов (дуговых и с металлическим базисом) участвовали 30 пациентов (20 мужчин и 10 женщин) в возрасте от 42 до 76 лет.

Пациенты были случайно распределены по двум группам. Первую группу составили 15 пациентов (11 мужчин и 4 женщины) в возрасте от 45 до 74 лет, ортопедическое лечение которым проводилось с помощью съемных протезов, каркасы

которых были изготовлены из КХС по традиционной технологии литья на огнеупорной модели. У 8 пациентов (6 мужчин и 2 женщины) в возрасте от 45 до 71 года применены 8 пластиночных съемных протезов с металлическим базисом, у 7 пациентов (5 мужчин и 2 женщин) в возрасте от 56 до 74 года — 7 дуговых протезов.

Вторую группу составили 15 пациентов (9 мужчин и 6 женщин) в возрасте от 42 до 76 лет, ортопедическое лечение которым проводилось с помощью частичных съемных протезов, изготовленных с использованием цифровых технологий. У 9 пациентов (5 мужчин и 4 женщины) в возрасте от 42 до 74 года применены 9 съемных протезов с металлическим базисом, а у 6 пациентов (4 мужчин и 2 женщин) в возрасте от 56 до 74 года — 6 дуговых протезов. Распределение пациентов по полу, виду и методу изготовления съемных протезов представлено в таблице 10.

Таблица 10 — Распределение пациентов по полу, виду и методу изготовления съемных протезов (абс., %)

Вид съемного протеза		Количество протезов	Количество пациентов		
			муж.	жен.	всего
Традиционный метод	пластиночные съемные протезы с металлическим базисом	8 (26,7)	6 (20,0)	2 (6,65)	8 (26,7)
	дуговые протезы	7 (23,3)	5 (16,6)	2 (6,65)	7 (23,3)
	всего	15 (50,0)	11 (36,6)	4 (13,3)	15 (50,0)
Цифровой метод	пластиночные съемные протезы с металлическим базисом	9 (30,0)	5 (16,7)	4 (13,3)	9 (30,0)
	дуговые протезы	6 (20,0)	4 (13,3)	2 (6,7)	6 (20,0)
	всего	15 (50,0)	9 (30,0)	6 (20,0)	15 (50,0)

Последовательность изготовления съемных протезов у пациентов второй группы состояла из следующих этапов. Сначала с помощью индивидуальной ложки и С-силиконового оттискного материала Speedex light body, Coltene (Швейцария) получали функциональные оттиски и готовили гипсовые модели из высокопрочного гипса Fujirock (GC, Япония). После определения центрального соот-

ношения челюстей проводили разметку каркаса съемного протеза и получали цифровое изображение гипсовой модели в лабораторном сканере.

В виртуальном пространстве программного обеспечения CAD/CAM системы моделировали каркасы дуговых или пластиночных протезов с металлическим базисом. С помощью 3D-принтера получали заготовки каркасов протезов из фотополимерного материала для беззольно выгораемых конструкций Freeprint Cast (Detax, Германия) и далее по традиционной технологии сначала на огнеупорной модели отливали каркас, после проверки его в клинике делали постановку искусственных зубов, качество постановки зубов проверяли в клинике, а затем окончательно изготавливали пластмассовый базис и накладывали протез в полости рта пациента.

Оценка качества каркасов частичных съемных протезов, изготовленных с помощью традиционной и цифровых технологий, проводилась на основе разработанных нами критериев, представленных в таблице 75 на с. 183.

2.3.8 Методика изучения с помощью инфракрасной термометрии состояния слизистой оболочки под базисами съемных протезов

Инфракрасная термометрия относится к одному из самых современных и безопасных методов диагностики воспалительного процесса, позволяющих определить локализацию патологического процесса, основанный на измерении температуры с последующей регистрацией собственного теплового излучения тела человека в инфракрасной зоне электромагнитного спектра [Морозов Е. М. с соавт., 2018; Постников М.А. с соавт., 2019; Дурново Е. А. с соавт., 2020].

Инфракрасная термометрия дает возможность диагностировать начальные признаки воспалительной реакции еще до появления клинических признаков, так как над патологическим очагом увеличивается интенсивность инфракрасного излучения, что вызывает изменения теплового рисунка изучаемой области [Дурново Е. А. с соавт., 2014; Саакян М. Ю. с соавт., 2016; Жулев Е. Н. с соавт., 2020].

В нашем исследовании приняли участие 46 пациентов (23 мужчины и 23 женщины) в возрасте от 44 до 74 лет с частичной и полной потерей зубов, которым проводилось ортопедическое лечение дуговыми и полными съемными протезами.

зами, изготовленными с применением традиционных и цифровых технологий. В исследование включали пациентов со спокойным аллергологическим анамнезом без видимых признаков аллергических проявлений, красного плоского лишая и других нозологических форм заболеваний слизистой оболочки, не связанных с влиянием базиса протеза.

Пациенты были случайно распределены на три группы. Первую составили 15 пациентов (7 мужчин и 8 женщин), ортопедическое лечение которым проводилось с применением съемных протезов, изготовленных с использованием традиционных технологий: 11 пациентам (4 мужчины и 7 женщин) были изготовлены 15 дуговых протезов (8 — для верхней челюсти, 7 — для нижней челюсти); 4 пациентам с полной потерей зубов (3 мужчин и 1 женщина) были изготовлены 7 съемных протезов (4 — для верхней челюсти, 3 — для нижней челюсти).

Вторую группу составили 15 пациентов (9 мужчин и 6 женщин), ортопедическое лечение которым проводилось с применением съемных протезов, изготовленных с помощью цифровых технологий: у 11 человек (7 мужчин и 4 женщины) были изготовлены 11 дуговых протезов (5 — для верхней челюсти, 6 — для нижней челюсти), при протезировании полной потери зубов у 4 пациентов (2 мужчин и 2 женщины) были изготовлены 8 полных съемных протезов (5 — для верхней челюсти, 3 — для нижней челюсти).

Для изготовления каркасов дуговых протезов сначала получали цифровое изображение протезного ложа с помощью внутриротового сканера. В виртуальном пространстве программного обеспечения CAD/CAM системы моделировали каркасы и далее с помощью 3D-принтера получали заготовки каркасов из фотополимерного беззольно выгораемого материала Freeprint Cast (Detax). Далее осуществляли формовку заготовок каркасов в кювету, выжигали беззольный материал и прокаливали литейную форму в муфельной печи. После этого кювету помещали в литейную установку Vego Nautilus и производили отливку каркаса. После проверки каркаса дугового протеза в клинике проводили постановку искусственных зубов и моделировку искусственной десны. Качество постановки зубов проверяли в клинике, изготавливали пластмассовый базис и накладывали протез в полости рта пациента.

Для изготовления полных съёмных протезов сначала получали функциональные оттиски и рабочие гипсовые модели, которые сканировали лабораторным сканером. После определения центрального соотношения челюстей с помощью восковых шаблонов с прикусными валиками, которые в последующем также сканировали, моделировали в виртуальном пространстве программного обеспечения CAD/CAM системы и с помощью 3D-принтера получали базисы протезов из материала NextDent Base (NextDent B.V., Нидерланды) и искусственные зубы из материала NextDent C&B MFH (NextDent B.V., Нидерланды).

В третью (контрольную) группу вошли 16 пациентов (7 мужчин и 9 женщин) с дефектами зубных рядов, не пользовавшихся съёмными протезами. Распределение пациентов по полу, виду и методу изготовления съёмных протезов представлено в таблице 11.

Таблица 11 — Распределение пациентов по полу, виду и методу изготовления съёмных протезов, абс. (%)

Вид съёмного протеза		Количество протезов			Пол		Количество пациентов
		верхняя челюсть	нижняя челюсть	всего	жен.	муж.	
Традиционный метод	частичные	8 (19,5)	7 (17,1)	15 (36,6)	7 (15,2)	4 (8,7)	11 (23,9)
	полные	4 (9,8)	3 (7,3)	7 (17,1)	1 (2,2)	3 (6,5)	4 (8,7)
	всего	12 (29,3)	10 (24,4)	22 (53,7)	8 (17,4)	7 (15,2)	15 (32,6)
Цифровой метод	частичные	5 (12,2)	6 (14,6)	11 (26,8)	4 (8,7)	7 (15,2)	11 (23,9)
	полные	5 (12,2)	3 (7,3)	8 (19,5)	2 (4,35)	2 (4,35)	4 (8,7)
	всего	10 (24,4)	9 (21,9)	19 (46,3)	6 (13,0)	9 (19,6)	15 (32,6)
Контрольная группа					9 (19,6)	7 (15,2)	16 (34,8)

Исследование термометрических показателей протезного ложа с последующим графическим отображением результатов проводилось с помощью комплекса SEM®-ThermoDiagnostics, состоящего из медицинского инфракрасного термографа SEM®-Thermography и компьютерной программы «SEM® ТЕРМО-ИМИДЖ БИО» («SEM-Технолоджи»). Данное программное обеспечение позволяет создавать термограммы, которые визуалью с помощью цветовой индикации

отображают распределение температур в исследуемой области. Зонам гипотермии на термограммах соответствует синий цвет, изотермии — зеленый, желтый и желто-оранжевый цвет, гипертермии — оранжево-красный и красный.

Для получения достоверных термометрических показателей соблюдались следующие условия: пациентам не разрешалось принимать перед исследованием холодную или горячую пищу и курить за три часа до обследования. Также исключалось проведение до термометрии любых диагностических и лечебных процедур, применение местных препаратов в виде гелей, мазей и других факторов, которые могли бы влиять на обследуемую зону. Для температурной адаптации пациенты в течение 10–15 минут находились в покое при стабильной температуре воздуха без сквозняков и вдали от источников тепла.

Термометрию проводили на беззубой верхней челюсти в области отсутствующих первых моляров между швом неба и основанием альвеолярного отростка (зона 1), на середине ската альвеолярного отростка с небной (зона 2) и вестибулярной стороны (зона 3), а также по гребню альвеолярного отростка (зона 4). На беззубой нижней челюсти измерения проводили также в области отсутствующих первых моляров на вершине гребня и середине вестибулярного ската альвеолярной части нижней челюсти (рисунок 17 А).

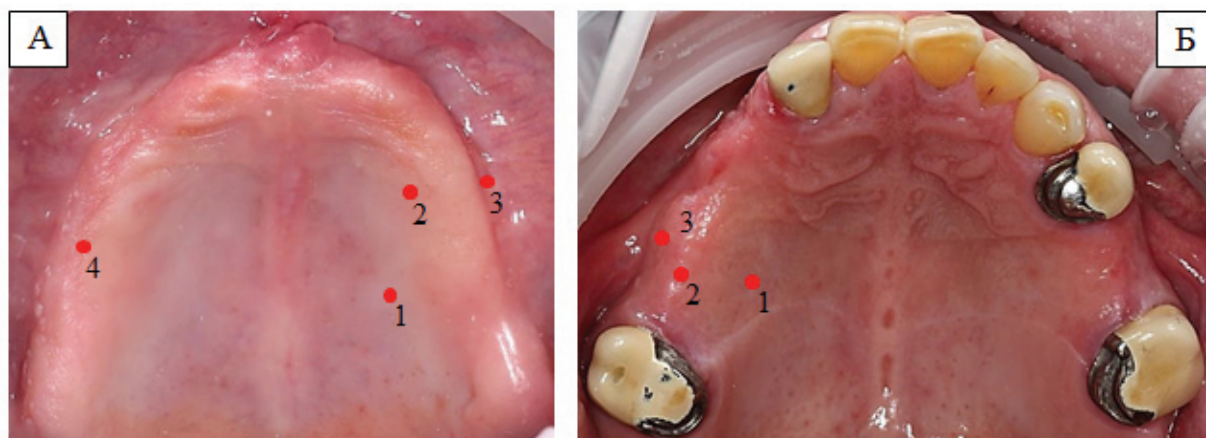


Рисунок 17 — Зоны проведения термометрии:

А — зоны проведения термометрии на верхней беззубой челюсти;

Б — зоны проведения термометрии на верхней челюсти при частичной потере боковых зубов (пояснения в тексте)

При частичной потере боковых зубов измерения также проводили в области отсутствующих первых постоянных моляров (1) на вершине гребня (2) и середине вестибулярного ската альвеолярного отростка верхней челюсти и альвеолярной части нижней челюсти (3) (рисунок 17 Б).

2.3.9 Базовые принципы разработки алгоритмов новых персонифицированных методик ортопедического лечения пациентов с частичной и полной потерей зубов

Опираясь на поставленные задачи и используя цифровые технологии (3D-сканер, виртуальное пространство программного обеспечения CAD/CAM системы) нами были сформулированы базовые принципы разработки алгоритмов новых цифровых персонифицированных методик ортопедического лечения пациентов с частичной и полной потерей зубов:

1. Разработка «Индекса потери окклюзионных контактов» зубных рядов основана на получении с помощью внутриротового сканера цифровых изображений зубных рядов и подсчёте в виртуальном пространстве программного обеспечения CAD/CAM системы маркированных окклюзионных контактов с помощью двух формул, отражающих анатомические особенности взаимоотношения зубных рядов при центральной окклюзии в норме: (1) с наличием контакта всех зубов и (2) при отсутствии контакта передних зубов. Индекс создан не только для оценки состояния окклюзионных контактов в норме и при патологии, но и в последующем для разработки новой «Методики коррекции окклюзионных контактов».
2. Созданная персонифицированная методика коррекции окклюзионных контактов основана на получении с помощью внутриротового сканера цифровых изображений зубных рядов с последующим определением индекса потери окклюзионных контактов, анализом цифровых изображений зубных рядов с маркированными окклюзионными контактами и их коррекцией с целью исправления окклюзионных взаимоотношений в том числе и в области выявленных суперконтактов.

3. Персонафицированная методика определения показаний к применению мостовидных протезов создавалась на основе многофакторного анализа по специально разработанной программе, в задачи которой входило (1) определение степени атрофии альвеолярной части лунки опорных зубов, протяженности дефекта зубного ряда, состояния опорных зубов (витальность, устойчивость, изменения в периапикальных тканях, соотношение высоты коронки и длины корня и окклюзионные взаимоотношения — наличие или отсутствие антагонистов), с одновременным (2) автоматизированным расчетом коэффициентов выносливости пародонта с учетом площади поверхности корней зубов и завершающим формированием заключения (3) о целесообразности применения мостовидного протеза или, наоборот, о наличии противопоказания для его применения в данной клинической ситуации.
4. Персонафицированная методика проверки точности установки дентальных имплантатов основывалась на специально созданной программе, с помощью которой по данным 3D-компьютерной рентгенографии проводилось совмещение изображений запланированного положения имплантатов с фактически установленным во время операции и одновременным измерением (1) линейных отклонений в области апикальной и коронарной частей имплантата, а также (2) угловых отклонений в сагиттальной плоскости между их длинными осями.
5. Для разработки персонафицированной методики определения нейтральной зоны при ортопедическом лечении пациентов с полной потерей зубов были использованы данные об анатомических особенностях строения протезного ложа в области переходной складки слизистой оболочки, альвеолярного отростка и альвеолярной части беззубой челюсти. Серию цифровых изображений трансверзальных срезов этой анатомической области создавали в виртуальном пространстве программного обеспечения CAD/CAM системы. Последовательный алгоритм действий состоял из обозначения необходимых для этого анатомических ориентиров: альвеолярный отросток, купол переходной складки и зона перехода неподвижной слизистой оболочки, покрывающей альвеолярный отросток, в подвижную слизистую оболочку переходной складки, т.е. полуподвижную (нейтральная зона).

2.3.10 Методика изучения экономической эффективности изготовления ортопедических конструкций, полученных с помощью традиционных и цифровых технологий

Традиционные и цифровые технологии изготовления ортопедических конструкций предполагают и различные финансовые затраты, что важно для экономического обоснования применяемых методов изготовления протезов.

Как известно, расчет себестоимости медицинской услуги (С) осуществляется по формуле 3 [«Инструкция по расчету стоимости медицинских услуг (временная)», 1999]:

$$C = C_{\text{п}} + C_{\text{к}} = Z_{\text{т}} + N_{\text{з}} + M + И + O + П \quad (3)$$

где $C_{\text{п}}$ — прямые расходы, $C_{\text{к}}$ — косвенные расходы, $Z_{\text{т}}$ — расходы на оплату труда, $N_{\text{з}}$ — начисления на оплату труда, M — расходы на медикаменты, перевязочные средства и пр., $И$ — износ мягкого инвентаря, O — износ оборудования, $П$ — прочие расходы.

К прямым расходам относятся затраты, непосредственно связанные с медицинской услугой и потребляемые в процессе ее оказания: оплата труда основного персонала, материальные затраты, износ мягкого инвентаря и др.

К косвенным расходам относятся те виды затрат, которые необходимы для обеспечения деятельности учреждения, но не потребляемые непосредственно в процессе оказания медицинской услуги: оплата труда общеучрежденческого персонала, хозяйственные затраты и др.

Вне зависимости от метода изготовления ортопедических конструкций расходы на оплату труда, начисления на оплату труда, косвенные расходы, в том числе расходы на коммунальные услуги будут одинаковыми. Соответственно разница в стоимости услуги изготовления протезов с применением традиционных и цифровых технологий определяется, в первую очередь, расходами на медикаменты и износом (амортизацией) инструментов и оборудования, применяемых в том или ином методе.

Стоимость затрат (С) на расходные материалы рассчитывается по следующей формуле 4:

$$C = \frac{Ц}{M} \times НР, \quad (4)$$

где: Ц — рыночная цена расходного материала, М — масса материала в упаковке, НР — норма расхода материала для изготовления искусственной коронки.

Нормы расхода материалов могут устанавливаться клиниками самостоятельно или с использованием усредненных норм расхода, которые носят рекомендательный характер [Вагнер В. Д. с соавт., 2004].

Амортизация (А) (фр. amortir — ослаблять) — процесс переноса по частям стоимости основных средств (оборудования) по мере их физического или морального износа на себестоимость производимой продукции (работ, услуг) рассчитывалась нами по следующей формуле 5:

$$A = \frac{Ц}{И} \quad (5)$$

где Ц — рыночная цена оборудования,

И — срок полезного использования в расчете на УЕТ.

Стоматологическое оборудование относится к 4-й амортизационной группе со сроком полезного использования от 5 лет (60 мес.) до 7 лет (84 мес.) включительно [Постановление Правительства РФ от 01.01.2002 N 1 (ред. от 27.12.2019) «О Классификации основных средств, включаемых в амортизационные группы»]. 1 УЕТ — это 20 минут рабочего времени специалиста [Приказ Минздрава РФ от 15.11.2001 N 408 «Об утверждении Инструкции по расчету условных единиц трудоемкости работы врачей-стоматологов и зубных врачей»]. Таким образом, срок полезного использования в расчете на УЕТ рассчитывается по следующей формуле 6:

$$И = (Б / К / Д) \times УЕТ / 3,0 \quad (6)$$

где Б — срок полезного использования оборудования в мес., К — количество рабочих дней в месяце (21), Д — количество рабочих часов специалиста в день (для стоматолога ортопедического отделения и зубного техника — 6,6 ч).

В дополнение к расчету стоимости затрат на расходные материалы и амортизацию оборудования мы также осуществляли замер потраченного времени врачом при приеме больного и зубным техником в лаборатории при изготовлении протезов, полученных с применением традиционных и цифровых технологий.

Для оценки времени изготовления моделей челюстей проведено клиническое исследование, в котором участвовали 20 пациентов (11 мужчин и 9 женщин) в возрасте от 34 до 76 лет. Пациенты были распределены на две группы. Первую группу составили 10 пациентов (4 мужчины и 6 женщины), которым снимали А силиконовые оттиски (Express, 3М) и изготавливали гипсовые модели из высокопрочного гипса Fujirock (GC, Япония). Вторую группу составили 10 пациентов (7 мужчин и 3 женщины), у которых сначала получали цифровые изображения зубных рядов с помощью внутриротового сканера, а затем в виртуальном пространстве программного обеспечения CAD/CAM системы создавались цифровые изображения моделей челюстей, которые с помощью 3D-принтера получали из фотополимерного материала Freeprint (Detax).

Для оценки времени изготовления временных протезов было обследовано 40 пациентов (21 мужчины и 19 женщины) в возрасте от 29 до 66 лет, которых разделили на четыре группы. Первую группу составили 10 пациентов (5 мужчин и 5 женщин), ортопедическое лечение которым проводилось с применением 10 временных искусственных коронок, изготовленных клиническим методом по технологии силиконового ключа из материала Protemp 4 (3М Espe). Вторую группу составили 10 пациентов (6 мужчин и 4 женщины), ортопедическое лечение которым проводилось с применением 10 временных ортопедических временных искусственных коронок, изготовленных методом холодной полимеризации пластмассы из материала Re-Fine Bright (Yamahachi-Dental, Япония). Третью группу составили 10 пациентов (6 мужчин и 4 женщины), ортопедическое лечение которым проводилось с применением 10 временных искусственных коронок из материала VITA CAD-Temp multicolor, изготовленных методом фрезерования. Четвертую группу составили 10 пациентов (4 мужчины и 6 женщин), ортопедическое лечение которым проводилось с применением 10 провизорных коронок из материала NextDent C&B MFH, изготовленных аддитивным методом.

Для оценки времени изготовления каркасов металлокерамических искусственных коронок было обследовано 40 пациентов (24 мужчины и 16 женщины) в возрасте от 25 до 68 лет, которых разделили на две группы. Первую составили 20 пациентов (11 мужчин и 9 женщин), ортопедическое лечение которым проводи-

лось 20 металлокерамическими искусственными коронками, каркасы которых изготавливали традиционным методом литья. Вторую группу составили 20 пациентов (13 мужчин и 7 женщины), ортопедическое лечение которым проводилось с использованием 20 металлокерамических искусственных коронок, каркасы которых изготавливали методом фрезерования.

Для оценки времени изготовления каркасов дуговых протезов было обследовано 20 пациентов (11 мужчин и 9 женщин) в возрасте от 44 до 71 лет, которых также разделили на две группы. Первую составили 10 пациентов (4 мужчины и 6 женщины), ортопедическое лечение которым проводилось с применением 10 дуговых протезов, изготовленных по традиционной методике. Вторую группу составили 10 пациентов (7 мужчин и 3 женщины), у которых цифровые изображения зубных рядов получали с помощью внутриротового сканера, а затем с помощью 3D-принтера получали заготовки каркасов дуговых протезов из беззольного фотополимерного материала Freeprint cast (Detax).

При изготовлении различных видов ортопедических конструкций не учитывалось время, необходимое для фрезерования в CAD/CAM системе и 3D-печати, т.к. эти процессы полностью автоматизированы и не требуют присутствия зубного техника. При этом учитывалось время, потраченное на виртуальное моделирование и ультразвуковую очистку созданных с помощью 3D-принтера ортопедических конструкций.

2.4 Методы статистической обработки результатов исследования

Графический способ проверки характера распределения данных с помощью гистограмм [Мастицкий С.Э., 2015] и формальная проверка соответствия нормальному распределению при помощи теста Шапиро — Уилка позволили сделать вывод, что распределение данных в большей части групп не соответствует нормальному. Поэтому для анализа таких данных применяли непараметрические методы, а данные описывали с помощью медианы, 25-го и 75-го процентилей, минимального и максимального значений.

Для попарного сравнения независимых групп по значениям признаков был использован непараметрический критерий Манна — Уитни. Для сравнения более двух независимых групп применялся непараметрический критерий Краскела — Уоллиса, являющийся многомерным обобщением критерия Манна — Уитни.

Для попарного сравнения связанных групп по значениям признаков был использован непараметрический критерий знаков Уилкоксона.

Для анализа изменений значений признаков, измеренных для одних и тех же пациентов в разные моменты времени, применялся критерий Фридмана. Критерий Фридмана является обобщением критерия Уилкоксона на большее чем два количество условий измерения.

Для сравнения двух независимых выборок, в которых распределения значений признаков соответствовали нормальному, применялся t-критерий Стьюдента.

Критерий χ^2 (хи-квадрат) применялся для сравнения распределений объектов двух совокупностей на основе измерений по шкале наименований в независимых группах.

Точный тест Фишера применялся для сравнения распределений объектов двух совокупностей на основе измерений по шкале наименований в независимых группах, когда размеры групп малы.

Для анализа связи между признаками применялся коэффициент ранговой корреляции Спирмена, являющийся непараметрическим методом. При этом условно оценивают тесноту связи между признаками, считая значения коэффициента равные 0,3 и менее, показателями слабой тесноты связи; значения более 0,3, но менее 0,7 — показателями умеренной тесноты связи, а значения 0,7 и более — показателями высокой тесноты связи. Более точно статистическую значимость связи оценивают по уровням значимости, т.е. вероятностям ошибочного признания наличия связи.

В данном исследовании критический уровень значимости для одинарной проверки статистической гипотезы принимали равным 0,05. Для устранения эффекта множественных сравнений применялась поправка Бонферрони. Согласно

этому методу р-значения, полученные для m проверяемых гипотез, сравниваются не с исходным критическим уровнем значимости α , а с α/m [Ланг Т.А., 2011, Мастицкий С.Э., 2015].

Анализ проводился в программной среде R (3 версии), являющейся популярной свободной программной средой, предназначенной для статистической обработки данных и работы с графикой [Мастицкий С.Э., 2015].

ГЛАВА 3. РЕЗУЛЬТАТЫ СОБСТВЕННЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

3.1 Результаты экспериментального исследования

3.1.1 Результаты сравнительного анализа эффективности цифровых технологий при изготовлении рабочих моделей челюстей

В ортопедической стоматологии высокое качество изготавливаемых протезов, обеспечивающих необходимую эффективность проводимого лечения, во многом определяется точностью рабочих моделей челюстей. Именно поэтому проведение сравнительного анализа эффективности цифровых технологий позволяет получить заключение не только о преимуществах и недостатках метода, но и оценить степень их выраженности.

В проведенном нами исследовании по изучению эффективности цифровых технологий изготовления рабочих моделей челюстей значения медианы расстояний использовались для сравнения между виртуальными изображениями экспериментальной модели № 1, гипсовыми моделями челюстей и напечатанными с помощью 3D-принтера.

Коробчатые графики и описательные статистики позволяют оценить распределение средних значений медианы расстояний. На этом основании можно сделать вывод о том, что распределения значений признака «медианы расстояний» отличаются от нормального (наблюдается ярко выраженная асимметрия) (рисунок 18, таблица 12). Кроме того, группы для напечатанных и гипсовых моделей являются связанными, т.к. все модели воспроизводят одну и ту же экспериментальную модель. Поэтому для анализа полученных данных применяли непараметрический ранговый критерий Уилкоксона. При анализе полученных данных было установлено, что модели челюстей, созданные с использованием цифровых оттисков из фотополимерного материала Freeprint model UV (DETAX, Германия) с помощью 3D-принтера, статистически значимо различались по размерной точности с гипсовыми моделями челюстей, полученными по одноэтапным двухслой-

ным А-силиконовым оттискам, с уровнем значимости $p < 0,05$ (критерий Уилкоксона для связанных выборок = 45, $p = 0,004$). При этом медианная размерная точность моделей, созданных с помощью 3D-принтера, на 31,6% выше в сравнении с гипсовыми моделями.

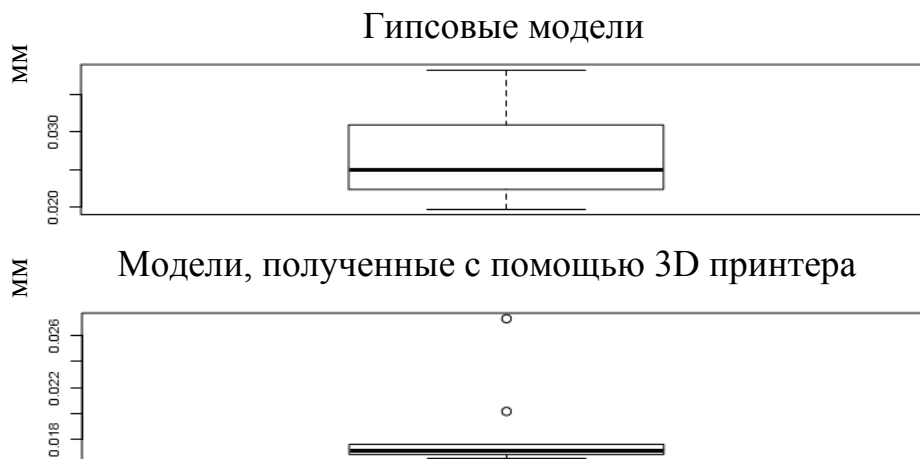


Рисунок 18 — Коробчатый график распределения значений медианы расстояний между цифровыми изображениями моделей челюстей, полученных разными методами

Таблица 12 — Описательные статистики распределения значений медианы расстояний между цифровыми изображениями моделей челюстей, полученных разными методами (n — количество фрагментов цифровых изображений)

Метод изготовления моделей челюстей	n	Медиана	Минимум	Максимум	25-й процентиль	75-й процентиль
Гипсовые модели	9	0,02495	0,01971	0,03818	0,0223	0,0309
Модели, полученные с помощью 3D-принтера	9	0,01706	0,01654	0,0273	0,0168	0,0176

3.1.2 Результаты сравнительного анализа эффективности цифровых технологий при изготовлении временных искусственных коронок

Временные искусственные коронки защищают зубы, подготовленные под несъемные протезы, восстанавливают жевательную функцию, сохраняют эстетику и дикцию, предупреждают перемещение соседних зубов, формируют десневой контур на всех этапах ортопедического лечения с применением несъемных протезов. Именно поэтому проведение сравнительного анализа эффективности цифровых технологий изготовления временных искусственных коронок позволяет получить заключение не только о сравнительной оценке их качества, но и оценить преимущества и недостатки этих методов.

Для анализа полученных результатов измерения медианного расстояния между цифровым изображением экспериментальной модели и цифровыми изображениями временных искусственных коронок, изготовленных различными методами, применяли критерий Фридмана, который позволяет установить, что величины показателей изменяются от условия к условию, но при этом не указывает на направление изменений. Критерий Фридмана является обобщением критерия Уилкоксона на большее чем два количество условий измерения, в котором мы ранжируем не абсолютные величины сдвигов, а сами индивидуальные значения измерений. Нулевую гипотезу при статистическом анализе обозначили следующим образом — $H_0 = \{\text{между полученными в разных условиях показателями существуют лишь случайные различия}\}$.

В данном исследовании нулевая гипотеза отвергается на уровне статистической значимости $p < 0,0166667$, т.е. вероятность ошибочного признания различий значимыми меньше $0,0166667$. При расчете критического уровня значимости была введена поправка Бонферрони для учета множественных сравнений: $0,0166667 = 0,05/3$, где $0,05$ — общепринятое значение критического уровня значимости для одинарного сравнения в медико-биологических исследованиях, а 3 — число сравнений. Описательные статистики распределения значений величины медианы расстояний представлены в таблице 13.

Таблица 13 — Описательные статистики распределения значений величины медианы расстояний (n — количество искусственных коронок)

Метод получения коронок	n	Ме- диана	Ми- нимум	Макси- мум	25-й процен- тиль	75-й процен- тиль
Фрезерно-шлифовальный станок	10	0,030	0,024	0,039	0,026	0,033
3D-принтер	10	0,032	0,020	0,035	0,028	0,033
Традиционная техника	10	0,062	0,048	0,086	0,056	0,072

Различия величин медианы расстояний цифровых изображений временных искусственных коронок, изготовленных различными методами, можно признать статистически значимыми на уровне $p < 0,0166667$ (критерий Фридмана $S = 45,600000$, $p = 0,000000$). Далее проводили попарное сравнение всех цифровых методик между собой, а также с традиционным методом горячей полимеризации пластмассы (рисунок 19, таблица 14).

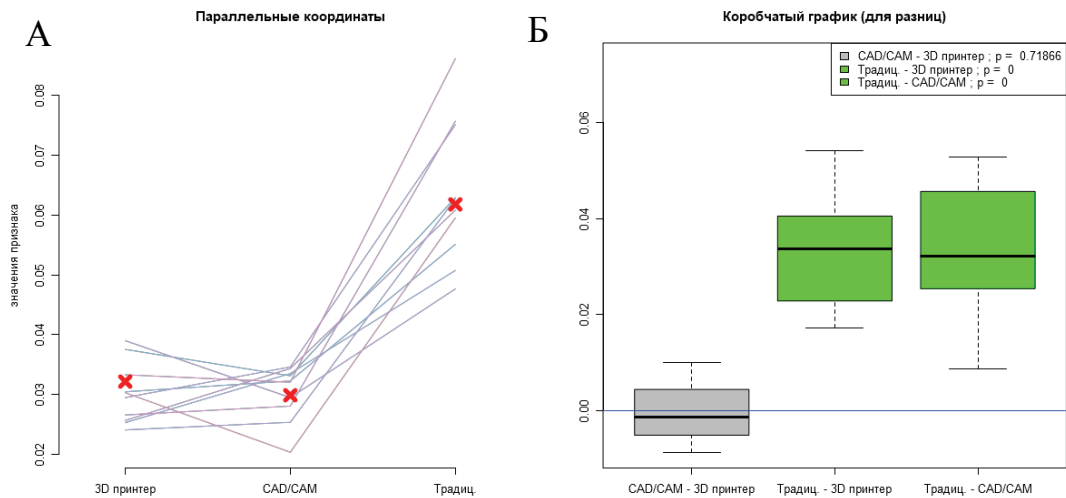


Рисунок 19 — Анализ различий значений признака «Величина медианы расстояний»:

А — диаграмма с параллельными координатами;

Б — коробчатый график попарно сравниваемых групп

Таблица 14 — Результаты попарного сравнения методов изготовления временных коронок

Сравниваемые методы	p
Фрезерно-шлифовальный станок — 3D-принтер	0,718636731572
Традиционная техника — 3D-принтер	0,000000162848
Традиционная техника — Фрезерно-шлифовальный станок	0,000000001315

Из таблицы 14 и рисунка 19 видно, что цифровые методики изготовления временных искусственных коронок статистически значимо различимы от традиционного метода горячей полимеризации с уровнем значимости $p < 0,0166667$ по признаку «Величина медианы расстояний». Статистических различий между методами изготовления искусственных коронок с помощью фрезерно-шлифовального станка и 3D-принтера не обнаружено. На рисунке 20 представлено рабочее окно программы MeshLab с совмещенными цифровыми изображениями культи зуба 2.7 экспериментальной модели и временных искусственных коронок, изготовленных различными методами.

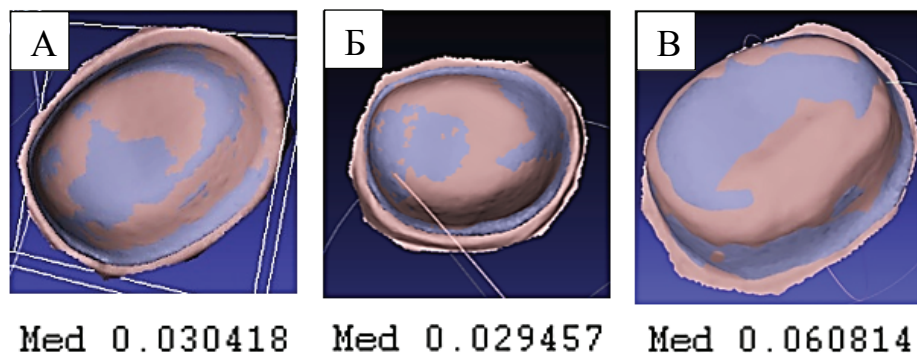


Рисунок 20 — Рабочее окно программы MeshLab с совмещенными цифровыми изображениями:

А — значение медианного расстояния для искусственной коронки, изготовленной субтрактивным методом (0,030418 мм);

Б — значение медианного расстояния для искусственной коронки, изготовленной с помощью 3D-принтера (0,029457 мм);

В — значение медианного расстояния для искусственной коронки, изготовленной традиционным методом (Med 0,060814 мм)

На основании полученных данных можно сделать заключение о том, что среднее значение медианного расстояния между цифровым изображением культы экспериментальной модели и цифровыми изображениями искусственных коронок, изготовленных с помощью субтрактивного метода, составляет $0,030 \pm 0,005$ мм. Среднее значение медианного расстояния между цифровым изображением культы экспериментальной модели и цифровыми изображениями искусственных коронок, изготовленных с применением 3D-принтера, составляет $0,030 \pm 0,0046$ мм. Среднее значение медианного расстояния между цифровым изображением культы экспериментальной модели и цифровыми изображениями искусственных коронок, изготовленных по традиционному лабораторному методу без применения цифровых технологий, составляет $0,064 \pm 0,012$ мм. Эти данные позволяют сделать вывод о том, что временные искусственные коронки, изготовленные с помощью различных цифровых технологий, обладают в среднем большей размерной точностью по сравнению с временными искусственными коронками, изготовленными традиционным методом горячей полимеризации акриловой пластмассы (медианы выборок отличаются на 51,6 % для субтрактивного метода и на 48,4 % для аддитивного метода в сравнении с традиционным методом).

3.1.3 Результаты сравнительного анализа эффективности цифровых технологий при изготовлении каркасов искусственных коронок из дисиликата лития

На современном этапе развития ортопедической стоматологии существует два цифровых метода изготовления несъемных протезов из дисиликата лития — субтрактивный с помощью CAD/CAM-систем и аддитивный с помощью 3D-принтеров. При аддитивном методе возможно изготовление репродукции несъемного протеза из фотополимерного материала с последующей заменой на литьевую керамику методом прессования. С помощью CAD/CAM-систем возможно не только изготовление репродукции несъемного протеза из беззольно выгораемого полимерного материала, но и фрезерование ортопедических конструкций из предназначенного для фрезерно-шлифовального станка заготовки дисиликата

лития. Таким образом, проведение сравнительного анализа эффективности цифровых технологий изготовления каркасов искусственных коронок из дисиликата лития позволяет получить заключение не только о преимуществах и недостатках этих методов, но и оценить степень их выраженности.

Описательные статистики (таблица 15), визуальный анализ коробчатых графиков (рисунок 21) позволяют качественно оценить характеристики распределения медианного расстояния между цифровым изображением экспериментальной модели № 2 и цифровыми изображениями каркасов искусственных коронок из дисиликата лития, изготовленных с применением цифровых и традиционных технологий. На основании полученных данных можно сделать вывод о том, что распределения значений признаков во всех группах отличаются от нормального (наблюдается ярко выраженная асимметрия). В связи с этим для анализа данных целесообразно было применение непараметрических статистических методов (Н-критерий Краскела — Уоллиса). В данном исследовании в качестве критического был принят уровень значимости $p = 0,05$.

Таблица 15 — Описательные статистики распределения значений величины медианы расстояний (n — количество каркасов искусственных коронок)

Метод изготовления каркасов искусственных коронок		n	Медиана	Минимум	Максимум	25-й процентиль	75-й процентиль
Субтрактивный метод	EMAX CAD	10	0,0379	0,0340	0,0466	0,0348	0,0416
	C CAST	10	0,0393	0,0304	0,0466	0,0371	0,0410
3D-принтер		10	0,0389	0,0358	0,0422	0,0381	0,0405
Технология прессования		10	0,0448	0,0376	0,0653	0,0410	0,0502

Полученные данные показали, что среднее значение медианного расстояния между цифровым изображением культи экспериментальной модели и цифровыми изображениями каркасов искусственных коронок из дисиликата лития, изготовленных с помощью субтрактивного метода из материала E.max CAD составляет $0,03881 \pm 0,004747$ мм, из беззольного полимерного материала C-Cast — $0,0391 \pm 0,004257$ мм. Среднее значение медианного расстояния между цифровым

изображением культы экспериментальной модели и цифровыми изображениями каркасов искусственных коронок, изготовленных с применением 3D-принтера, составляет $0,03919 \pm 0,002118$ мм. Среднее значение медианного расстояния между цифровым изображением культы экспериментальной модели и цифровыми изображениями каркасов искусственных коронок, изготовленных по традиционному методу прессования литевой керамики без применения цифровых технологий, составляет $0,04707 \pm 0,008345$ мм. Эти данные позволили сделать вывод о том, что каркасы искусственных коронок, изготовленные с помощью цифровых технологий статистически значимо различались по размерной точности с каркасами искусственных коронок, изготовленными традиционным методом прессования с уровнем значимости $p < 0,05$ (H-критерий Краскела — Уоллиса = 10,254 $p = 0,017$).

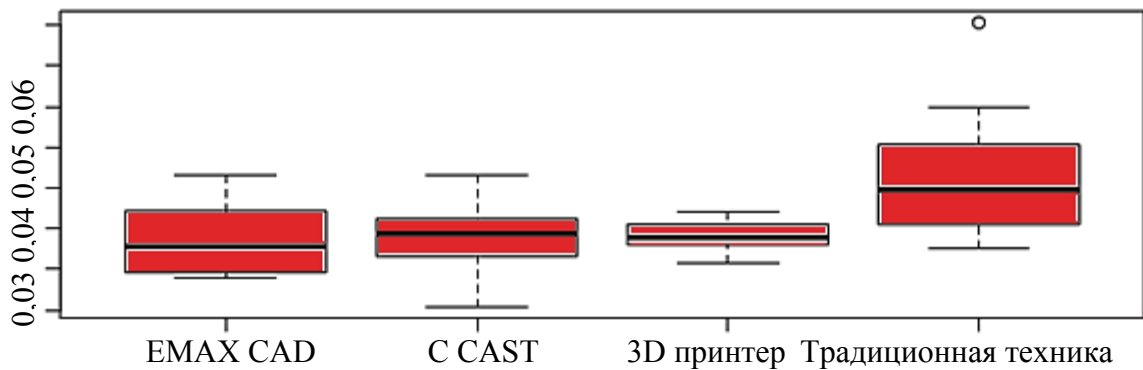


Рисунок 21 — Коробчатый график распределения значений признака «Величина медианы расстояний»

Попарное сравнение всех цифровых методик, применяемых для изготовления каркасов искусственных коронок из дисиликата лития, с традиционным методом прессования с помощью U критерия Манна — Уитни дало следующие результаты. В таблице 16 приведены значения критерия Манна — Уитни и соответствующие ему уровни значимости p для каждого признака при попарном сравнении групп.

Таблица 16 — Результаты сравнения цифровых методик изготовления каркасов искусственных коронок из дисиликата лития с традиционным методом прессования по признаку «Величина медианы расстояний»

Метод изготовления каркасов искусственных коронок		U критерий Манна — Уитни	p
Субтрактивный метод	EMAX CAD	17	0,011*
	C CAST	17	0,011*
3D-принтер Asiga		15	0,007**
Примечания: * — наличие статистически значимого различия на уровне $p < 0,05$, ** — на уровне $p < 0,01$.			

Из таблицы 16 видно, что все цифровые методики изготовления каркасов искусственных коронок из дисиликата лития статистически значимо различимы от традиционного метода прессования с уровнем значимости $p < 0,05$ по признаку «Величина медианы расстояний».

На основании полученных данных можно сделать вывод о том, что размерная точность каркасов искусственных коронок, изготовленных субтрактивным методом из материала E.max CAD, в среднем больше размерной точности каркасов, полученных по традиционной технологии прессования (медианы выборок отличаются в 1,18 раза). Размерная точность каркасов искусственных коронок, изготовленных субтрактивным методом из беззольного полимерного материала C-Cast, в среднем больше размерной точности каркасов, полученных по традиционной технологии прессования (медианы выборок отличаются в 1,14 раза). Размерная точность каркасов искусственных коронок, изготовленных с применением 3D-принтера, в среднем больше размерной точности каркасов, полученных по традиционной технологии прессования (медианы выборок отличаются в 1,15 раза).

На следующем этапе проводили сравнение двух цифровых методов изготовления полимерных заготовок каркасов искусственных коронок между собой с помощью CAD/CAM системы и 3D-принтера.

Визуальный анализ гистограмм (рисунок 22) и описательные статистики (см. таблица 15) позволяют качественно оценить характеристики распределения

медианы расстояний между цифровыми изображениями. На основании этих данных вытекает вывод о том, что распределения значений признаков во всех группах отличаются от нормального (наблюдается ярко выраженная асимметрия). В связи с этим для анализа данных целесообразно было применение непараметрических статистических методов (критерий Уилкоксона). В данном исследовании в качестве критического был принят уровень значимости $p = 0,05$. При сравнении двух цифровых методов изготовления полимерных заготовок каркасов искусственных коронок не было выявлено статистически значимых различий (критерий Уилкоксона = 27, $p = 1,000$).

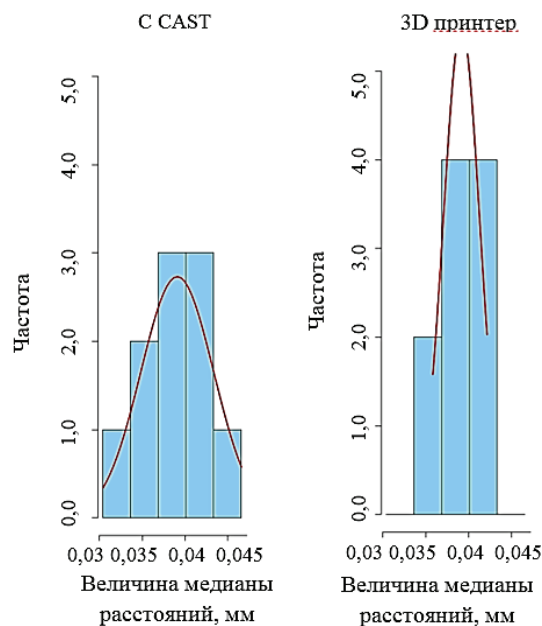


Рисунок 22 — Гистограммы распределения значений признака «Величина медианы расстояний»

Статистический анализ полученных данных позволил сделать заключение о том, что каркасы искусственных коронок, изготовленные методом прессования по фрезерованным заготовкам из беззольного полимерного материала C-Cast, и каркасы искусственных коронок, изготовленные методом прессования по заготовкам, созданным с помощью 3D-принтера, обладают в среднем одинаковой размерной точностью.

На рисунке 23 представлено рабочее окно программы MeshLab с совмещенными цифровыми изображениями культы зуба 2.7 экспериментальной модели и каркасов искусственных коронок, изготовленных другими методами.

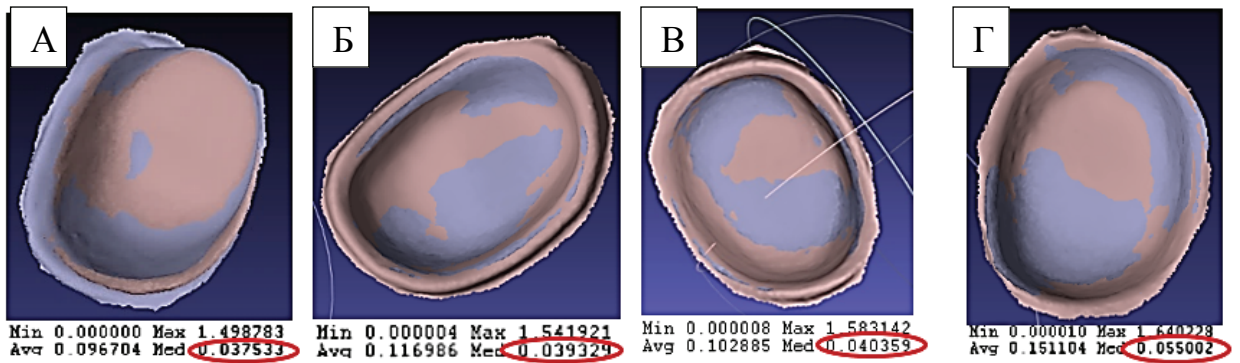


Рисунок 23 — Рабочее окно программы MeshLab с совмещенными цифровыми изображениями культи зуба 2.7 экспериментальной модели и каркаса искусственной коронки:

А — значение медианного расстояния для каркаса, изготовленного субтрактивным методом из заготовки E.max CAD (Med 0,037533 мм);

Б — значение медианного расстояния для каркаса, изготовленного субтрактивным методом из заготовки C-Cast (Med 0,039329 мм);

В — значение медианного расстояния для каркаса, изготовленного с помощью 3D-принтера (Med 0,040359 мм);

Г — значение медианного расстояния для каркаса, изготовленного методом прессования (Med 0,055002 мм)

3.1.4 Результаты сравнительного анализа эффективности цифровых технологий при изготовлении каркасов металлокерамических искусственных коронок

Металлокерамические протезы получили широкое распространение при лечении пациентов с дефектами твердых тканей зубов и зубных рядов. Существует несколько методик изготовления каркасов металлокерамических протезов: традиционная технология литья каркаса и цифровой способ изготовления с использованием CAD/CAM-систем. Проведение же сравнительного анализа эффективности этих технологий позволяет получить данные как о преимуществах и недостатках этих методов, так и о степени их влияния на качество каркасов.

Провести качественную оценку характеристики распределения средних значений медианного расстояния между цифровым изображением эксперимен-

тальной модели № 2 и цифровыми изображениями каркасов металлокерамических искусственных коронок, изловленных различными методами, позволяют коробчатые графики (рисунок 24), и описательные статистики (таблица 17). Полученные данные показали, что распределения значений признаков в обеих группах отличаются от нормального (наблюдается ярко выраженная асимметрия). Кроме того, сравниваемые группы являются связанными, т.к. все искусственные коронки были изготовлены для одной экспериментальной модели, но разными методами. В связи с этим для анализа данных применили непараметрический критерий Уилкоксона для связанных выборок.

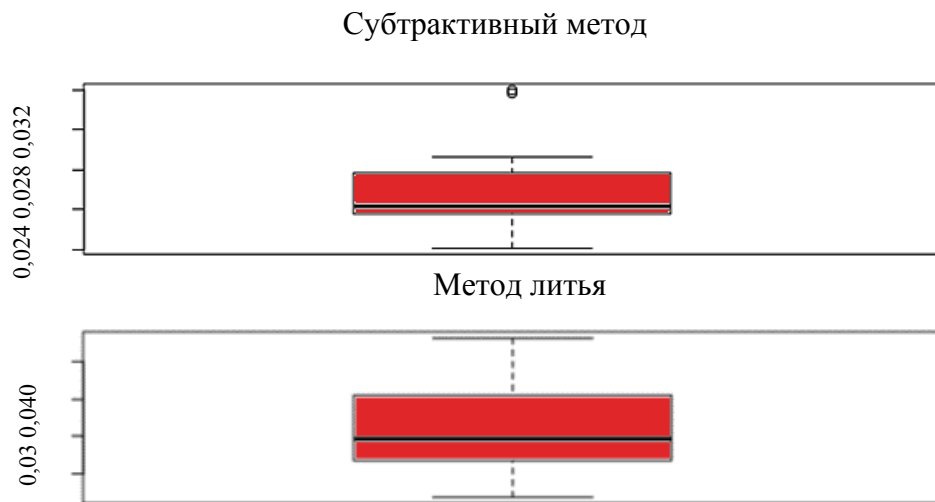


Рисунок 24 — Коробчатый график распределения значений признака «Величина медианы расстояний»

Таблица 17 — Описательные статистики распределения значений величины медианы расстояний (n — количество каркасов искусственных коронок)

Метод изготовления каркасов искусственных коронок	n	Медиана	Минимум	Максимум	25-й процентиль	75-й процентиль
Цифровой (CAD/CAM система)	11	0,0262	0,0241	0,0320	0,0258	0,0279
Традиционный	11	0,0347	0,0270	0,0481	0,0318	0,0405

На основании полученных данных было установлено, что среднее значение медианного расстояния между цифровым изображением культы экспериментальной модели и цифровыми изображениями каркасов искусственных коронок, изготовленных субтрактивным методом, составляет $0,02716 \pm 0,002611$ мм. Среднее значение

медианного расстояния между цифровым изображением культы экспериментальной модели и цифровыми изображениями каркасов искусственных коронок, изготовленных по традиционной технологии литья, составляет $0,03647 \pm 0,006632$ мм.

При анализе полученных данных было установлено, что каркасы искусственных коронок, изготовленные субтрактивным методом, статистически значимо различались по размерной точности с каркасами искусственных коронок, изготовленными традиционным методом литья, с уровнем значимости $p < 0,05$ (критерий Уилкоксона для связанных выборок = 0, $p = 0,001$). При этом медианная размерная точность каркасов искусственных коронок, изготовленных субтрактивным методом, выше на 24,5 %.

На рисунке 25 представлено рабочее окно программы MeshLab с совмещенными цифровыми изображениями культы зуба 2.7 экспериментальной модели и каркасов металлокерамических искусственных коронок, изготовленных различными методами.

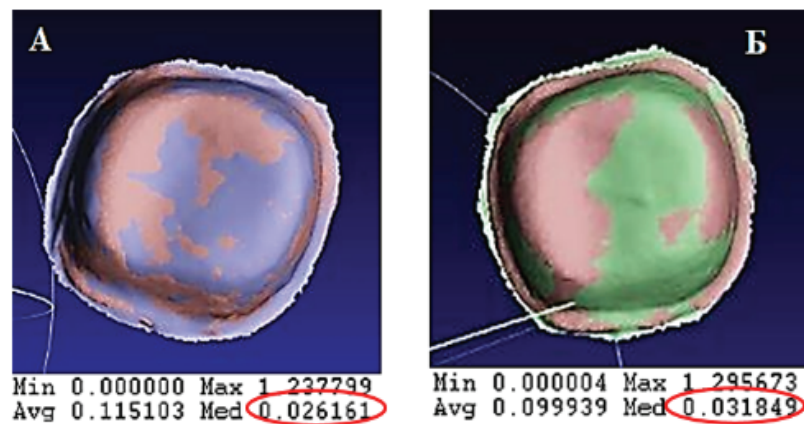


Рисунок 25 — Рабочее окно программы MeshLab с совмещенными цифровыми изображениями:

А — значение медианного расстояния между цифровым изображением культы зуба 2.7 экспериментальной модели и цифровым изображением каркаса искусственной коронки, изготовленной с помощью цифрового метода (Med 0,026161 мм);

Б — значение медианного расстояния между цифровым изображением культы зуба 2.7 и цифровым изображением каркаса искусственной коронки, изготовленной по традиционной технологии литья (Med 0,031849 мм)

3.1.5 Результаты сравнительного анализа эффективности цифровых технологий при изготовлении каркасов мостовидных протезов

При ортопедическом лечении пациентов с частичной потерей зубов особое значение приобретает точность каркасов мостовидных протезов, обусловленная с одной стороны протяженностью дефекта зубного ряда, а с другой качеством препарирования зубов и технологией их изготовления.

Описательные статистики (таблица 18) и визуальный анализ гистограмм (рисунок 26) позволяют оценить характеристики распределения средних значений величины медианного расстояния между цифровым изображением экспериментальной модели № 2 и цифровыми изображениями каркасов мостовидных протезов, изготовленных разными методами. На основании этих данных был сделан вывод о том, что распределения значений признаков во всех группах отличаются от нормального (наблюдается ярко выраженная асимметрия). В связи с этим для анализа данных целесообразно было применение непараметрических статистических методов (H-критерий Краскела — Уоллиса и U-критерий Манна — Уитни).

Таблица 18 — Описательные статистики распределения значений величин медианы расстояний (n — количество каркасов мостовидных протезов)

Метод изготовления каркасов мостовидных протезов		n	Медиана	Минимум	Максимум	25-й процентиль	75-й процентиль
Субтрактивный метод	титановые каркасы	10	0,0308	0,0256	0,0343	0,0289	0,0317
	циркониевые каркасы	10	0,0306	0,0279	0,0320	0,0303	0,0317
Аддитивный метод		10	0,0366	0,0313	0,0411	0,0350	0,0392
Традиционная техника		10	0,0435	0,0384	0,0516	0,0417	0,0446

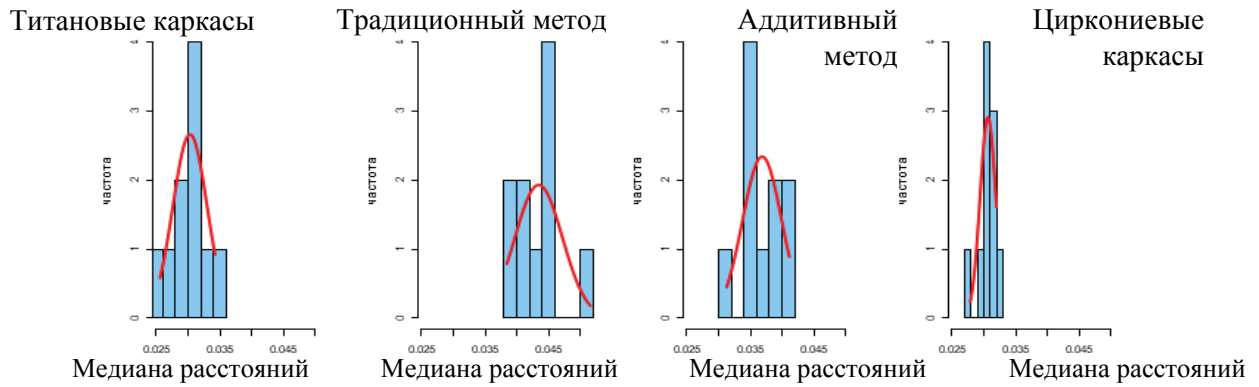


Рисунок 26 — Гистограммы распределения значений признака «Величина медианы расстояний»

На основании полученных результатов было установлено, что среднее значение медианного расстояния между цифровыми изображениями культей экспериментальной модели и цифровыми изображениями титановых каркасов мостовидных протезов, изготовленных субтрактивным методом, составляет $0,03032 \pm 0,002698$ мм. Среднее значение медианного расстояния между цифровыми изображениями культей экспериментальной модели и цифровыми изображениями циркониевых каркасов мостовидных протезов, изготовленных субтрактивным методом, составляет $0,03067 \pm 0,001234$ мм. Среднее значение медианного расстояния между цифровыми изображениями культей экспериментальной модели и цифровыми изображениями каркасов мостовидных протезов, изготовленных с применением аддитивных технологий, составляет $0,03686 \pm 0,003068$ мм. Среднее значение медианного расстояния между цифровыми изображениями культей экспериментальной модели и цифровыми изображениями каркасов мостовидных протезов, изготовленных традиционным методом, составляет $0,04342 \pm 0,003722$ мм. При анализе полученных данных было установлено, что каркасы мостовидных протезов, изготовленные с помощью различных цифровых технологий статистически значительно различались по размерной точности с каркасами мостовидных протезов, изготовленными традиционным методом, с уровнем значимости $p < 0,05$ (Н-критерий Краскела – Уоллиса = 30,56, $p = 0,000001$). При этом медианная размерная точность титановых каркасов мостовидных протезов, выше на 29,2 %, каркасов из диоксида циркония выше на 29,7% и каркасов, полученных из беззольно выгораемых заготовок, изготовленных аддитивным методом, выше на 15,9 % в сравнении с традиционным методом.

На рисунке 27 представлено рабочее окно программы MeshLab с совмещенными цифровыми изображениями культей зубов 2.5, 2.7 экспериментальной модели и каркасов мостовидных протезов, изготовленных различными методами.

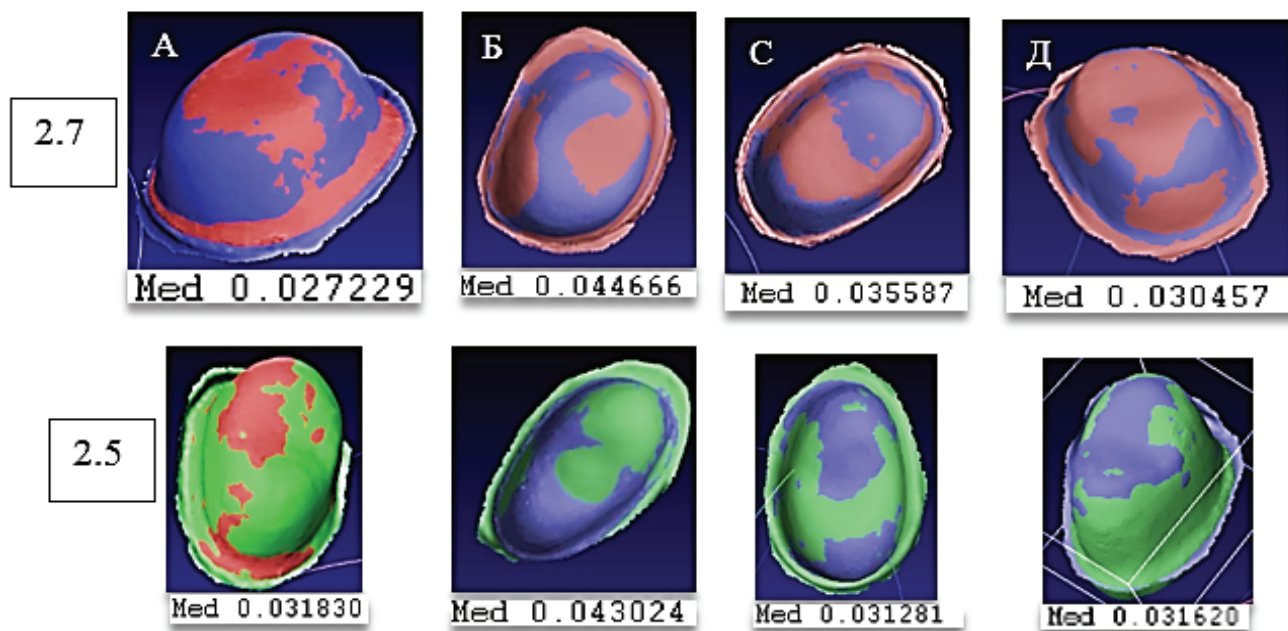


Рисунок 27 — Рабочее окно программы MeshLab с совмещенными цифровыми изображениями культей 2.5 и 2.7 экспериментальной модели и каркасов

мостовидных протезов, изготовленных разными методами:

А — субтрактивный метод (материал Titan Blank);

Б — традиционный метод;

С — аддитивный метод;

Д — субтрактивный метод (материал KaVo ZS)

Для определения отличий между группами проводили попарное сравнение всех методик, применяемых для изготовления каркасов мостовидных протезов, применяя для статистического анализа U-критерий Манна — Уитни. В таблице 19 приведены значения критерия Манна — Уитни и соответствующие ему уровни значимости p для каждого признака для попарного сравнения групп.

Таблица 19 — Результаты сравнения методик изготовления каркасов мостовидных протезов по признаку «Величина медианы расстояний»

Сравниваемые группы	U-критерий Манна — Уитни	p
Традиционная техника — фрезерованные титановые каркасы	0	0,00001*
Аддитивный метод — фрезерованные титановые каркасы	3	0,00008*
Фрезерованные титановые каркасы — фрезерованные циркониевые каркасы	49	0,971
Традиционная техника — аддитивный метод	94	0,0003*
Традиционная техника — фрезерованные циркониевые каркасы	100	0,00001*
Аддитивный метод — фрезерованные циркониевые каркасы	96	0,0001*
Примечание. * — наличие статистически значимого различия на уровне значимости $p < 0,001$		

Из таблицы 19 видно, что все цифровые методики изготовления каркасов мостовидных протезов различимы от традиционного метода с уровнем значимости $p < 0,05$ по признаку «величина медианы расстояний». Каркасы мостовидных протезов, изготовленных субтрактивным методом, обладают в среднем большей размерной точностью по сравнению с каркасами, полученными с применением аддитивных технологий. При этом не было обнаружено статистических различий в размерной точности фрезерованных титановых и циркониевых каркасов мостовидных протезов.

3.1.6 Результаты сравнительного анализа эффективности цифровых технологий при изготовлении базисов полных съемных протезов

Побочное действие базисов съемных протезов на ткани протезного ложа наряду с другими факторами во многом определяется степенью их конгруентности. Для анализа результатов измерения медианного расстояния между цифровым изображением экспериментальной модели № 3 и цифровыми изображениями базисов полных съемных протезов, изготовленных разными методами, применяли непараметрический критерий Уилкоксона. На рисунке 28 представлены коробчатые графики распределения значений величины медианы расстояний, а в таблице 20 описательные статистики.

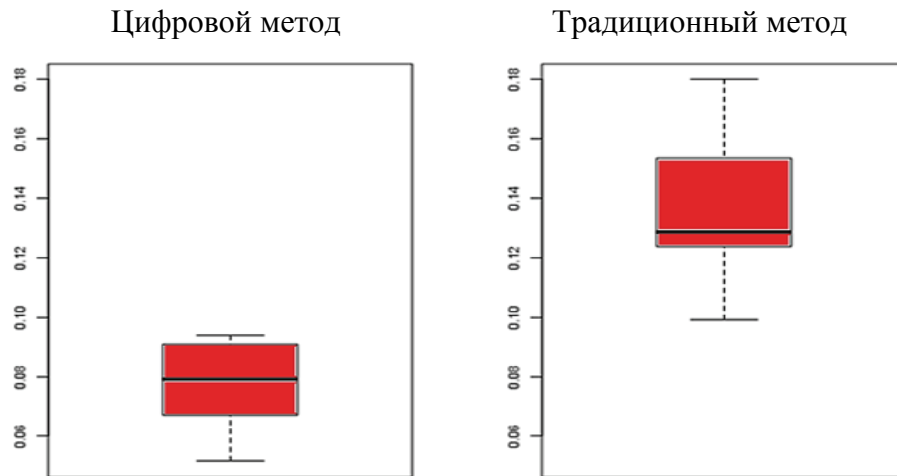


Рисунок 28 — Коробчатые графики распределения значений величины медианы расстояний

Таблица 20 — Описательные статистики распределения значений величины медианы расстояний (n — количество базисов полных съемных протезов)

Метод изготовления базисов полных съемных протезов	n	Медиана	Минимум	Максимум	25-й процентиль	75-й процентиль
Цифровой метод	6	0,07923	0,0517	0,09401	0,06969	0,08876
Традиционный метод	6	0,1287	0,0995	0,18	0,1243	0,1481

На основании полученных данных было установлено, что среднее значение медианного расстояния между цифровым изображением экспериментальной модели и цифровыми изображениями базисов полных съемных протезов, изготовленных с помощью 3D-принтера, составляет $0,0771 \pm 0,01577$ мм. Среднее значение медианного расстояния между цифровым изображением экспериментальной модели и цифровыми изображениями базисов полных съемных протезов, изготовленных традиционным методом, составляет $0,1357 \pm 0,02774$ мм. При анализе полученных данных было установлено, что базисы полных съемных протезов, изготовленные с помощью цифровых технологий статистически значительно различались по размерной точности с базисами полных съемных протезов, изготовленными традиционным методом с уровнем значимости $p < 0,05$ (критерий Уилкоксона = 0, $p = 0,031$). При этом медианная размерная точность базисов полных съемных протезов, изготовленных с помощью цифровых технологий, выше на 38,4%.

3.1.7 Результаты изучения плотности прилегания временных искусственных коронок к препарированной культе зуба

Для анализа результатов измерения величины внутреннего прилегания временных искусственных коронок, изготовленных с применением цифровых и традиционных технологий, применялся критерий Фридмана, который позволяет установить, что величины показателей изменяются от условия к условию, но при этом не указывает на направление изменений. Нулевую гипотезу при статистическом анализе обозначили следующим образом: $H_0 = \{\text{между полученными в разных условиях показателями существуют лишь случайные различия}\}$.

В данном исследовании нулевая гипотеза отвергается на уровне статистической значимости $p < 0,0166667$. При расчете критического уровня значимости была введена поправка Бонферрони для учета множественных сравнений: $0,0166667 = 0,05/3$, где 0,05 — общепринятое значение критического уровня значимости для одинарного сравнения в медико-биологических исследованиях, а 3 — число сравнений. Описательные статистики распределения значений величины внутреннего прилегания представлены в таблице 21.

Таблица 21 — Описательные статистики распределения значений величины внутреннего прилегания (n — количество каркасов искусственных коронок)

Метод получения коронок	n	Медиана	Минимум	Максимум	25-й процентиль	75-й процентиль
Субтрактивный метод	10	49,53	46,38	52,72	47,87	52,11
Аддитивный метод	10	50,23	46,73	52,34	49,17	51,09
Традиционная техника	10	154,00	124,10	165,00	149,6	157,30

Различия величин внутреннего прилегания временных искусственных коронок, изготовленных различными методами, можно признать статистически значимыми на уровне $p < 0,0166667$ (критерий Фридмана $S = 45,000000$, $p = 0,000000$). Попарное сравнение цифровых методик, применяемых для изготовления временных искусственных коронок, с традиционным методом и цифровых методик между собой показало следующее (таблица 22, рисунок 29).

Таблица 22 — Результаты попарного сравнения групп

Сравниваемые группы	p
Субтрактивный метод — Аддитивный метод	1,000000000000
Традиционная техника — Аддитивный метод	0,00000001312
Традиционная техника — Субтрактивный метод	0,00000001312

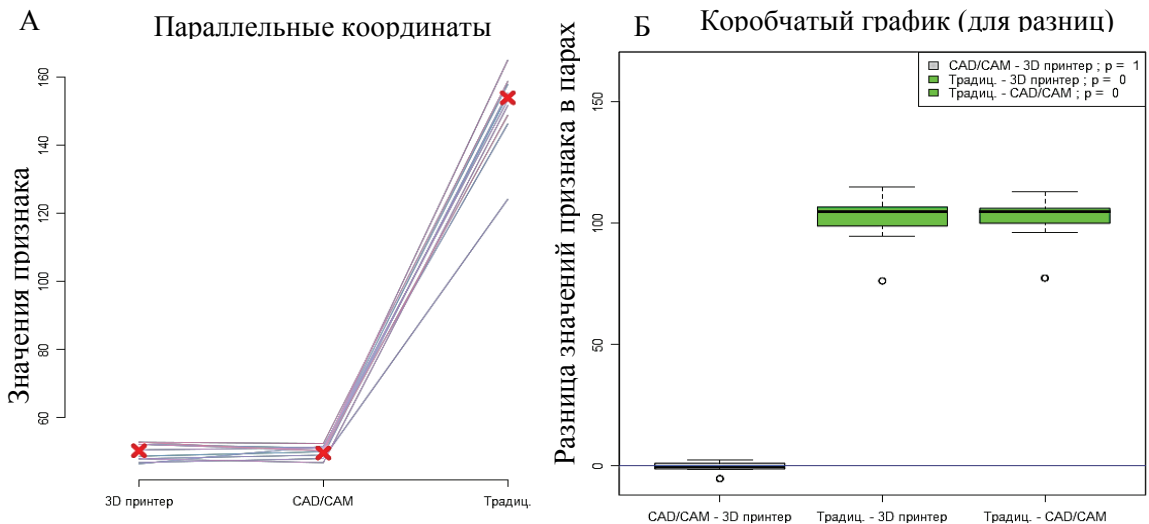


Рисунок 29 — Анализ различий значений признака «Внутреннее прилегание»:

А — диаграмма с параллельными координатами;

Б — коробчатый график для попарно сравниваемых групп

Из таблицы 22 и рисунка 29 видно, что цифровые методики изготовления временных искусственных коронок различимы от традиционного метода горячей полимеризации с уровнем значимости $p < 0,0166667$ по признаку «Величина внутреннего прилегания». Статистических различий между методами изготовления искусственных коронок с помощью CAD/CAM системы и 3D-принтера не обнаружено.

Результаты изучения качества внутреннего прилегания искусственных коронок представлены в таблице 23.

На рисунке 30 представлено измерение в компьютерной программе Image J величины силиконовой реплики, отражающей плотность внутреннего прилегания временных искусственных коронок, изготовленных с применением цифровых и традиционных технологий.

Таблица 23 — Результаты изучения внутреннего прилегания искусственных коронок

Метод изготовления искусственных коронок	Величина внутреннего прилегания, мкм	Необходимость припасовки	Равномерность пленки корригирующего слоя
Субтрактивный	49,76 ± 2,532	не нужно	равномерно
Аддитивный	50,00 ± 1,714	не нужно	равномерно
Лабораторный	151,60 ± 11,00	30 % нуждались в припасовке	неравномерно

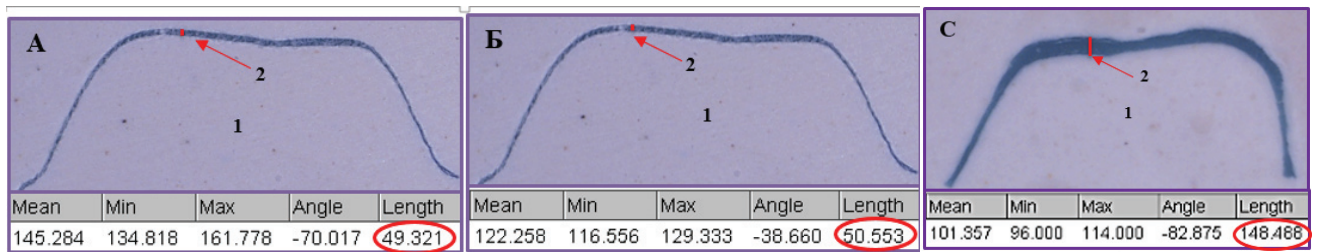


Рисунок 30 — Скриншот рабочего окна компьютерной программе Image J.,
1 — гипс, 2 — силиконовая реплика:

А — величина внутреннего прилегания искусственной коронки, изготовленной в CAD/CAM системе — 49,321 мкм;

Б — величина внутреннего прилегания искусственной коронки, изготовленной с применением 3D-принтера — 50,553 мкм;

С — величина внутреннего прилегания искусственной коронки, изготовленной по традиционной технологии горячей полимеризации — 148,488 мкм

Для анализа полученных результатов измерения величины краевого прилегания временных искусственных коронок, изготовленных различными методами, применяли критерий Фридмана. Нулевую гипотезу при статистическом анализе обозначили следующим образом — $H_0 = \{ \text{между полученными в разных условиях показателями существуют лишь случайные различия} \}$. В данном исследовании нулевая гипотеза отвергается на уровне статистической значимости $p < 0,0166667$. При расчете критического уровня значимости была введена поправка Бонферрони для учета множественных сравнений: $0,0166667 = 0,05 / 3$, где 0,05 — общепринятое значение критического уровня значимости для одинарного сравнения в медико-биологических исследованиях, а 3 — число сравнений. Описательные статистики распределения значений величины краевого прилегания представлены в таблице 24.

Таблица 24 — Описательные статистики распределения значений величины краевого прилегания (n — количество искусственных коронок)

Метод получения коронок	n	Медиана	Минимум	Максимум	25-й процентиль	75-й процентиль
Субтрактивный метод	10	40,40	37,98	43,41	39,19	41,62
Аддитивный метод	10	40,52	38,88	42,08	39,97	41,33
Традиционная техника	10	97,86	84,38	128,00	86,14	115,00

Различия величин краевого прилегания временных искусственных коронок, изготовленных различными методами, можно признать статистически значимыми на уровне $p < 0,0166667$ (критерий Фридмана $S = 45,600000$, $p = 0,000000$). Далее проводили попарное сравнение всех цифровых методик, применяемых для изготовления временных искусственных коронок, с традиционным методом горячей полимеризации пластмассы и цифровых методик между собой (таблица 25, рисунок 31).

Таблица 25 — Результаты попарного сравнения групп

Сравниваемые группы	p
Субтрактивный метод — Аддитивный метод	0,718644232587
Традиционная техника — Аддитивный метод	0,000000188293
Традиционная техника — Субтрактивный метод	0,000000001029

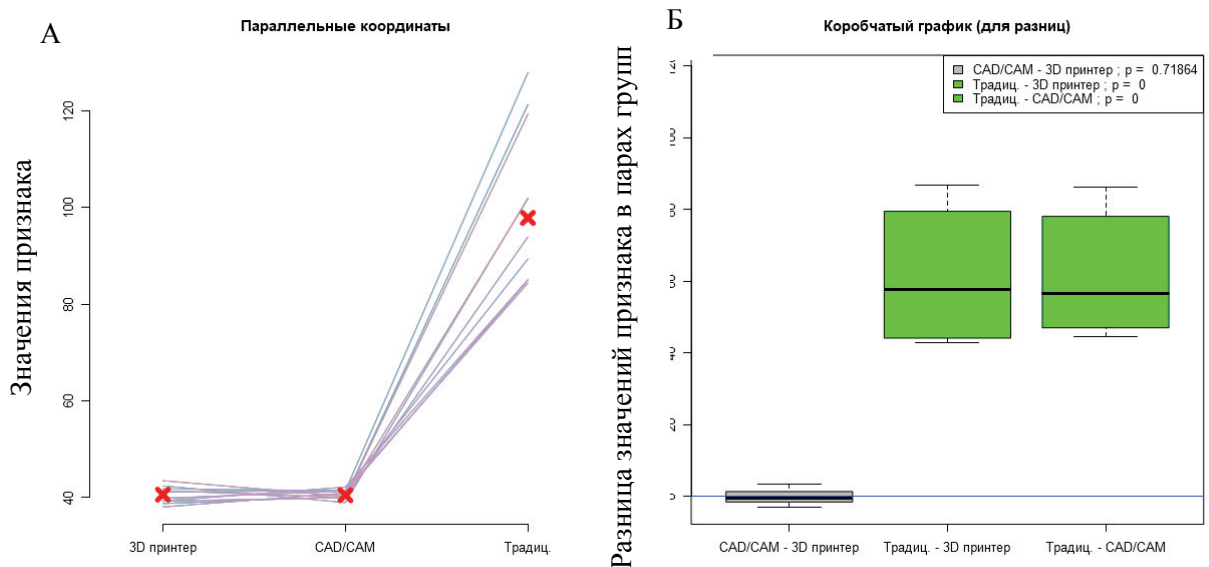


Рисунок 31 — Анализ различий значений признака «Краевое прилегание»:

А — диаграмма с параллельными координатами;

Б — коробчатый график для попарно сравниваемых групп

Из таблицы 25 и рисунка 31 видно, что цифровые методики изготовления временных искусственных коронок различимы от традиционного метода горячей полимеризации с уровнем значимости $p < 0,0166667$ по признаку «Величина краевого прилегания». Статистических различий между субтрактивным и аддитивным методами изготовления временных искусственных коронок не обнаружено. На рисунке 32 представлены результаты измерений величины краевого прилегания временных искусственных коронок в компьютерной программе Image J.

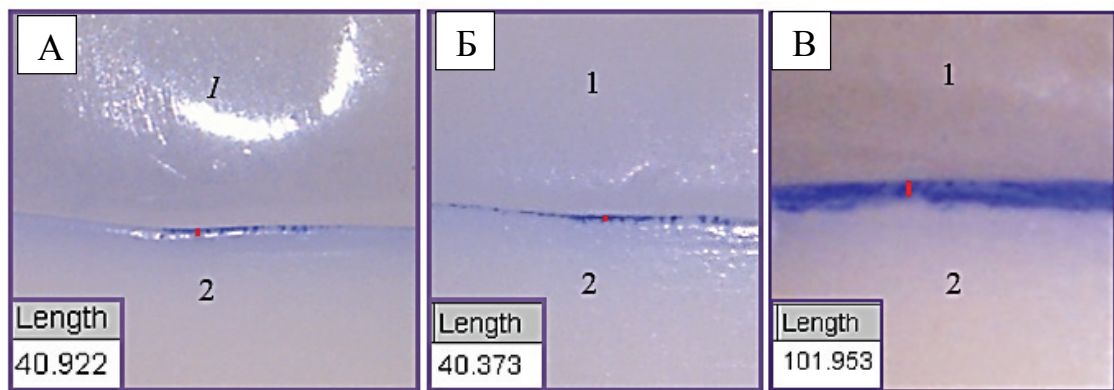


Рисунок 32 — Скриншот рабочего окна в компьютерной программе Image J.,

1 — гипс, 2 — силиконовая реплика:

А — величина краевого прилегания искусственной коронки, изготовленной субтрактивным методом — 40,922 мкм;

Б — величина краевого прилегания искусственной коронки, изготовленной с помощью 3D-принтера — 40,373 мкм;

В — величина краевого прилегания искусственной коронки, изготовленной традиционным методом — 101,953 мкм

Результаты изучения краевого прилегания временных искусственных коронок, изготовленных с применением традиционных и цифровых технологий, представлены в таблице 26.

Таблица 26 — Результаты изучения краевого прилегания временных искусственных коронок, изготовленных различными методами

Метод изготовления искусственных коронок	Краевое прилегание, мкм	Оценка по критерию «Renishaw»	Необходимость припасовки
Субтрактивный	$40,46 \pm 1,758$	удовлетворительное краевое прилегание	не нужно
Аддитивный	$40,6 \pm 0,9577$	удовлетворительное краевое прилегание	не нужно
Традиционный	$101,00 \pm 16,51$	приемлемое краевое прилегание	30 % нуждались в припасовке

3.1.8 Результаты изучения плотности прилегания каркасов искусственных коронок из дисиликата лития к препарированной культе зуба

Анализ коробчатых графиков (рисунок 33) и описательных статистик (таблица 27) позволил оценить характеристики распределения величины внутреннего прилегания каркасов искусственных коронок, изготовленных из дисиликата лития различными методами. В результате была получена возможность сделать вывод о том, что распределения значений признаков во всех группах отличаются от нормального (наблюдается ярко выраженная асимметрия). В связи с этим для анализа данных целесообразно было применение непараметрических статистических методов (Н-критерий Краскела — Уоллиса). Результаты изучения внутреннего прилегания каркасов искусственных коронок, изготовленных в фрезерно-шлифовальном станке CAD/CAM-системы из дисиликата лития E.max CAD, из заготовок беззольного полимерного материала C-Cast, изготовленных с применением 3D-принтера из беззольного фотополимерного материала Freeprint cast UV и полученных по традиционной технологии прессования представлены в таблице 28.

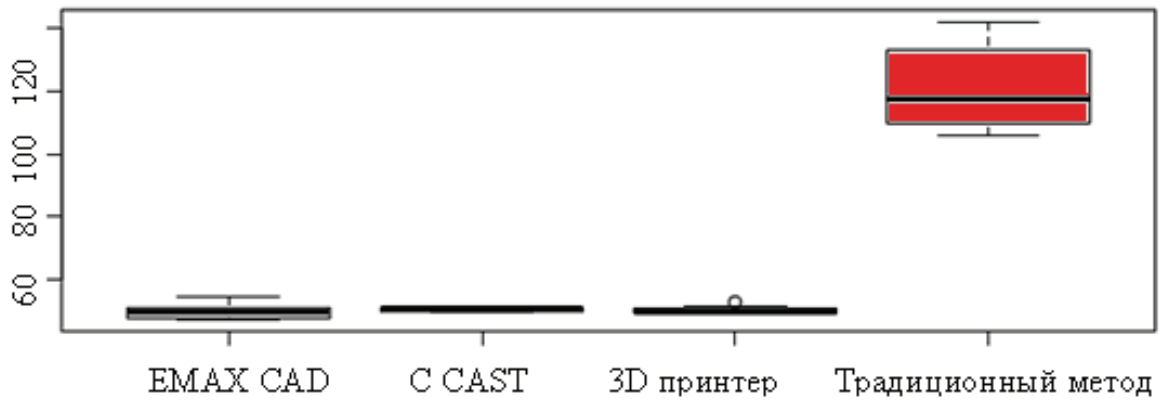


Рисунок 33 — Коробчатый график распределения значений признака «Величина внутреннего прилегания», мкм

Таблица 27 — Описательные статистики распределения значений величины внутреннего прилегания (n — количество каркасов искусственных коронок)

Метод изготовления каркасов искусственных коронок		n	Медиана	Минимум	Максимум	25-й процентиль	75-й процентиль
Субтрактивный метод	Emax CAD	10	49,67	47,44	54,95	47,78	51,13
	C CAST	10	50,72	49,58	51,63	50,07	50,85
3D-принтер		10	49,89	49,01	52,95	49,62	50,7
Технология прессования		10	117,5	105,9	141,9	110,1	131,5

Таблица 28 — Результаты изучения внутреннего прилегания каркасов искусственных коронок

Метод изготовления каркасов искусственных коронок		Величина внутреннего прилегания, мкм	Необходимость припасовки	Равномерность пленки корригирующего слоя
Субтрактивный метод	Emax CAD	50,00 ± 2,559	не нужно	равномерно
	C CAST	50,54 ± 0,5957	не нужно	равномерно
Аддитивный метод		50,27 ± 1,218	не нужно	равномерно
Технология прессования		120,70 ± 12,86	10 % нуждались в припасовке	неравномерно

На основании этих данных мы пришли к выводу, что величины внутреннего прилегания каркасов искусственных коронок, изготовленных с помощью традиционных и цифровых технологий, статистически различимы с уровнем значимости $p < 0,05$ (H-критерий Краскела — Уоллиса = 22,529 $p = 0,00005$).

После этого было проведено попарное сравнение всех цифровых методик, применяемых для изготовления каркасов искусственных коронок из дисиликата лития, с традиционным методом прессования с применением для статистического анализа U-критерия Манна — Уитни. В таблице 29 приведены значения критерия Манна — Уитни и соответствующие ему уровни значимости p для признака «Величина внутреннего прилегания» для попарного сравнения групп.

Таблица 29 — Результаты сравнения цифровых методик изготовления каркасов искусственных коронок из дисиликата лития с традиционным методом прессования по признаку «Величина внутреннего прилегания»

Метод изготовления каркасов искусственных коронок		U-критерий Манна — Уитни	p
Субтрактивный метод	E.max CAD	0	0,00001***
	C CAST	0	0,00001***
3D-принтер		0	0,00001***
Примечание. *** — наличие статистически значимого различия на уровне значимости $p < 0,001$.			

Из таблицы 29 видно, что все цифровые методики изготовления каркасов искусственных коронок из дисиликата лития статистически значимо различимы от традиционного метода прессования с уровнем значимости $p < 0,05$ по признаку «Величина внутреннего прилегания».

На основании полученных данных установлено, что величина внутреннего прилегания каркасов искусственных коронок, изготовленных в фрезерно-шлифовальном станке CAD/CAM системы из материала E.max CAD в среднем меньше величины внутреннего прилегания каркасов, полученных по традиционной технологии прессования (медианы выборок отличаются в 2,37 раза). Величина внутреннего прилегания каркасов искусственных коронок, изготовленных из беззольного полимерного материала KaVo C-Cast в среднем меньше величины внутреннего прилегания, полученных по традиционной технологии прессования (медианы выборок отличаются в 2,32 раза). Величина внутреннего прилегания каркасов искусственных коронок, изготовленных с применением 3D-принтера, в

среднем меньше величины внутреннего прилегания каркасов, полученных по традиционной технологии прессования (медианы выборок отличаются в 2,36 раза).

Сравнение двух цифровых методов изготовления полимерных заготовок каркасов искусственных коронок показало следующее.

На основании анализа коробчатых графиков (рисунок 34) и описательных статистик (см. таблица 27) было установлено, что распределения значений признаков во всех группах отличаются от нормального (наблюдается ярко выраженная асимметрия). В связи с этим для анализа данных целесообразно было применение непараметрических статистических методов (критерий Уилкоксона).

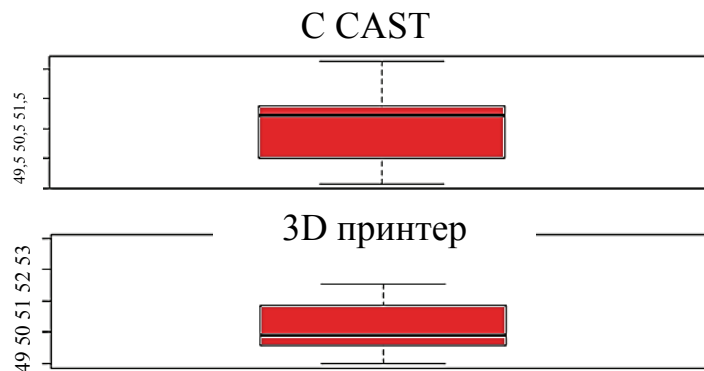


Рисунок 34 — Коробчатый график распределения значений признака «Величина внутреннего прилегания», мкм

Статистический анализ полученных данных позволил сделать вывод о том, что каркасы искусственных коронок, изготовленные методом прессования по фрезерованным заготовкам из беззольного полимерного материала C-Cast, и каркасы искусственных коронок, изготовленные методом прессования по заготовкам, созданным с помощью 3D-принтера, обладают статистически неразличимым значением внутреннего прилегания с уровнем значимости $p < 0,05$ (критерий Уилкоксона = 37, $p = 0,375$).

На рисунке 35 представлено измерение в компьютерной программе Image J величины силиконовой реплики, отражающей плотность внутреннего прилегания каркасов искусственных коронок.

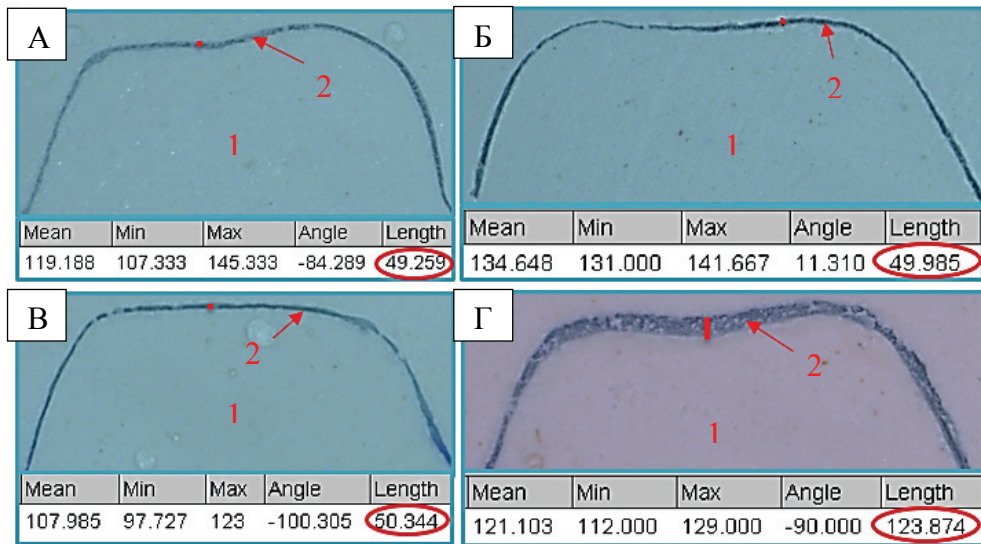


Рисунок 35 — Скриншот рабочего окна компьютерной программе Image J.,

1 — гипс, 2 — силиконовая реплика:

А — величина внутреннего прилегания каркаса, изготовленного субтрактивным методом из заготовок E.max CAD — 49,259 мкм;

Б — величина внутреннего прилегания каркаса, изготовленного с применением 3D-принтера — 49,985 мкм;

В — величина внутреннего прилегания каркаса, изготовленного с применением беззольного полимерного материала KaVo C-Cast — 50,3445 мкм;

Г — величина внутреннего прилегания каркаса, изготовленного методом прессования — 123,874 мкм

На рисунке 36 представлены результаты измерений величины краевого прилегания каркасов искусственных коронок из дисиликата лития в компьютерной программе Image J.

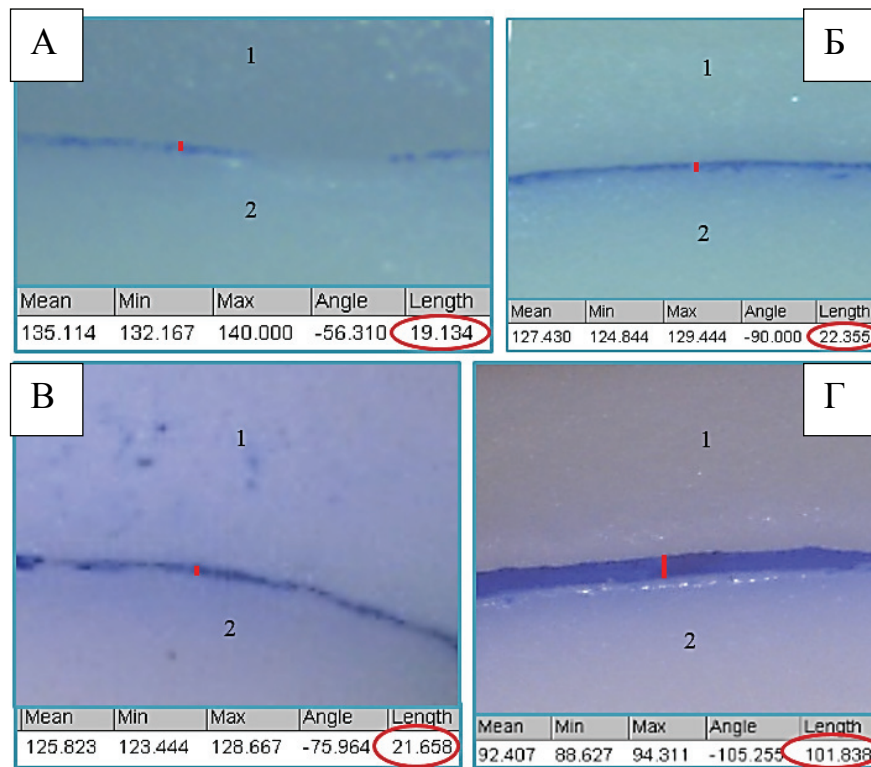


Рисунок 36 — Скриншот рабочего окна компьютерной программе Image J.,

1 — край коронки, 2 — край уступа:

А — величина краевого прилегания каркаса, изготовленного в фрезерно-шлифовальном станке CAD/CAM системы из E.max CAD — 19,134 мкм;

Б — величина краевого прилегания каркаса, изготовленного из фрезерованной заготовки KaVo C-Cast — 22,355 мкм;

В — величина краевого прилегания каркаса, изготовленного из заготовки, полученной с помощью 3D-принтера из беззольного фотополимерного материала Freeprint cast UV — 21,658 мкм;

Г — величина краевого прилегания каркаса, изготовленного методом прессования из материала Emax press — 101,838 мкм

На основании анализа описательной статистики (таблица 30) и коробчатых графиков (рисунок 37) установлено, что распределения значений признаков во всех группах отличаются от нормального (наблюдается ярко выраженная асимметрия). В связи с этим для анализа данных целесообразно было применение непараметрических статистических методов (H-критерий Краскела — Уоллиса).

Таблица 30 — Описательные статистики распределения значений величины краевого прилегания (n — количество каркасов искусственных коронок)

Метод изготовления каркасов искусственных коронок		n	Медиана	Минимум	Максимум	25-й процентиль	75-й процентиль
Субтрактивный метод	Emax CAD	10	18,10	15,14	21,50	16,42	19,99
	C CAST	10	22,22	20,57	24,78	21,45	23,47
3D-принтер		10	22,25	19,88	24,84	21,23	23,10
Технология прессования		10	103,40	89,66	126,60	90,80	105,10



Рисунок 37 — Коробчатый график распределения значений признака «Величина краевого прилегания», мкм

Результаты измерения величины краевого прилегания каркасов искусственных коронок из дисиликата лития E.max, изготовленных с применением традиционных и цифровых технологий, представлены в таблице 31.

Таблица 31 — Результаты изучения краевого прилегания каркасов искусственных коронок

Метод изготовления каркасов		Краевое прилегание, мкм	Оценка по критерию «Renishaw»	Необходимость припасовки
Субтрактивный метод	Emax CAD	18,20 ± 2,299	отличное краевое прилегание	не нужно
	C-CAST	22,50 ± 1,372	хорошее краевое прилегание	не нужно
3D-принтер		22,35 ± 1,591	хорошее краевое прилегание	не нужно
Технология прессования		101,40 ± 11,55	приемлемое краевое прилегание	10 % нуждались в припасовке

Полученные данные позволили сделать заключение, что величины краевого прилегания каркасов искусственных коронок, изготовленных с помощью цифровых технологий и по традиционной технологии прессования, статистически различимы с уровнем значимости $p < 0,05$ (H-критерий Краскела — Уоллиса = 30,865, $p = 0,0000009$).

В таблице 32 приведены значения критерия Манна — Уитни и соответствующие ему уровни значимости p для признака «величина краевого прилегания» для попарного сравнения групп.

Таблица 32 — Результаты сравнения цифровых методик изготовления каркасов искусственных коронок из дисиликата лития с традиционным методом прессования по признаку «Величина краевого прилегания»

Метод изготовления каркасов искусственных коронок		U-критерий Манна — Уитни	p
Субтрактивный метод	E.max CAD	0	0,00001***
	C CAST	0	0,00001***
3D-принтер		0	0,00001***
Примечание. *** — наличие статистически значимого различия на уровне значимости $p < 0,001$.			

Из таблицы 32 видно, что все цифровые методики изготовления каркасов искусственных коронок из дисиликата лития статистически значимо различимы от традиционного метода прессования с уровнем значимости $p < 0,05$ по признаку «Величина краевого прилегания».

На основании полученных данных мы пришли к выводу, что величина краевого прилегания каркасов искусственных коронок, изготовленных в фрезерно-шлифовальном станке CAD/CAM системы из блоков E.max CAD в среднем меньше величины краевого прилегания каркасов, полученных по традиционной технологии прессования (медианы выборок отличаются в 5,6 раза). Величина краевого прилегания каркасов искусственных коронок, изготовленных из заготовок беззольного полимерного материала C-Cast и с применением 3D-принтера в среднем меньше величины краевого прилегания каркасов, полученных по традиционной технологии прессования (медианы выборок отличаются в 4,65 раза).

Сравнение двух цифровых методов изготовления полимерных заготовок каркасов искусственных коронок с применением описательной статистики (таблица 36) показало, что каркасы искусственных коронок, изготовленные методом прессования по фрезерованным заготовкам из беззольного полимерного материала C-Cast, и каркасы искусственных коронок, изготовленные методом прессования по заготовкам, созданным с помощью 3D-принтера, обладают статистически неразличимым значением краевого прилегания с уровнем значимости $p < 0,05$ (критерий Уилкоксона = 30, $p = 0,846$).

3.1.9 Результаты изучения плотности прилегания каркасов металлокерамических искусственных коронок к препарированной культе зуба

Результаты измерения величины внутреннего прилегания каркасов металлокерамических искусственных коронок, изготовленных различными методами, представлены в таблице 33, а на рисунке 38 представлено отображение силиконовой реплики, отражающей плотность внутреннего прилегания каркасов искусственных коронок, в компьютерной программе Image J.

Таблица 33 — Результаты изучения внутреннего прилегания каркасов искусственных коронок

Метод изготовления каркасов искусственных коронок	Величина внутреннего прилегания, мкм	Необходимость припасовки	Равномерность пленки корригирующего слоя
Цифровой	$52,85 \pm 3,432$	не нужно	равномерно
Традиционный	$110,4 \pm 3,913$	18,2 % нуждались в припасовке	неравномерно

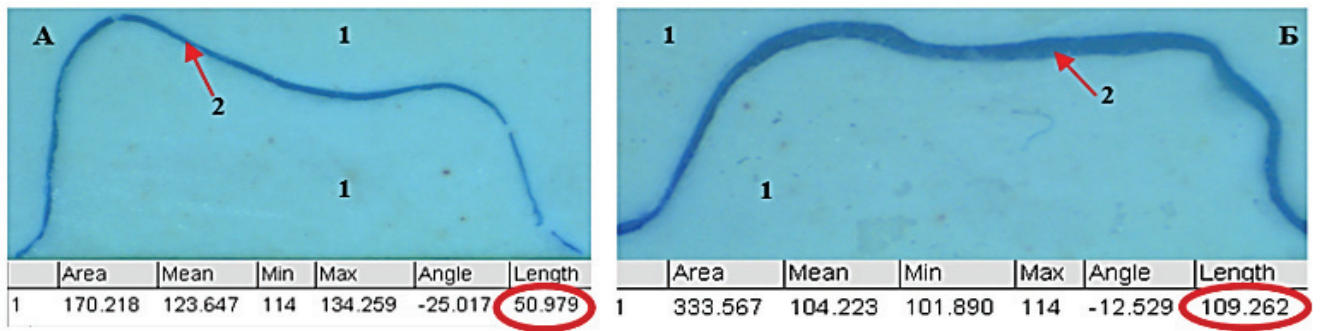


Рисунок 38 — Скриншот рабочего окна в компьютерной программе Image J.,

1 — гипс, 2 — силиконовая реплика:

А — величина внутреннего прилегания каркаса, изготовленного субтрактивным методом — 50,979 мкм;

Б — величина внутреннего прилегания каркаса, изготовленного методом литья — 109,262 мкм

Описательные статистики (таблица 34) и визуальный анализ гистограмм (рисунок 39) позволили оценить характеристики распределения средних значений величины внутреннего прилегания. На основании этих данных установлено, что распределение значений признаков в обеих группах отличаются от нормального (наблюдается ярко выраженная асимметрия). Кроме того, сравниваемые группы являются связанными, т.к. все искусственные коронки были изготовлены для одной экспериментальной модели, но разными методами. В связи с этим, для анализа данных был применен непараметрический критерий Уилкоксона для связанных выборок.

Таблица 34 — Описательные статистики распределения значений величины внутреннего прилегания (n — количество каркасов искусственных коронок)

Метод изготовления каркасов искусственных коронок	n	Медиана	Минимум	Максимум	25-й процентиль	75-й процентиль
Цифровой метод	11	52,78	48,94	57,50	49,64	55,89
Традиционный метод	11	111,90	105,20	117,00	107,10	113,30

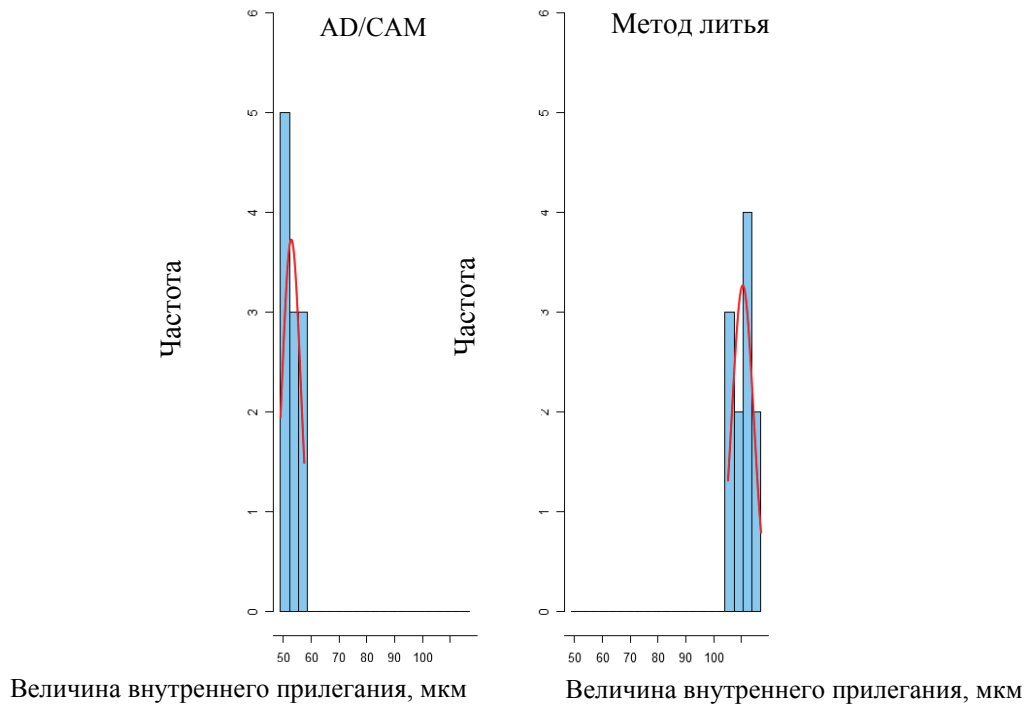


Рисунок 39 — Гистограммы распределения значений признака «Величина внутреннего прилегания»

На основании полученных данных сделано заключение о том, что величина внутреннего прилегания каркасов металлокерамических искусственных коронок, изготовленных субтрактивным методом, статистически значимо различались с величинами внутреннего прилегания каркасов, изготовленных традиционным методом литья, с уровнем значимости $p < 0,05$ (критерий Уилкоксона для связанных выборок = 0, $p = 0,001$). При этом медианная величина внутреннего прилегания каркасов металлокерамических искусственных коронок, изготовленных субтрактивным методом, меньше в 2,1 раза.

Результаты измерения величины краевого прилегания каркасов металлокерамических искусственных коронок, изготовленных различными методами, представлены в таблице 35 и на рисунке 40.

Таблица 35 — Результаты изучения краевого прилегания каркасов искусственных коронок

Метод изготовления каркасов искусственных коронок	Величина краевого прилегания, мкм	Оценка по критерию «Renishaw»	Необходимость припасовки
Цифровой метод	$21,79 \pm 1,908$	хорошее краевое прилегание	не нужно
Традиционный метод	$77,18 \pm 2,303$	удовлетворительное краевое прилегание	18,2 % нуждались в доп. припасовке

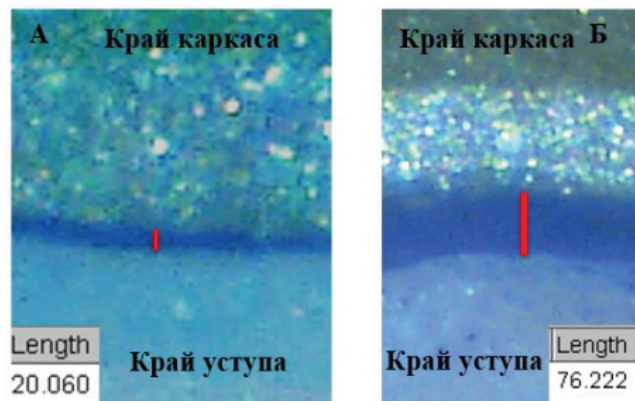


Рисунок 40 — Скриншот рабочего окна компьютерной программе Image J.:

А — величина краевого прилегания каркаса, изготовленного субтрактивным методом — 20,060 мкм;

Б — величина краевого прилегания каркаса, изготовленного методом литья — 76,222 мкм

На основании данных описательной статистики (таблица 36) и коробчатых графиков (рисунок 41) и непараметрического критерия Уилкоксона для связанных выборок установлено, что каркасы искусственных коронок, изготовленные субтрактивным методом, статистически значимо различались по величине краевого прилегания с каркасами, изготовленными традиционным методом литья, с уровнем значимости $p < 0,05$ (критерий Уилкоксона для связанных выборок = 0, $p = 0,001$). При этом медианная величина краевого прилегания каркасов, изготовленных цифровым методом, в 2,8 раза меньше медианной величины краевого прилегания каркасов, изготовленных традиционным методом.

Таблица 36 — Описательные статистики распределения значений величины краевого прилегания (n — количество каркасов искусственных коронок)

Метод изготовления каркасов искусственных коронок	n	Медиана	Минимум	Максимум	25-й процентиль	75-й процентиль
Цифровой метод	11	22,26	18,50	24,09	20,43	23,23
Традиционный метод	11	76,77	74,01	81,97	75,65	78,83

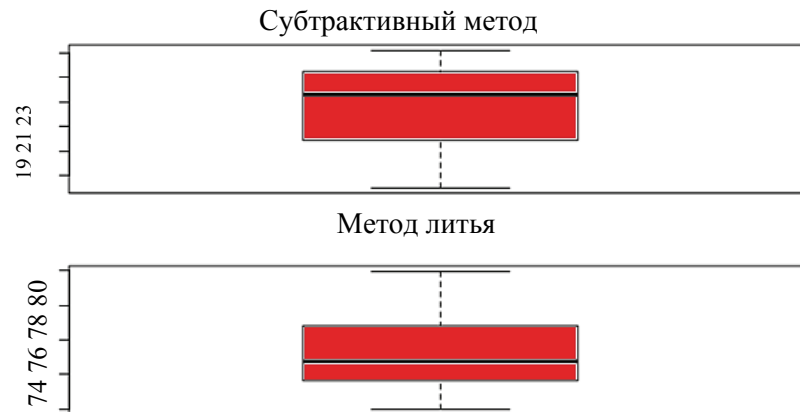


Рисунок 41 — Коробчатый график распределения значений величины краевого прилегания каркасов искусственных коронок

3.2 Результаты клинического исследования

3.2.1 Результаты сравнительной оценки временных искусственных коронок, изготовленных с помощью традиционных и цифровых технологий

Результаты сравнительной оценки применения временных искусственных коронок у 46 пациентов (25 мужчин и 21 женщина), изготовленных с помощью традиционных и цифровых технологий, представлены в таблице 37.

Таблица 37 — Результаты сравнительной оценки временных искусственных коронок, изготовленных различными методами

№	Критерии оценки временных искусственных коронок	Оценка	Балл	Результаты оценки временных искусственных коронок, изготовленных различными методами			p
				традиционный метод	субтрактивный метод	аддитивный метод	
1	Субъективные ощущения пациента (жалобы)	отсутствие дискомфортных явлений, быстрое привыкание	6	35	38	39	0,626
		наличие легкого дискомфорта, ощущения непривычности	3	5	4	3	
		непреодолимый дискомфорт	0	1	0	0	
2	Цветовое соответствие*	цвет конструкции не отличается от исходного	6	32	42	38	0,00138
		немного отличается, но клинически приемлемо	3	9	0	4	
		сильно отличается	0	0	0	0	
3	Качество поверхности*	поверхность гладкая, блестящая, сходная с эмалью	6	25	42	39	3,48e-7
		поверхность слегка матовая, не блестит, имеет легкие шероховатости, устраняемые полировкой	3	16	0	3	
		неприемлемая шероховатость поверхности	0	0	0	0	
4	Соответствие анатомической форме зубных рядов*	полностью соответствует форме зубных рядов	6	25	42	42	1,65e-9
		слегка нарушает форму, объем или размер, но это эстетически приемлемо	3	16	0	0	
		выделяется в зубном ряду, выглядит неестественно, рекомендуется замена	0	0	0	0	

Продолжение таблицы 37

№	Критерии оценки временных искусственных коронок	Оценка	Балл	Результаты оценки временных искусственных коронок, изготовленных различными методами			p
				традиционный метод	субтрактивный метод	аддитивный метод	
5	Состояние слизистой оболочки, контактирующей с протезом	слизистая оболочка здорова	6	33	39	37	0,229
		гингивит, декубитальные язвы, пролежни	0	8	3	5	
6	Состояние десневого края по данным Ассоциированного пародонтального индекса	нет заболеваний пародонта	6	33	39	37	0,229
		легкая степень тяжести	4	8	3	5	
		средняя степень тяжести	2	0	0	0	
		тяжелая степень тяжести	0	0	0	0	
7	Пальпация ВНЧС	безболезненная	6	41	42	42	-
		болезненная	0	0	0	0	
8	Аускультация ВНЧС	звуки отсутствуют	6	41	42	42	-
		крепитация, хруст, щелканье	0	0	0	0	
9	Характер движения нижней челюсти	плавное, равномерное, синхронное, без смещений	6	41	42	42	-
		толчкообразное, со смещением в сторону	0	0	0	0	
10	Состояние жевательных мышц	нормальное	6	41	42	42	-
		гипертонус	0	0	0	0	
11	Пальпация жевательных мышц	безболезненная, не вызывающая спазма	6	41	42	42	-
		при пальпации возникают боль, спазм, напряжение	0	0	0	0	
12	Необходимость коррекции протеза при затрудненном его наложении на опорный зуб	отсутствие	6	31	38	37	0,131
		наличие	0	10	4	5	

Окончание таблицы 37

№	Критерии оценки временных искусственных коронок	Оценка	Балл	Результаты оценки временных искусственных коронок, изготовленных различными методами			p
				традиционный метод	субтрактивный метод	аддитивный метод	
13	Качество интерпроксимальных контактов*	плотный контакт	6	25	39	39	0,000156
		слабый контакт	3	16	3	3	
		отсутствие контакта	0	0	0	0	
14	Окклюзионные контакты*	равномерные множественные	6	8	32	33	3,75e-9
		неравномерные множественные	3	33	10	9	
		неравномерные одиночные, неподдающиеся коррекции без снижения межальвеолярного расстояния	0	0	0	0	
15	Краевое прилегание*	хорошее, граница краевого прилегания не видна и не определяется при зондировании	6	28	42	42	1,15e-7
		плохое, граница краевого прилегания видна	0	13	0	0	
16	Наличие сколов, трещин, дефектов поверхности	отсутствие	6	34	37	36	0,774
		наличие	0	7	5	6	
17	Ретенция протеза	отсутствие случаев расцементирования	6	36	38	37	0,94
		расцементировка или подвижность протеза	0	5	4	5	
18	Перелом протеза	отсутствие	6	36	40	38	0,458
		наличие	0	5	2	4	

Примечание. * — различия статистически значимы по критерию Фишера на уровне $p < 0,00385$.

Оценка результатов проводилась через 1 месяц после фиксации временных протезов. Для статистического анализа полученных результатов применяли точный тест Фишера. В данном исследовании при первичном сравнении трех групп нулевая гипотеза отвергается на уровне статистической значимости $p < 0,00385$, т.к. при расчете критического уровня значимости была введена поправка Бонферрони для учета множественных сравнений: $0,00385 = 0,05 / 13$, где 0,05 — общепринятое значение критического уровня значимости для одинарного сравнения в медико-биологических исследованиях, а 13 — число сравнений (5 заведомо неразличимые группы в строках 7–11 таблицы 37 не участвовали в сравнении, т.к. для них нет вариаций значений). В случае обнаружения статистически значимых различий между тремя группами, далее проводилось их попарное сравнение. При этом вводилась дополнительная поправка Бонферрони и критический уровень значимости рассчитывался как $0,00128 = 0,00385 / 3$, где 3 — число попарных сравнений для трех групп.

В ходе проведения исследования необходимость коррекции протезов, изготовленных клиническим методом по силиконовому ключу, была выявлена в 24,4 % случаев (у 5 пациентов), изготовленных в CAD/CAM системе в 9,5 % (у 2 пациентов) и с помощью 3D-принтера в 11,9 % (у 3 пациентов). Значение ассоциированного пародонтального индекса во всех группах в большинстве случаев было 0 баллов и соответствовало отсутствию заболеваний пародонта.

Цветовая стабильность провизорных конструкций отличалась в зависимости от метода их изготовления ($p < 0,00385$) (таблица 38).

Таблица 38 — Результаты попарного сравнения методов изготовления по критерию «Цветовое соответствие»

Попарное сравнение групп	p
Клинический метод — Субтрактивный метод	0,00107*
Клинический метод — Аддитивный метод	0,141
Субтрактивный метод — Аддитивный метод	0,116
Примечание. * — различия статистически значимы по точному тесту Фишера на уровне $p < 0,00128$.	

По критерию «Цветовое соответствие» были выявлены статистические различия при сравнении субтрактивного и клинического методов изготовления временных искусственных коронок ($p < 0,00128$), но не были обнаружены статистические различия при сравнении аддитивного метода с клиническим и субтрактивными методами. В ходе проведения исследования было отмечено незначительное изменение цвета временных искусственных коронок, изготовленных с применением силиконового ключа в 22 % случаев (у 5 пациентов), изготовленных с помощью 3D-принтера в 9,5 % (у 2 пациентов) и не было выявлено отличий от соседних зубов по цвету и прозрачности у временных искусственных коронок, изготовленных с помощью фрезерно-шлифовального станка.

Провизорные протезы, изготовленные цифровыми методами, имели лучшее качество поверхности, по сравнению с временными конструкциями, полученными традиционным методом ($p < 0,00385$) (таблица 39).

Таблица 39 — Результаты попарного сравнения методов изготовления временных искусственных коронок по критерию «Качество поверхности»

Попарное сравнение групп	p
Клинический метод — Субтрактивный метод	0,00000199*
Клинический метод — Аддитивный метод	0,000605*
Субтрактивный метод — Аддитивный метод	0,241
Примечание. * — различия статистически значимы на уровне $p < 0,00128$.	

По критерию «Качество поверхности» были выявлены статистические различия при сравнении клинического метода с субтрактивным и аддитивными методами изготовления временных искусственных коронок ($p < 0,00128$), но не обнаружены статистические различия при сравнении цифровых методов с помощью фрезерно-шлифовального станка и 3D-принтера. Кроме того, в 39 % случаев (у 8 пациентов) поверхность временных искусственных коронок, изготовленных традиционным методом по силиконовому ключу, была слегка матовая, имела легкие шероховатости, устраняемые полировкой, что также имело место в 7,1 % случаев (у 2 пациентов) для временных искусственных коронок, изготовленных с помо-

щью 3D-принтера. Поверхность всех временных искусственных коронок, изготовленных с помощью фрезерно-шлифовального станка, была гладкая, блестящая, сходная с эмалью естественных зубов.

Необходимость коррекции межокклюзионных взаимоотношений встречалась в 4 раза реже при применении цифровых методов изготовления временных искусственных коронок ($p < 0,00385$) (таблица 40).

Таблица 40 — Результаты попарного сравнения методов изготовления временных искусственных коронок по критерию «Окклюзионные контакты»

Попарное сравнение групп	p
Клинический метод — Субтрактивный метод	0,000000244*
Клинический метод — Аддитивный метод	0,0000000682*
Субтрактивный метод — Аддитивный метод	1
Примечание. * — различия статистически значимы на уровне $p < 0,00128$.	

По критерию «Окклюзионные контакты» были выявлены статистические различия при сравнении клинического метода с субтрактивным и аддитивным методами изготовления временных искусственных коронок ($p < 0,00128$), но не обнаружены статистические различия при сравнении цифровых методов с помощью фрезерно-шлифовального станка и 3D-принтера. Неравномерные множественные окклюзионные контакты, нуждающиеся в коррекции, имели место у 80,5 % (у 15 пациентов) временных искусственных коронок, изготовленных традиционным методом по силиконовому ключу, что также встречалось у 23,8 % (у 5 пациентов) временных искусственных коронок, изготовленных с помощью фрезерно-шлифовального станка, и для 21,4 % (у 4 пациентов) временных искусственных коронок, изготовленных с помощью 3D-принтера.

Временные протезы, изготовленные цифровыми методами, имели лучшее качество интерпроксимальных контактов по сравнению с временными конструкциями, полученными традиционным методом ($p < 0,00385$) (таблица 41).

Таблица 41 — Результаты попарного сравнения методов изготовления временных искусственных коронок по критерию «Качество интерпроксимальных контактов»

Попарное сравнение групп	p
Клинический метод — Субтрактивный метод	0,000605*
Клинический метод — Аддитивный метод	0,000605*
Субтрактивный метод — Аддитивный метод	1
Примечание. * — различия статистически значимы на уровне $p < 0,00128$.	

По критерию «Качество интерпроксимальных контактов» были выявлены статистические различия при сравнении клинического метода с субтрактивным и аддитивным методами изготовления временных искусственных коронок ($p < 0,00128$), но не обнаружены статистические различия при сравнении цифровых методов с помощью фрезерно-шлифовального станка и 3D-принтера. Слабый интерпроксимальный контакт наблюдался у 39 % (у 8 пациентов) временных искусственных коронок, изготовленных традиционным методом по силиконовому ключу, что также установлено у 7,1 % (у 2 пациентов) временных искусственных коронок, изготовленных с применением цифровых технологий.

Провизорные протезы, изготовленные цифровыми методами, имели лучшее краевое прилегание по сравнению с временными искусственными коронками, полученными традиционным методом ($p < 0,00385$) (таблице 42).

Таблица 42 — Результаты попарного сравнения методов изготовления временных искусственных коронок по критерию «Краевое прилегание»

Попарное сравнение групп	p
Клинический метод — Субтрактивный метод	0,0000333*
Клинический метод — Аддитивный метод	0,0000333*
Субтрактивный метод — Аддитивный метод	1
Примечание. * — различия статистически значимы на уровне $p < 0,00128$.	

По критерию «Краевое прилегание» были выявлены статистические различия при сравнении клинического метода с субтрактивным и аддитивным методами изготовления временных искусственных коронок ($p < 0,00128$), но не были выявлены статистические различия при сравнении цифровых методов с помощью фрезерно-шлифовального станка и 3D-принтера. Граница краевого прилегания была видна у 31,7 % случаев (у 6 пациентов) временных искусственных коронок, изготовленных традиционным методом по силиконовому ключу. Граница краевого прилегания была незаметна и не определялась при зондировании у 100 % случаев временных искусственных коронок, изготовленных с помощью 3D-принтера (42 пациента) и фрезерно-шлифовального станка (42 пациента).

Провизорные протезы, изготовленные цифровыми методами, лучше соответствовали анатомической форме зубных рядов по сравнению с временными искусственными коронками, полученными традиционным методом ($p < 0,00385$) (таблица 43).

Таблица 43 — Результаты попарного сравнения методов изготовления временных искусственных коронок по критерию «Соответствие анатомической форме зубных рядов»

Попарное сравнение групп	p
Клинический метод — Субтрактивный метод	0,00000199*
Клинический метод — Аддитивный метод	0,00000199*
Субтрактивный метод — Аддитивный метод	1
Примечание. * — различия статистически значимы на уровне $p < 0,00128$.	

По критерию «Соответствие анатомической форме зубных рядов» были выявлены статистические различия при сравнении клинического метода с субтрактивным и аддитивным методами изготовления временных искусственных коронок ($p < 0,00128$), но не были выявлены статистические различия при сравнении цифровых методов с помощью фрезерно-шлифовального станка и 3D-принтера. В 39 % случаев (у 8 пациентов) изготовленные традиционным методом по силиконовому ключу временные искусственные коронки слегка нарушали форму, объем или размер зубных рядов. Форма же временных искусственных коронок, изготов-

ленных с помощью 3D-принтера (42 пациента) и фрезерно-шлифовального станка (42 пациента) в 100 % случаев полностью соответствовала форме зубных рядов.

Наличие сколов, трещин, дефектов поверхности временных искусственных коронок было выявлено в 17,1 % случаев (у 3 пациентов) для традиционного метода изготовления провизорных протезов, в 11,9 % случаев (у 2 пациентов) для субтрактивного метода и в 15 % случаев (у 2 пациентов) для аддитивного метода.

Расцементировка или подвижность временных искусственных коронок были выявлены в 12,2 % случаев (у 2 пациентов) для традиционного метода изготовления, в 9,5 % случаев (у 2 пациентов) для субтрактивного метода и в 11,9 % случаев (у 2 пациентов) для аддитивного метода.

Перелом временных искусственных коронок был выявлен в 12,2 % случаев (у 2 пациентов) при применении традиционного метода изготовления провизорных протезов, в 4,7 % случаев (у 1 пациента) — субтрактивного и в 9,5 % случаев (у 1 пациента) — аддитивного.

На наличие легкого дискомфорта, ощущения непривычности жаловались по 2 пациентов в каждой сравниваемой группе. И только 1 пациент испытывал непреодолимый дискомфорт после фиксации в полости рта временной искусственной коронки, изготовленной традиционным методом.

У всех пациентов во всех группах наблюдались безболезненная пальпация ВНЧС и жевательных мышц, плавное, равномерное, синхронное, без смещений движения нижней челюсти. При аускультации ВНЧС отсутствовали крепитация, хруст и щелканье.

Среднее значение индекса эффективности стоматологического ортопедического лечения с применением временных искусственных коронок, изготовленных традиционным методом по технологии силиконового ключа, составило 0,85, что соответствует хорошему результату лечения. Среднее значение индекса эффективности стоматологического ортопедического лечения с применением временных искусственных коронок, изготовленных с помощью 3D-принтера, составило 0,97, а с использованием фрезерно-шлифовального станка CAD/CAM системы — 0,98, что соответствует очень хорошему результату лечения.

Таким образом, полученные результаты свидетельствуют о том, что технологии внутриротового лазерного сканирования, компьютерного моделирования и автоматизированного производства с помощью фрезерно-шлифовального станка и 3D-принтера, позволяют получать временные искусственные коронки более высокого качества с хорошими показателями краевого прилегания, цветовой стабильности, качества наружной поверхности, плотными межзубными контактными пунктами, заранее выверенными с помощью виртуального артикулятора межокклюзионными взаимоотношениями и полностью соответствующие форме зубных рядов за счет технологии виртуального моделирования ($p < 0,00128$), что достаточно трудно, а иногда и просто невозможно, достигнуть при применении традиционного метода изготовления с помощью силиконового ключа.

3.2.2 Результаты сравнительной оценки ортопедического лечения больных с применением несъемных протезов, изготовленных с помощью традиционных и цифровых технологий

Результаты сравнительной оценки ортопедического лечения 103 пациентов (52 мужчин и 51 женщины) с применением несъемных протезов, изготовленных с помощью цифровых и традиционных технологий, представлены в таблице 44.

Таблица 44 — Результаты сравнительной оценки ортопедического лечения больных с применением несъемных протезов

№	Критерии оценки несъемных протезов	Оценка	Балл	Традиционный метод	Цифровой метод	p
1	Субъективные ощущения пациента (жалобы)	отсутствие дискомфортных явлений, быстрое привыкание	6	41	39	0,253
		наличие легкого дискомфорта, ощущения непривычности	3	15	8	
		непреодолимый дискомфорт	0	0	0	
2	Цветовое соответствие	не отличается от соседних зубов по цвету и прозрачности	6	105	127	0,353
		немного отличается, но клинически приемлемо	3	12	9	
		сильно отличается	0	0	0	

Продолжение таблицы 44

№	Критерии оценки несъемных протезов	Оценка	Балл	Традиционный метод	Цифровой метод	p
3	Качество поверхности	поверхность гладкая, блестящая, сходная с эмалью	6	112	134	0,244
		поверхность слегка матовая, не блестит, имеет легкие шероховатости, устраняемые полировкой	3	5	2	
		неприемлемая шероховатость поверхности, сколы, трещины	0	0	0	
4	Соответствие анатомической форме зубных рядов	полностью соответствует форме зубных рядов	6	104	127	0,277
		слегка нарушает форму, объем или размер, но это эстетически приемлемо	3	13	9	
		выделяется в зубном ряду, выглядит неестественно, рекомендуется замена	0	0	0	
5	Состояние слизистой оболочки, контактирующей с протезом*	слизистая оболочка здорова	6	63	121	3,92e-10
		гингивит, декубитальные язвы, пролежни	0	54	15	
6	Состояние десневого края по данным Ассоциированного пародонтального индекса*	нет заболеваний пародонта	6	23	49	0,0005
		легкая степень тяжести	4	23	5	
		средняя степень тяжести	2	3	0	
		тяжелая степень тяжести	0	0	0	
7	Кариес опорного зуба*	отсутствие	6	97	166	2,74e-13
		наличие	0	32	0	
8	Рентгенография опорного зуба*	нет периапикальных очагов деструкции костной ткани и костных карманов	6	65	142	0,0005
		нет периапикальных очагов деструкции костной ткани, наличие костных карманов	4	23	0	
		наличие периапикальных очагов деструкции костной ткани, отсутствие костных карманов	2	26	24	
		наличие периапикальных очагов деструкции костной ткани и глубоких костных карманов	0	15	0	

Продолжение таблицы 44

№	Критерии оценки несъемных протезов	Оценка	Балл	Традиционный метод	Цифровой метод	p
9	Пальпация ВНЧС	безболезненная	6	46	53	0,376
		болезненная	0	3	1	
10	Аускультация ВНЧС	звуки отсутствуют	6	46	53	0,344
		крепитация, хруст, щелканье	0	3	1	
11	Характер движения нижней челюсти	плавное, равномерное, синхронное, без смещений	6	46	53	0,344
		толчкообразное, со смещением в сторону	0	3	1	
12	Состояние жевательных мышц	нормальное	6	46	53	0,340
		гипертонус	3	3	1	
		болезненность при пальпации	0	0	0	
13	Ретенция протеза*	отсутствие случаев расцементирования	6	106	135	0,0016
		расцементировка или подвижность протеза	0	11	1	
14	Качество интерпроксимальных контактов	плотный контакт	6	91	118	0,0705
		слабый контакт	3	26	18	
		отсутствие контакта	0	0	0	
15	Окклюзионные контакты	равномерные множественные	6	80	113	0,012
		неравномерные множественные	3	37	23	
		неравномерные одиночные, не поддающиеся коррекции без снижения межальвеолярного расстояния	0	0	0	
16	Краевое прилегание*	хорошее, граница краевого прилегания не видна и не определяется при зондировании	6	48	118	1,83e-14
		плохое, граница краевого прилегания видна	0	69	18	
17	Наличие сколов, трещин, дефектов поверхности	отсутствие	6	107	133	0,0417
		наличие	0	10	3	

Окончание таблицы 44

№	Критерии оценки несъемных протезов	Оценка	Балл	Традиционный метод	Цифровой метод	p
18	Перелом протеза	отсутствие	6	117	136	-
		наличие	0	0	0	
19	Период привыкания к протезу*	сразу же после укрепления протеза цементом	6	15	42	0,0417
		в течение 1 месяца	5	53	76	
		от 1 до 3 месяцев	4	25	7	
		от 3 до 6 месяцев	3	15	1	
		от 6 до 9 месяцев	2	6	7	
		от 9 до 12 месяцев	1	3	2	
		отсутствует привыкание к протезу	0	0	1	
Примечание: в строках 1, 6, 9–12 представлены данные по количеству пациентов, в строках 2–5, 13–15, 16–19 — по количеству протезов, в строках 7, 8 — по количеству опорных зубов; * — различия статистически значимы по критерию Фишера на уровне $p < 0,00278$.						

Пациенты были случайно распределены по двум группам. Первую группу составили 49 пациентов (24 мужчины и 25 женщин) в возрасте от 33 до 70 лет, ортопедическое лечение которым проводилось с помощью металлокерамических 107 искусственных коронок и 10 мостовидных протезов (с двумя опорными зубами — 8 протезов, с тремя — 2), изготовленных с применением традиционных технологий. Вторую группу составили 54 пациента (28 мужчин и 26 женщин) в возрасте от 29 до 70 лет, ортопедическое лечение которым проводилось также с помощью металлокерамических 113 искусственных коронок и 23-х мостовидных протезов (с двумя опорными зубами — 16 протезов, с тремя — 7), изготовленных с применением цифровых технологий.

Для статистического анализа полученных результатов применяли точный тест Фишера. В данном исследовании при сравнении двух групп нулевая гипотеза отвергается на уровне статистической значимости $p < 0,00278$, т.к. при расчете критического уровня значимости была введена поправка Бонферрони для учета множественных сравнений: $0,00278 = 0,05 / 18$, где 0,05 — общепринятое значе-

ние критического уровня значимости для одинарного сравнения в медико-биологических исследованиях, а 18 — число сравнений (признак «Перелом протеза» был исключён из сравнения, т.к. для него нет вариации значений).

Протезы, изготовленные с применением цифровых технологий, имели лучшее прилегание к поверхности культи и придесневому уступу по сравнению с конструкциями, полученными традиционным методом ($p < 0,00278$). Граница краевого прилегания была видна у 59 % случаев (22 пациента) искусственных коронок, изготовленных по традиционной технологии литья, в то время как граница краевого прилегания у искусственных коронок, изготовленных с применением цифровых технологий, была видна у 13,2 % случаев (6 пациентов).

При проведении рентгенографии опорных зубов у 6 пациентов, протезирование которых проводилось с применением CAD/CAM системы, выявлены периапикальные очаги деструкции костной ткани, которые также были обнаружены у 7 пациентов, лечение которых осуществлялось по традиционной технологии. У 9 пациентов в этой же группы обнаружены костные карманы, что однако не отмечалось у пациентов, лечение которых проводилось с применением цифровых технологий.

На границе твердых тканей опорных зубов и края искусственных коронок, изготовленных с применением CAD/CAM системы, не было выявлено вторичного кариеса в отличие от протезов, изготовленных традиционным методом (у 5 пациентов) ($p < 0,00278$).

Состояние слизистой оболочки, контактирующей с протезом, отличалось в зависимости от метода его изготовления ($p < 0,00278$). Применение Ассоциированного пародонтального индекса позволило выявить у 5 пациентов, ортопедическое лечение которых осуществляли несъемными протезами, полученными по цифровому протоколу, легкую степень гингивита, что также наблюдалось у 23 пациентов, лечение которых проводилось с применением традиционных технологий.

Наличие сколов, трещин, дефектов поверхности керамики отмечалось в 2,2 % случаев (1 пациент) протезирования с применением цифровых технологий и в 8,6 % случаев (3 пациента) лечения по традиционной методике.

Расцементировка протеза имела место у одного больного (0,7 %) при использовании цифровых технологий и у 11 пациентов (9,4 %) при применении традиционного метода изготовления несъемных протезов ($p < 0,00278$).

Наличие суперконтактов было выявлено в 16,9 % случаев (4 пациента) применения цифровых технологий и в 31,6 % случаев (у 6 пациентов) без них. Отсутствие интерпроксимального контакта наблюдалось у 22,2 % (5 пациентов) несъемных протезов, изготовленных традиционным методом, а при применении цифровых технологий установлено у 13,2 % (4 пациента).

В ходе проведения исследования было отмечено незначительное отличие от соседних зубов по цвету и прозрачности керамического покрытия у несъемных протезов, изготовленных с применением традиционных технологий в 10,3 % случаев (3 пациента), а при применении CAD/CAM системы наблюдалось у 6,6 % (3 пациента). У 2 пациентов в обеих группах была выявлена матовая, плохо блестящая поверхность керамического покрытия несъемных протезов с легкой шероховатостью, которая была устранена полировкой.

У 3 пациентов (11,1 % случаев) изготовленные традиционным методом протезы нарушали форму, объем или размер зубных рядов, что также имело место у 2 пациентов (6,6 %) при применении цифровых технологий.

Болезненная пальпация ВНЧС, гипертонус жевательных мышц, толчкообразные, со смещением в сторону движения нижней челюсти с крепитацией, хрустом и щелканьем при аускультации ВНЧС наблюдалось у 1 пациента, ортопедическое лечение которого проводилось с применением цифровых технологий, и у 3 пациентов — с применением традиционных технологий.

Наличие легкого дискомфорта, ощущения непривычности после протезирования отмечали пациенты в обеих группах (15 человек при традиционном методе изготовления несъемных протезов и 8 — при цифровом).

Было выявлено, что период привыкания к протезам, изготовленным цифровым методом, оказался меньше в среднем на 3–5 дней, чем для протезов, полученных по традиционной технологии ($p < 0,00278$).

Среднее значение индекса эффективности стоматологического ортопедического лечения с применением несъемных протезов, изготовленных традиционным методом, составило 0,82, что соответствует хорошему результату лечения. Сред-

нее же значение этого индекса при применении несъёмных протезов, изготовленных с использованием фрезерно-шлифовального станка CAD/CAM системы, составило 0,93, что соответствует высокому результату лечения.

Полученные результаты, позволяют сделать вывод о том, что технологии внутриворотного лазерного сканирования, компьютерного моделирования и автоматизированного производства по сравнению с традиционной технологией позволяют получить металлокерамические несъемные протезы с меньшим периодом привыкания к ним и лучшим качеством краевого прилегания, которое способствует предупреждению развития вторичного пришеечного кариеса и расцементирования протезов ($p < 0,00278$).

3.2.3 Результаты разработки алгоритма персонифицированной методики определения показаний к применению мостовидных протезов

При ортопедическом лечении пациентов с частичной потерей зубов с применением несъемных протезов мы использовали разработанные нами цифровую методику и программу для ЭВМ «Определения показаний к применению мостовидных протезов» [свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2023611030 от 16.01.2023, приложение В].

Использование цифровой методики определения показаний к применению мостовидных протезов позволяет учитывать протяженность дефекта зубного ряда, степень атрофии альвеолярной части челюсти и состояние опорных зубов (витальность, устойчивость, изменения в периапикальных тканях, соотношение высоты коронки и длины корня, окклюзионные взаимоотношения — наличие или отсутствие антагонистов).

Перед планированием ортопедического лечения проводится рентгенологическое обследование, на основании которого врач загружает рентгенограммы в специально разработанную программу, в которой по специальной схеме определяется степень атрофии лунки, соотношение высоты коронки и длины корня и рассчитывается индивидуальная площадь корней опорных зубов. Для этого необ-

ходимо для каждого опорного зуба обозначить касательную к вершине коронки (1), границу между коронкой и корнями (2) и дистальную (3) и мезиальную (4) поверхности всех корней (рисунок 42).

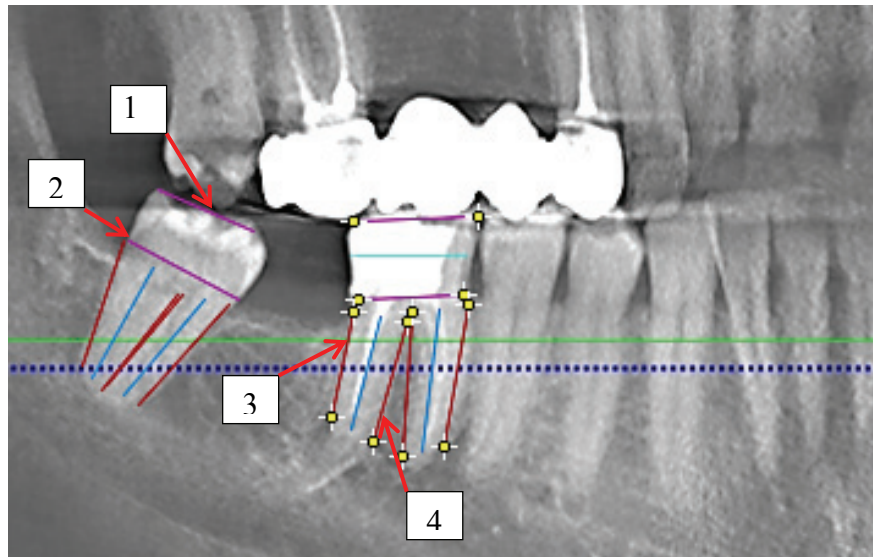


Рисунок 42 — Схема изучения состояния опорных зубов на рентгенограмме (пояснения в тексте)

На втором этапе рассчитываются коэффициенты выносливости пародонта, выведенные из площади поверхности корней зубов. Для удаленных зубов применяются коэффициенты, предложенные Е. Н. Жулевым (1995) (таблица 45). Для опорных же зубов рассчитываются коэффициенты с учетом значения индивидуальной площади корней и факторов, снижающих резервные силы пародонта (таблица 46).

Таблица 45 — Коэффициенты выносливости пародонта, выведенные из площади поверхности корней зубов (по Жулеву Е.Н., 1995)

Верхняя челюсть	II	2,8	3,6	1,6	1,7	2,0	1,2	1,4
	I	411	521	238	245	295	171	203
Зубная формула		7	6	5	4	3	2	1
Нижняя челюсть	I	346	384	226	206	223	172	144
	II	2,4	2,7	1,6	1,4	1,5	1,2	1,0

Примечание: за единицу выносливости принята площадь корня нижнего центрального резца как наименьшая; I — площадь поверхности корней зубов верхней и нижней челюстей (мм^2); II — коэффициенты выносливости пародонта зубов верхней и нижней челюстей.

Таблица 46 — Критерии оценки опорных зубов

№	Критерии оценки опорных зубов	Значения	Алгоритм определения коэффициента потери резервных сил пародонта
1	Степень атрофии лунки	нет атрофии	не меняется
		1/6	снижается на 20 %
		2/6	снижается на 30 %
		3/6	снижается на 40 %
		4/6	снижается на 50 %
		5/6	снижается на 60 %
2	Витальность зубов	витальные	не меняется
		девитальные	снижается на 25 %
3	Изменения в периапикальных тканях	наличие	снижается на 30 %
		отсутствие	не меняется
4	Наличие антагонистов	наличие	не меняется
		отсутствие	снижается на 10 %
5	Соотношение высоты коронки и длины корня при условии сохранения устойчивости зуба	норма 1/2	не меняется
		длина корня меньше нормы на 1 мм	снижается на 5 %
		длина корня меньше нормы на 2 мм	снижается на 10 %
		длина корня меньше нормы на 3 мм	снижается на 15 %
		длина корня меньше нормы на 4 мм	снижается на 20 %
		длина корня меньше нормы на 5 мм	снижается на 25 %
		длина корня меньше нормы на 6 мм	снижается на 30 %
		длина корня меньше нормы на 7 мм	снижается на 35 %
		длина корня меньше нормы на 8 мм	снижается на 40 %
		длина корня меньше нормы на 9 мм	снижается на 45 %
		длина корня меньше нормы на 10 мм	снижается на 50 %
6	Устойчивость зубов	есть подвижность	0
		устойчивые без признаков поражения пародонта	не меняется
		устойчивые, но имеют признаки поражения пародонта	снижается на 25 %

На третьем этапе программа выдает заключение о целесообразности ортопедического лечения с применением мостовидного протеза или, наоборот, о наличии обнаруженных противопоказаний для его применения в конкретном клиническом случае с учетом всех полученных коэффициентов выносливости пародонта. Если полученная с помощью программы сумма коэффициентов опорных зубов будет меньше суммы коэффициентов удаленных зубов, то это следует признать противопоказанием для применения мостовидного протеза (рисунок 43).

5. Результаты								
Зуб	Тип	Атрофия лунки	Соотношение в...	Изменения в пе...	Антагонисты	Устойчивость зу...	Витальност...	Коэффициент в...
46	Опорный	0.21852536	0.5542495	Наличие	Наличие	Устойчивые без...	Девитальные	0.0
47	Отсутствует	0.0	0.0	-	-	-	-	2.4
48	Опорный	0.20697783	0.5188732	Отсутствие	Наличие	Устойчивые без...	Витальные	1.3932912

Запас выносливости: $1,4 - 2,4 = -1,0$
Протезирование мостовидными протезами не показано

Рисунок 43 — Экранная форма с демонстрацией заключения о нецелесообразности ортопедического лечения с применением мостовидного протеза

В данном клиническом случае (рисунки 42 и 43) ортопедическое лечение с применением мостовидного протеза не показано, так как 4.6 депульпирован, имеет очаг хронического воспаления в периапикальных тканях дистального корня, степень атрофии лунки соответствует 1/6, а 4.8 имеет низкую клиническую коронку.

Программа для ЭВМ по определению показаний к применению мостовидных протезов имеет следующие минимальные системные требования: компьютер под управлением операционной системы Microsoft Windows 8/10/11, GNU/Linux или macOS; процессор с тактовой частотой 1 ГГц; 1 Гб ОЗУ; 300 Мб места на диске; видеоадаптер и монитор, поддерживающие разрешение 1024×768 точек.

Алгоритм персонифицированной методики определения показаний к применению мостовидных протезов представлен на рисунке 44.



Рисунок 44 — Алгоритм персонифицированной методики определения показаний к применению мостовидных протезов

3.2.4 Результаты разработки индекса потери окклюзионных контактов зубных рядов

Перед планированием ортопедического лечения для предварительного анализа состояния окклюзии и количественного подсчета имеющихся контактных точек/пунктов между зубами антагонистами нами был предложен специальный «индекс потери окклюзионных контактов зубных рядов» [патент № 2784783 «Способ оценки окклюзионных взаимоотношений зубных рядов» от 29.11.2022. Авторы Жулев Е. Н., Вельмакина И. В., Вокулова Ю. А., с соавт., приложение А].

Для расчета индекса получают цифровые изображения зубных рядов верхней и нижней челюстей с помощью интраорального сканера, проводят сканирование смыкания зубных рядов в положении привычной окклюзии и далее загружают полученные сканы в специализированное программное обеспечение CAD/CAM, где активируют функцию точечной визуализации окклюзионных контактов и проводят подсчет контактных пунктов на окклюзионных поверхностях зубных рядов.

За вариант нормы нами было принято количество окклюзионных контактов, описанное L. D. Pankey (1963), отличающееся, на наш взгляд, достаточной простотой и необходимой эффективностью при использовании в практических целях. Согласно этому предложению автором учитывался средне анатомический вариант строения окклюзионной поверхности зубных рядов в следующем виде: между резцами верхней и нижней челюстей имеется 8 контактных точек, между клыками — 4, между премолярами — 16, между молярами (без учета третьих моляров) — 32 (рисунок 45). Общее суммарное количество окклюзионных контактов при ортогнатическом прикусе без нарушения целостности зубных рядов, принятое за вариант нормы, составило 60.

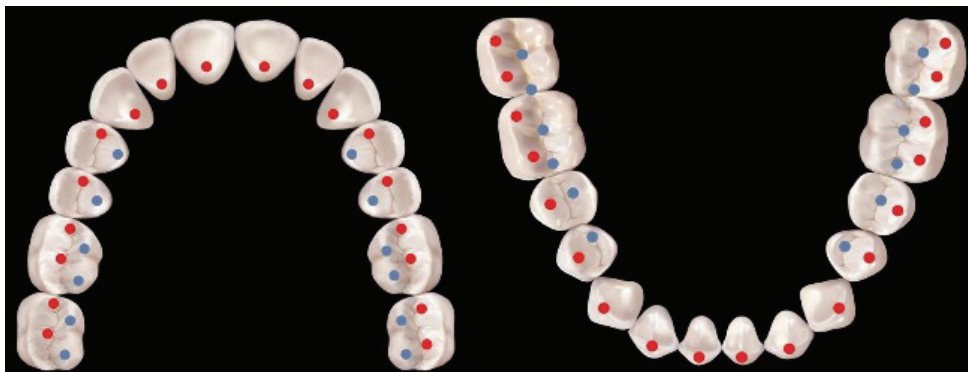


Рисунок 45 — Схема окклюзионных контактов зубов при ортогнатическом прикусе по L. D. Pankey

Для расчета индекса потери окклюзионных контактов зубных рядов предложена формула 7:

$$\text{ИПОК1} = \frac{Y \times 100\%}{60} \quad (7)$$

где ИПОК1 — индекс потери окклюзионных контактов

Y — количество окклюзионных контактов в данной клинической ситуации.

Индекс рассчитывается в процентах. При этом при наличии окклюзионных контактов верхнего и нижнего зубных рядов (с учетом переднего и бокового отдела) расчет рекомендуется вести по приведенной выше формуле общего суммарного индекса. При наличии окклюзионных контактов только в боковых отделах зубных рядов и отсутствии их в переднем отделе (при наличии или отсутствии зубов) рекомендуется определять индекс окклюзионных взаимоотношений для боковых зубов по следующей формуле 8:

$$\text{ИПОК2} = \frac{Y \times 100\%}{52} \quad (8)$$

где ИПОК2 — индекс потери окклюзионных контактов,

52 — количество контактных точек с учетом клыков, премоляров и моляров.

Во всех клинических случаях, когда не удастся установить наличие контактов между резцами верхней и нижней челюстей, например, при частичной потере зубов в переднем отделе или наличии неудовлетворительных реставраций, расчет индекса окклюзионных взаимоотношений ведется по формуле 8, а при наличии передних и отсутствии боковых зубов расчет ведется по формуле 7.

В том случае, если количество выявленных в ходе исследования окклюзионных контактов меньше установленного нами варианта нормы, можно сделать вывод о наличии тех или иных дефектов как отдельных зубов, так и зубных рядов, которые требуют соответствующей коррекции. При этом чем меньше значение индекса в процентах, тем большая потеря окклюзионных контактов произошла у пациента. Например, значение индекса потери окклюзионных контактов в 30 % означает, что количество точек контактов антагонизирующих зубов составляет 30 % от варианта нормы, то есть произошла потеря 70 % окклюзионных контактных пунктов.

Значение индекса окклюзионных контактов менее 50 % является показанием для восстановления непрерывности зубных рядов путем проведения ортопедического лечения с использованием частичных съемных протезов или несъемных протезов с опорой на дентальные имплантаты. Значение индекса от 50 % до 80 % является показанием для протезирования дефектов зубов и зубных рядов несъемными протезами с опорой на зубы или имплантаты. При значении индекса окклюзионных контактов более 80 %, возможна окклюзионная коррекция с помощью избирательного пришлифовывания, применения прямых или не прямых реставраций. Алгоритм методики определения индекса потери окклюзионных контактов зубных рядов, представлен на рисунке 46.

Для демонстрации эффективности клинического применения предложенного нами «индекса потери окклюзионных контактов» зубных рядов приводим клинический пример.

В клинику обратился пациент М. 45 лет с жалобами на отсутствие зубов. В первое посещение были получены сканы зубных рядов верхней и нижней челюстей и проведена регистрация положения привычной окклюзии с помощью интраорального сканера (рисунок 47).

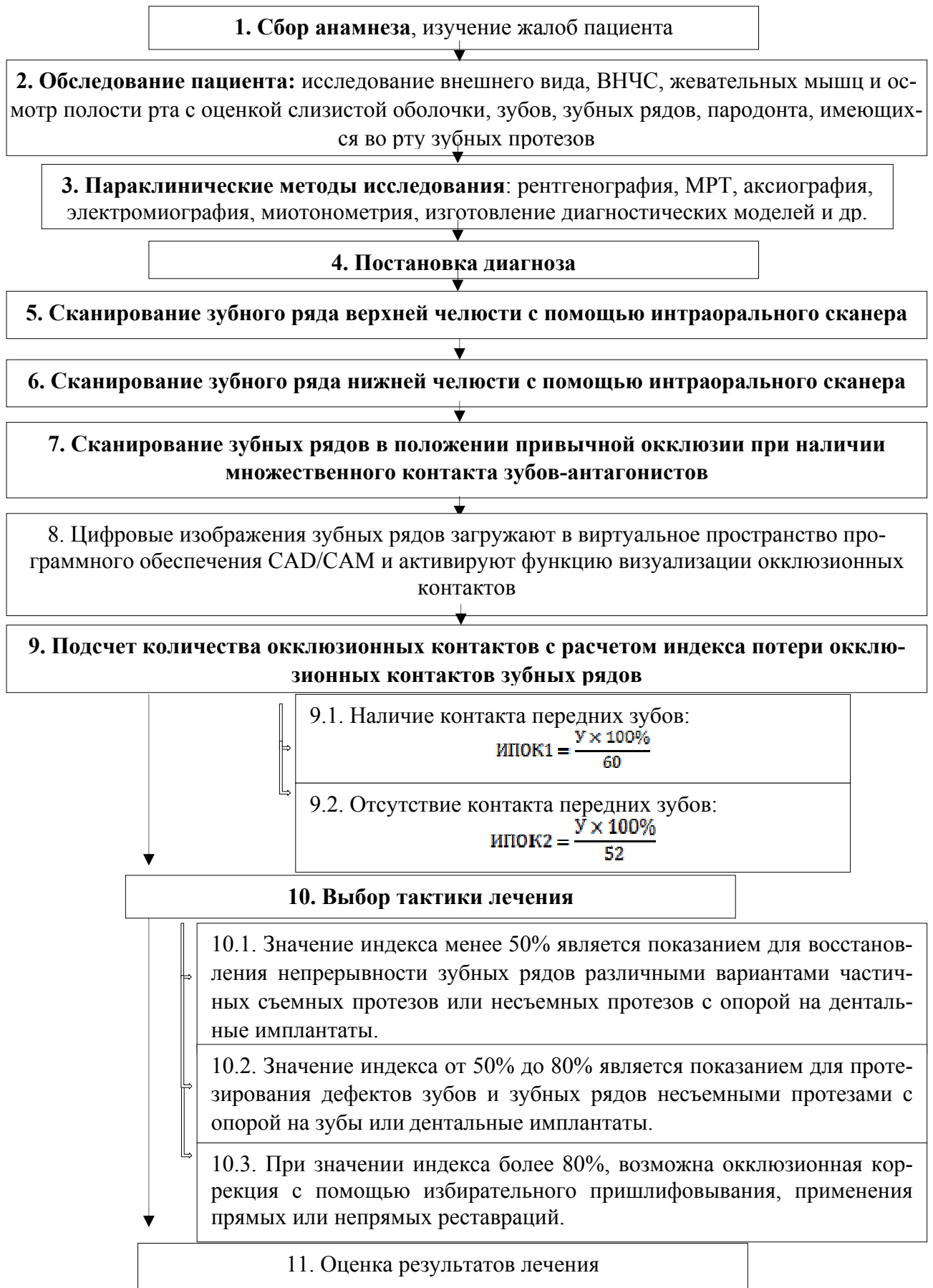


Рисунок 46 — Алгоритм методики определения индекса потери окклюзионных контактов зубных рядов



Рисунок 47 — Цифровые модели верхнего и нижнего зубных рядов в положении привычной окклюзии:

А — вид спереди; Б — вид слева; В — вид справа

С помощью полученных сканов активировали функцию анализа окклюзионных контактов в специализированном программном обеспечении Trios 3 и проводили подсчет количества окклюзионных контактов на поверхности зубных рядов верхней и нижней челюстей (рисунок 48).

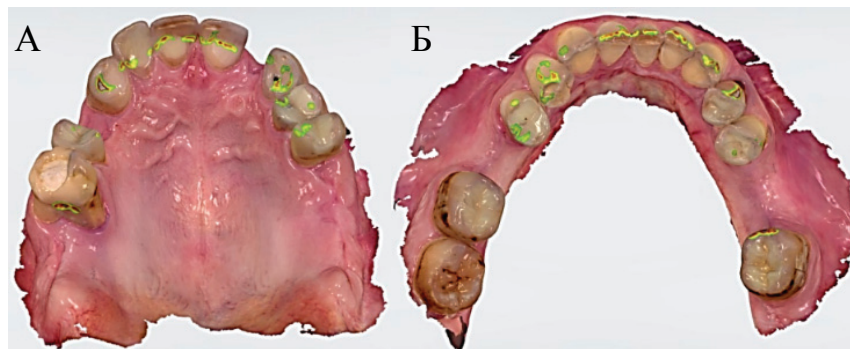


Рисунок 48 — Вид окклюзионной поверхности зубных рядов с маркированными окклюзионными контактами:

А — верхняя челюсть; Б — нижняя челюсть

Визуализация окклюзии осуществлялась в виртуальном пространстве программного обеспечения CAD/CAM системы с помощью цветовой маркировки. При подсчете окклюзионных контактов были получены следующие данные: количество контактов на верхней челюсти составило 15, на нижней челюсти — 21, что дает суммарное количество окклюзионных контактов 36.

Поскольку у данного пациента были окклюзионные контакты в переднем отделе, расчет индекса проводился по формуле 7:
$$\text{ИПОК1} = \frac{36 \times 100\%}{60}$$
 составил 60 %, что означает, что произошла потеря 40 % окклюзионных контактов зубных

рядов с возможностью планирования и проведения окклюзионной коррекции посредством применения несъемных протезов.

3.2.5 Результаты разработки методики коррекции окклюзии зубных рядов с помощью цифровых технологий

Создание методики коррекции окклюзионных контактов [патент № 2784783 «Способ оценки окклюзионных взаимоотношений зубных рядов» от 29.11.2022. Авторы Жулев Е. Н., Вельмакина И. В., Вокулова Ю. А., с соавт., приложение А] было основано на использовании описанного в предыдущей главе «Индекса потери окклюзионных контактов» и базовых принципах, изложенных в главе «Материалы и методы исследования».

Методика заключается в следующем. После фиксации несъемных протезов в полости рта получают цифровые изображения зубных рядов с помощью внутриротового сканера, которые загружаются в виртуальное пространство программного обеспечения CAD/CAM системы с последующим активированием функции визуализации окклюзионных контактов.

На полученных скриншотах цифровых изображений зубных рядов верхней и нижней челюсти осуществляется маркировка окклюзионных контактов с помощью цветовых полей, в которых каждый цвет соответствует определенной величине расстояния между зубами антагонистами. Все маркированные точки окклюзионных контактов должны быть равномерными по площади и интенсивности окраски. Изменение окраски говорит об уменьшении расстояния между зубами антагонистами, а увеличение площади окрашенной поверхности и отсутствие точек смыкания на отдельных парах антагонистов свидетельствуют об окклюзионном дисбалансе и наличии суперконтактов.

После этого определяется индекс потери окклюзионных контактов зубных рядов и если его значение более 80 %, то окклюзионная коррекция возможна с помощью избирательного пришлифовывания зубов, для проведения которого распечатывают скриншоты цифровых изображений зубных рядов верхней и нижней челюсти с маркированными окклюзионными контактами и осуществляют устранение выявленных суперконтактов.

Алгоритм методики коррекции окклюзионных контактов с помощью цифровых технологий представлен на рисунке 49.

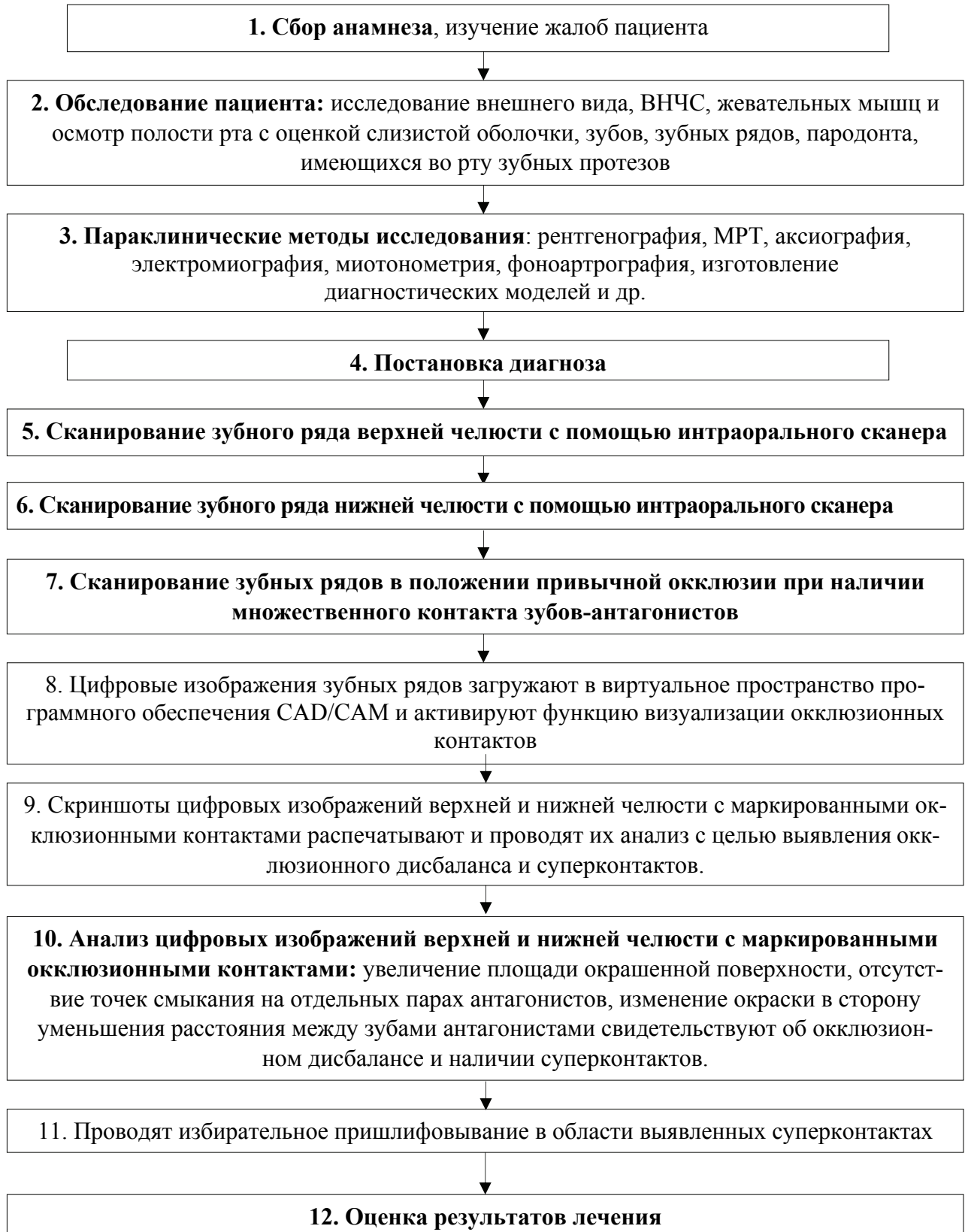


Рисунок 49 — Алгоритм методики коррекции окклюзионных контактов

Для демонстрации эффективности применения этой методики приводим клинический пример.

В нашу клинику на консультативный прием обратился пациент М., 52 лет (история болезни № 02193). В первое посещение получили цифровые изображения зубных рядов с помощью внутриротового сканера, которые в дальнейшем загружали в виртуальное пространство программного обеспечения CAD/CAM системы и активировали функцию визуализации окклюзионных контактов. Затем получали скриншоты цифровых изображений зубных рядов с маркированными окклюзионными контактами. Было выявлено 26 окклюзионных контактов на зубах верхней челюсти и 25 — на зубах нижней челюсти (рисунок 50 А). Общее количество контактов составило — 51. Поскольку у данного пациента имелись окклюзионные контакты в переднем отделе, расчет индекса проводился по формуле 7:
$$\text{ИПОК1} = \frac{51 \times 100\%}{60}$$
 составил 85 %, что означает потерю 15 % окклюзионных контактов и является показанием для проведения избирательного пришлифовывания зубов.

На основании анализа цифровых изображений зубных рядов был выявлен суперконтакт в области 1.7 зуба. Скриншоты цифровых изображений верхней и нижней челюсти с маркированными окклюзионными контактами сначала распечатывали, а затем с помощью избирательного пришлифовывания устраняли суперконтакт в области 1.7 зуба.

После проведения коррекции окклюзии вновь получали цифровые изображения зубных рядов, активировали функцию визуализации окклюзионных контактов и рассчитывали индекс потери окклюзионных контактов. Было выявлено 30 окклюзионных контактов на зубах верхней челюсти и 28 — на зубах нижней челюсти (рисунок 50 Б). Общее количество контактов составило — 58. Поскольку у данного пациента имелись окклюзионные контакты в переднем отделе, расчет индекса проводился по формуле 7:
$$\text{ИПОК1} = \frac{58 \times 100\%}{60}$$
 составил 96,6 %, что свидетельствует о нормализации окклюзионных взаимоотношений и правильности выбора тактики лечения.

Таким образом, разработанная нами методика коррекции окклюзионных контактов позволяет повысить качество диагностики и ортопедического лечения пациентов с окклюзионными нарушениями.

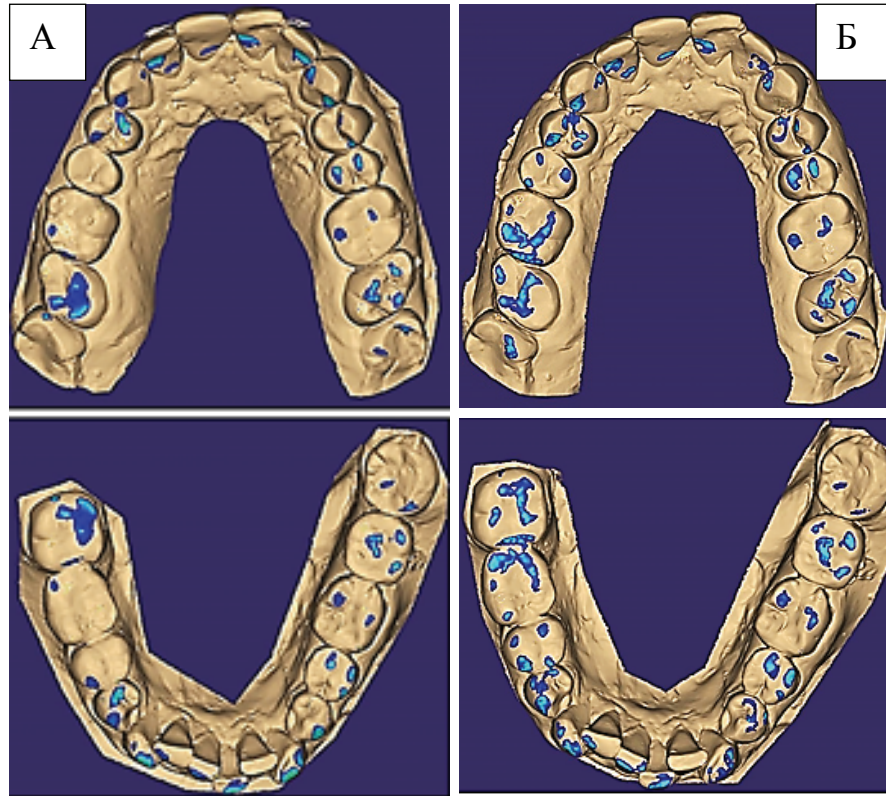


Рисунок 50 — Цифровые изображения зубных рядов с маркированными межокклюзионными контактами:

А — до проведения избирательного пришлифовывания;

Б — после проведения избирательного пришлифовывания

Для подтверждения эффективности предложенной нами методики коррекции окклюзии зубных рядов было проведено исследование, в котором приняли участие 30 пациентов (16 мужчин и 14 женщин) в возрасте от 33 до 69 лет и которым проводилось ортопедическое лечение с применением цельнокерамических несъемных протезов (57 искусственные коронки и 12 мостовидных протезов).

Пациенты были случайно распределены на три группы. Первую группу составили 10 человек (6 мужчин и 4 женщин) в возрасте от 33 до 60 лет, ортопедическое лечение которым проводилось с использованием протезов из материала

E.max CAD (Ivoclar Vivadent, Германия). Цифровое моделирование ортопедических конструкций осуществляли с применением виртуального артикулятора. Протезирование дефектов твердых тканей зубов 7 пациентов (4 мужчин и 3 женщин) в возрасте от 35 до 58 года проводили с применением 23 искусственных коронок, а при лечении частичной потери зубов у 3 пациентов (2 мужчин и 1 женщина) в возрасте от 33 до 60 года были изготовлены 5 мостовидных протезов.

Вторую группу составили 10 пациентов (4 мужчин и 6 женщин) в возрасте от 35 до 68 лет, которым каркасы цельнокерамических протезов изготавливали в CAD/CAM системе из оксида циркония ZS-Blank. Рабочие модели челюстей фиксировали в полностью регулируемый артикулятор Artex CR (Amann Girrbach) и наносили облицовочную керамическую массу VM9 (Vita, Германия). Протезирование дефектов твердых тканей зубов 6 пациентов (3 мужчин и 3 женщин) в возрасте от 35 до 59 года проводили с применением 18 искусственных коронок, а при лечении частичной потери зубов у 4 пациентов (1 мужчина и 3 женщин) в возрасте от 39 до 68 года были изготовлены 4 мостовидных протеза.

Третью группу составили 10 пациентов (6 мужчин и 4 женщин) в возрасте от 37 до 69 лет, которым каркасы несъемных протезов изготавливали в CAD/CAM системе из оксида циркония ZS-Blank. Рабочие модели челюстей гипсовали в среднеанатомический артикулятор Stratos 100 (Ivoclar Vivadent) и наносили облицовочную керамическую массу VM9 (Vita, Германия). Протезирование дефектов твердых тканей зубов 7 пациентов (4 мужчин и 3 женщин) в возрасте от 37 до 59 года проводили с применением 16 искусственных коронок, а при протезировании 3 пациентов (2 мужчин и 1 женщина) в возрасте от 42 до 69 года были изготовлены 3 мостовидных протеза. Распределение пациентов по полу и виду несъемных протезов представлено в таблице 47.

Таблица 47 — Распределение пациентов по полу и виду несъемных протезов, абс.

Вид несъемного протеза		Количество протезов	Муж.	Жен.
1-я группа	искусственные коронки	23	4	3
	мостовидные протезы	5	2	1
2-я группа	искусственные коронки	18	3	3
	мостовидные протезы	4	1	3
3-я группа	искусственные коронки	16	4	3
	мостовидные протезы	3	2	1

Всем пациентам рассчитывали индекс потери окклюзионных контактов и по показаниям проводили коррекцию окклюзионных контактов по предложенной методике. Эффективность применения методики оценивали с помощью аппарата T-Scan III (Tekscan) (таблица 48).

Таблица 48 — Результаты эффективности применения методики коррекции окклюзионных контактов, абс. (%)

Количество пациентов	Совпадение результатов анализа окклюзии по T-Scan и предложенной методики	
	да	нет
30	27 (90 %)	3 (10 %)

Таким образом, совпадение результатов компьютерного анализа окклюзии с применением аппарата T-Scan III (Tekscan) и предложенной нами методики, основанной на оценке цифровых изображений зубных рядов в виртуальном пространстве программного обеспечения CAD/CAM с активированной функцией визуализации окклюзионных контактов в модуле виртуального артикулятора, наблюдалось в 90 % случаев.

3.2.5.1 Результаты сравнительного анализа состояния окклюзии зубных рядов после фиксации несъемных протезов, изготовленных с применением различных видов артикуляторов

Результаты проведенного сравнительного анализа состояния окклюзионных контактов после фиксации несъемных протезов, изготовленных с применением различных видов артикуляторов, представлены в таблице 49.

Таблица 49 — Результаты анализа окклюзионных контактов после фиксации несъемных протезов, изготовленных с применением различных видов артикуляторов, абс.

Вид артикулятора	Количество протезов	Наличие суперконтактов на изготовленных несъемных протезах		Значение точного теста Фишера
		да	нет	
Виртуальный	28	0	28	p = 0,00000341
Индивидуальный	22	8	14	
Среднеанатомический	19	11	8	

На основании полученных данных мы пришли к выводу о том, что группы пациентов, при ортопедическом лечении которых применялись различные виды артикуляторов, различимы с уровнем значимости $p < 0,05$. Попарное сравнение эффективности методик изготовления несъемных протезов с применением виртуального, индивидуального и среднеанатомического артикуляторов на предмет сбалансированности окклюзии представлено в таблице 50.

Из данных таблицы 50 видно, что методика изготовления несъемных протезов с применением виртуального артикулятора существенно отличается в точности от методик изготовления ортопедических конструкций с применением индивидуального и среднеанатомического артикуляторов с уровнем значимости $p < 0,0167$ по признаку сбалансированности окклюзии.

Таблица 50 — Результаты попарного сравнения эффективности методик изготовления несъемных протезов с применением виртуального, индивидуального и среднеанатомического артикуляторов

Попарное сравнение групп по типу применяемого артикулятора	Значение точного теста Фишера
Виртуальный и индивидуальный	$p = 0,000596^*$
Виртуальный и среднеанатомический	$p = 0,00000434^*$
Индивидуальный и среднеанатомический	$p = 0,217$
Примечание. * — наличие статистически значимого различия на уровне значимости $p < 0,0167$.	

Применение цифровых технологий внутриротового сканирования и моделирования зубных протезов с использованием виртуального артикулятора, изготовление ортопедических конструкций в CAD/CAM системах позволяет получить искусственные коронки и мостовидные протезы с высокой точностью оформления их окклюзионных поверхностей, существенно превышающей традиционные технологии и не нуждающихся в дополнительной коррекции окклюзионных контактов при наложении готовых конструкций протезов в полости рта больного.

Между методиками изготовления несъемных протезов с применением индивидуального и среднеанатомического артикуляторов не было выявлено статистически значимого различия на уровне значимости $p < 0,0167$. На наш взгляд, это объясняется наличием клинических и лабораторных погрешностей определения центрального соотношения челюстей и фиксации моделей в артикулятор.

3.2.6 Результаты определения количества десневой жидкости

В первой части исследования мы сравнили между собой количество выделяемой десневой жидкости у пациентов с несъемными протезами (искусственными коронками и мостовидными протезами), изготовленными традиционным и цифровым методом.

Проверка соответствия нормальному распределению при помощи теста Шапиро — Уилка позволило сделать вывод, что распределение данных об изме-

рении количества выделяемой десневой жидкости у пациентов, протезирование которых проводили с применением несъемных протезов, изготовленных традиционным методом, не соответствует нормальному (таблица 51).

Таблица 51 — Результаты проверки соответствия выборки нормальному распределению при помощи теста Шапиро — Уилка

Метод изготовления несъемных протезов	W	p
Традиционный	0,91114	< 0,001
Цифровой	0,97253	0,079

Поэтому для анализа были применены непараметрические методы, а данные описывали с помощью медианы, 25-го и 75-го перцентилей, минимального и максимального значений (таблица 52). На рисунке 51 представлено распределение данных с помощью коробчатых графиков.

Таблица 52 — Описательные статистики распределения значений количества выделяемой десневой жидкости

Метод изготовления несъемных протезов	n	Медиана	Минимум	Максимум	25-й перцентиль	75-й перцентиль
Традиционный	68	0,67	0,5	0,82	0,575	0,765
Цифровой	81	0,44	0,3	0,6	0,38	0,48

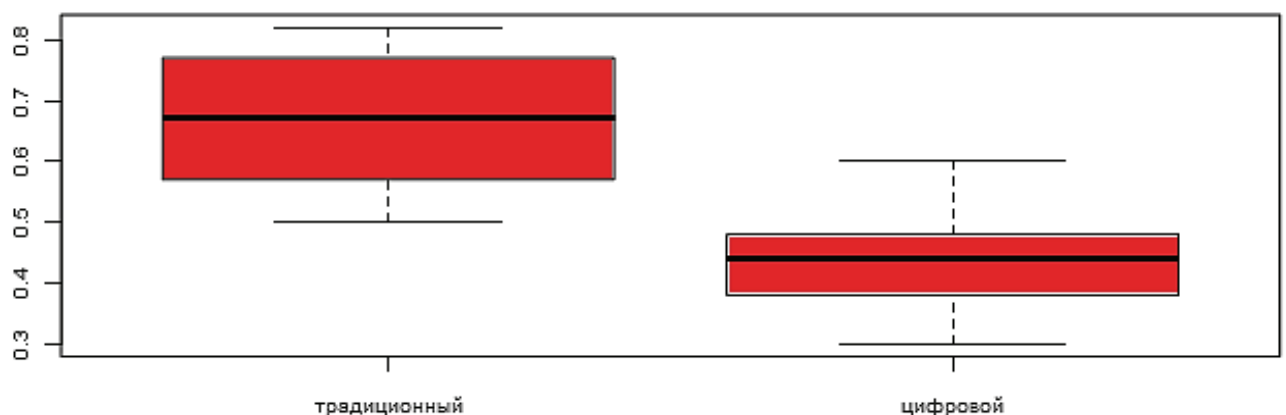


Рисунок 51 — Коробчатый график распределения значений количества выделяемой десневой жидкости у пациентов, протезирование которых проводилось с применением цифровых и традиционных технологий

Результаты проведенного исследования показали, что среднее значение количества выделяемой десневой жидкости у пациентов, протезирование которых проводилось с применением традиционных технологий, составило $0,6597 \pm 0,106 \text{ мм}^2$, что соответствует показателям, характерным для катарального гингивита. Среднее значение количества выделяемой десневой жидкости у пациентов, протезирование которых проводилось с применением цифровых технологий, составило $0,4372 \pm 0,06277 \text{ мм}^2$, что свидетельствует об отсутствии заболеваний пародонта.

Для статистического анализа полученных результатов применяли критерий Манна — Уитни. В данном исследовании нулевая гипотеза отвергается на уровне статистической значимости $p < 0,025$, т.е. вероятность ошибочного признания различий значимыми меньше $0,025$. При расчете критического уровня значимости была введена поправка Бонферрони для учета множественных сравнений: $0,025 = 0,05 / 2$, где $0,05$ — общепринятое значение критического уровня значимости для одинарного сравнения в медико-биологических исследованиях, а 2 — число сравнений. В таблице 53 приведены значения критерия Манна — Уитни и соответствующие ему уровни значимости p для попарного сравнения групп.

Таблица 53 — Результаты попарного сравнения групп

Признак	W	p
Количество десневой жидкости	5344,5	<0,001***
Примечание. *** — наличие статистически значимого различия на уровне $p < 0,001$.		

Из таблицы 53 видно, что цифровой и традиционный методы изготовления несъемных протезов статистически значимо различимы с уровнем значимости $p < 0,025$ по признаку «Количество десневой жидкости». При этом медианное значение количества выделяемой десневой жидкости у пациентов, протезированных с применением цифровых технологий, в среднем меньше в сравнении с традиционным методом изготовления ортопедических конструкций на $34,3 \%$.

Во второй части исследования было проведено сравнение количества выделяемой десневой жидкости у пациентов с искусственными коронками, изготовленными традиционным и цифровым способом. Проверка соответствия нормальному распределению для результатов измерения количества выделяемой десневой жидкости у пациентов, протезирование которых проводилось с применением искусственных коронок, при помощи теста Шапиро — Уилка представлена в таблице 54.

Таблица 54 — Результаты проверки соответствия выборки нормальному распределению при помощи теста Шапиро — Уилка

Метод изготовления искусственных коронок	W	p
Традиционный	0,91411	< 0,001
Цифровой	0,97816	0,491

Из таблицы 54 видно, что распределение значений в группе «Традиционный метод изготовления искусственных коронок» не соответствует нормальному с уровнем значимости $p < 0,05$.

Поэтому для анализа были применены непараметрические методы, а данные описывали с помощью элементов описательной статистики (таблица 55). На рисунке 52 представлено распределение данных с помощью коробчатых графиков.

Таблица 55 — Описательные статистики распределения значений количества выделяемой десневой жидкости у пациентов, протезирование которых проводилось с применением искусственных коронок

Метод изготовления искусственных коронок	n	Медиана	Минимум	Максимум	25-й процентиль	75-й процентиль
Традиционный	54	0,62	0,5	0,8	0,55	0,7
Цифровой	49	0,4	0,3	0,48	0,38	0,43

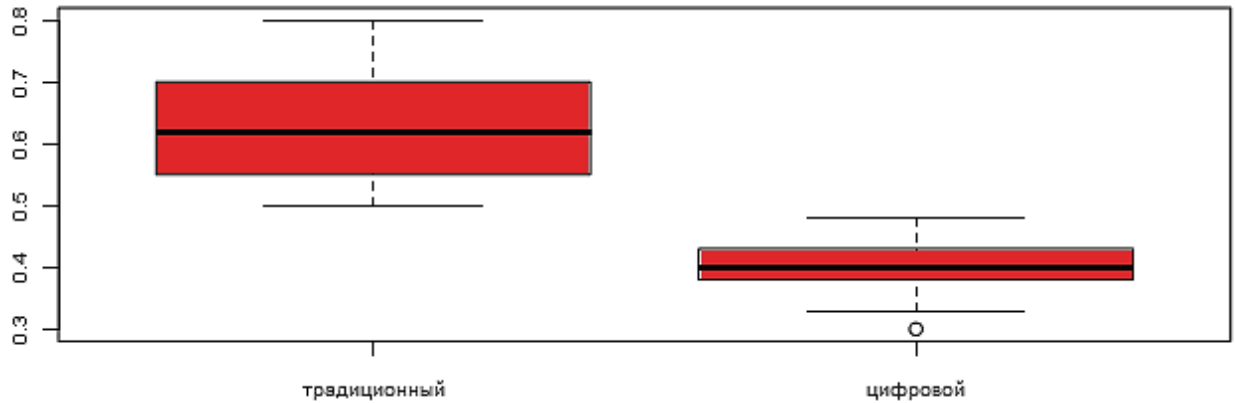


Рисунок 52 — Коробчатый график распределения значений количества выделяемой десневой жидкости у пациентов, протезирование которых проводилось с применением искусственных коронок, изготовленных разными методами

Результаты проведенного исследования показали, что среднее значение количества выделяемой десневой жидкости у пациентов, протезирование которых проводилось с применением искусственных коронок, изготовленных традиционным методом, составило $0,6333 \pm 0,1014 \text{ мм}^2$, что соответствует показателям, характерным для катарального гингивита. Среднее значение количества выделяемой десневой жидкости у пациентов, протезирование которых проводилось с применением искусственных коронок, изготовленных цифровым методом, составило $0,3994 \pm 0,04145 \text{ мм}^2$, что свидетельствует об отсутствии реакции пародонта.

Для статистического анализа полученных результатов применяли критерий Манна — Уитни. В данном исследовании нулевая гипотеза отвергается на уровне статистической значимости $p < 0,025$, так как при расчете критического уровня значимости была введена поправка Бонферрони для учета множественных сравнений. В таблице 56 приведены значения критерия Манна — Уитни и соответствующие ему уровни значимости p для попарного сравнения групп.

Таблица 56 — Результаты попарного сравнения групп

Признак	W	p
Количество десневой жидкости	2646	<0,001***
Примечание. *** — наличие статистически значимого различия на уровне $p < 0,001$.		

Из таблицы 56 видно, что цифровой и традиционный методы изготовления искусственных коронок статистически значимо различимы с уровнем значимости $p < 0,025$ по признаку «Количество десневой жидкости». При этом медианное значение количества выделяемой десневой жидкости у пациентов, протезированных с применением цифровых технологий, в среднем меньше в сравнении с традиционным методом изготовления искусственных коронок на 35,5 %.

В третьей части исследования было проведено сравнение количества выделяемой десневой жидкости у пациентов с мостовидными протезами, изготовленными традиционным и цифровым способом. Проверка соответствия нормальному распределению при помощи теста Шапиро — Уилка представлена в таблице 57.

Таблица 57 — Результаты проверки соответствия выборки нормальному распределению при помощи теста Шапиро — Уилка

Метод изготовления мостовидных протезов	W	p
Традиционный	0,84062	0,017
Цифровой	0,88685	0,003

Из таблицы 57 видно, что распределение значений в обеих группах не соответствует нормальному с уровнем значимости $p < 0,05$.

Поэтому для анализа были применены непараметрические методы, а данные описывали с помощью элементов описательной статистики (таблица 58). На рисунке 53 представлено распределение данных с помощью коробчатых графиков.

Таблица 58 — Описательные статистики распределения значений количества выделяемой десневой жидкости у пациентов, протезирование которых проводилось с применением мостовидных протезов

Метод изготовления искусственных коронок в мостовидных протезах	n	Медиана	Минимум	Максимум	25-й процентиль	75-й процентиль
Традиционный	14	0,78	0,7	0,82	0,7125	0,8
Цифровой	32	0,5	0,4	0,6	0,475	0,5

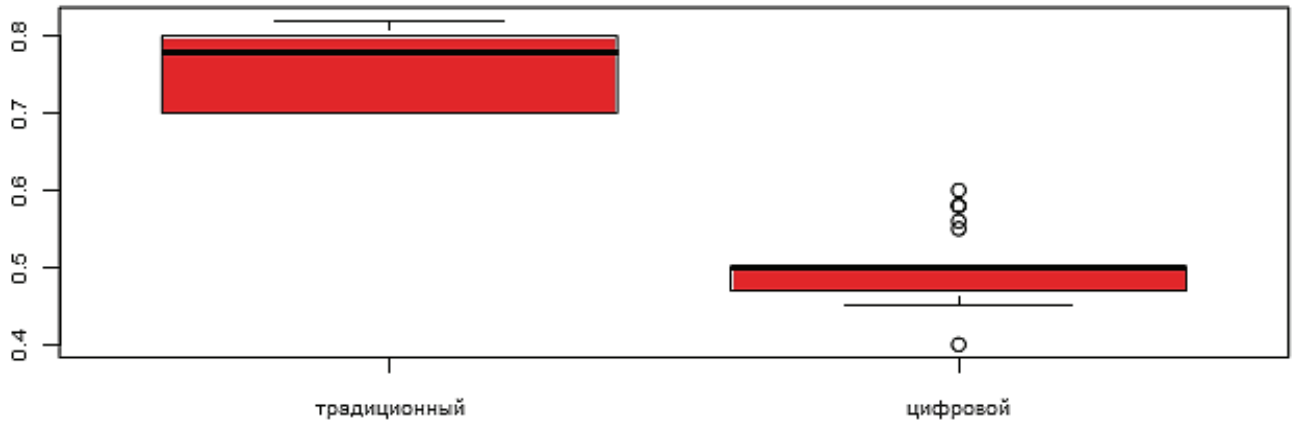


Рисунок 53 — Коробчатый график распределения значений количества выделяемой десневой жидкости у пациентов, протезирование которых проводилось с применением мостовидных протезов, изготовленных разными методами

Анализ результатов проведенного исследования показал, что среднее значение количества выделяемой десневой жидкости у пациентов, протезирование которых проводилось с применением мостовидных протезов, изготовленных традиционным методом, составило $0,7614 \pm 0,04452 \text{ мм}^2$, что соответствует показателям, характерным для катарального гингивита. Среднее значение количества выделяемой десневой жидкости у пациентов, протезирование которых проводилось с применением мостовидных протезов, изготовленных цифровым методом, составило $0,495 \pm 0,04243 \text{ мм}^2$, что соответствует верхней границе нормы значения количества выделяемой десневой жидкости.

Для статистического анализа полученных результатов применялся критерий Манна — Уитни. В данном исследовании нулевая гипотеза отвергается на уровне статистической значимости $p < 0,025$, так как при расчете критического уровня значимости была введена поправка Бонферрони для учета множественных сравнений. В таблице 59 приведены значения критерия Манна — Уитни и соответствующие ему уровни значимости p для попарного сравнения групп.

Таблица 59 — Результаты попарного сравнения групп

Признак	W	p
Количество десневой жидкости	448	<0,001***
Примечание. *** — наличие статистически значимого различия на уровне $p < 0,001$.		

Из таблицы 59 видно, что цифровой и традиционный методы изготовления мостовидных протезов статистически значимо различимы с уровнем значимости $p < 0,025$ по признаку «Количество десневой жидкости». При этом медианное значение количества выделяемой десневой жидкости у пациентов, протезированных с применением цифровых технологий, в среднем меньше в сравнении с традиционным методом ортопедического лечения с применением мостовидных протезов на 35,9 %.

В четвертой части исследования мы сравнили между собой по признаку «Количество выделяемой десневой жидкости» разные виды материалов (титан и диоксид циркония), применяемых для изготовления каркасов несъемных протезов цифровым методом. Проверка соответствия нормальному распределению при помощи теста Шапиро — Уилка представлена в таблице 60.

Таблица 60 — Результаты проверки соответствия выборки нормальному распределению при помощи теста Шапиро — Уилка

Материал для изготовления каркасов несъемных протезов	W	p
Титан	0,97195	0,634
Диоксид циркония	0,9603	0,076

Из таблицы 60 видно, что распределение значений в обеих группах соответствует нормальному с уровнем значимости $p < 0,05$. Поэтому для анализа применяли параметрический t-критерий Стьюдента (таблица 61). В данном исследовании нулевая гипотеза отвергается на уровне статистической значимости $p < 0,025$, так как при расчете критического уровня значимости была введена поправка Бонферрони для учета множественных сравнений. Элементы описательной статистики представлены в таблице 62.

Таблица 61 — Результаты попарного сравнения групп

Признак	t	p
Количество десневой жидкости	0,91181	0,36

Таблица 62 — Элементы описательной статистики

Материал для изготовления каркасов несъемных протезов	n	Среднее ± стандартное отклонение	Минимум	Максимум
Титан	28	0,445 ± 0,0478	0,35	0,55
Диоксид циркония	53	0,433 ± 0,06946	0,3	0,6

Из таблицы 62 видно, что разные виды материалов (титан и диоксид циркония) неразличимы с уровнем значимости $p < 0,025$ по признаку «Количество десневой жидкости».

3.2.7 Результаты определения рН десневой жидкости

В первой части исследования проведено сравнение значений рН выделяемой десневой жидкости у пациентов с несъемными протезами (искусственными коронками и мостовидными протезами), изготовленными традиционным и цифровым способом. Проверка соответствия нормальному распределению при помощи теста Шапиро — Уилка позволило сделать вывод, что распределение значений в обеих группах не соответствует нормальному с уровнем значимости $p < 0,05$. (таблица 63).

Таблица 63 — Результаты проверки соответствия выборки нормальному распределению при помощи теста Шапиро — Уилка

Метод изготовления несъемных протезов	W	p
Традиционный	0,8933	< 0,001
Цифровой	0,84754	< 0,001

Поэтому для анализа были применены непараметрические методы, а данные описывали с помощью медианы, 25-го и 75-го перцентилей, минимального и максимального значений (таблица 64). На рисунке 54 представлено распределение данных с помощью коробчатых графиков.

Результаты проведенного исследования показали, что среднее значение pH выделяемой десневой жидкости у пациентов, протезирование которых проводилось с применением традиционных технологий, составило $5,574 \pm 0,5057$, что соответствует показателям, характерным для воспалительного процесса. Среднее значение pH выделяемой десневой жидкости у пациентов, протезирование которых проводилось с применением цифровых технологий, составило $6,549 \pm 0,3921$, что свидетельствует об отсутствии заболеваний пародонта.

Таблица 64 — Описательные статистики распределения pH выделяемой десневой жидкости

Метод изготовления несъемных протезов	n	Медиана	Минимум	Максимум	25-й процентиль	75-й процентиль
Традиционный	68	5,5	4,5	6,5	5	6
Цифровой	81	6,5	6	7,5	6,5	7

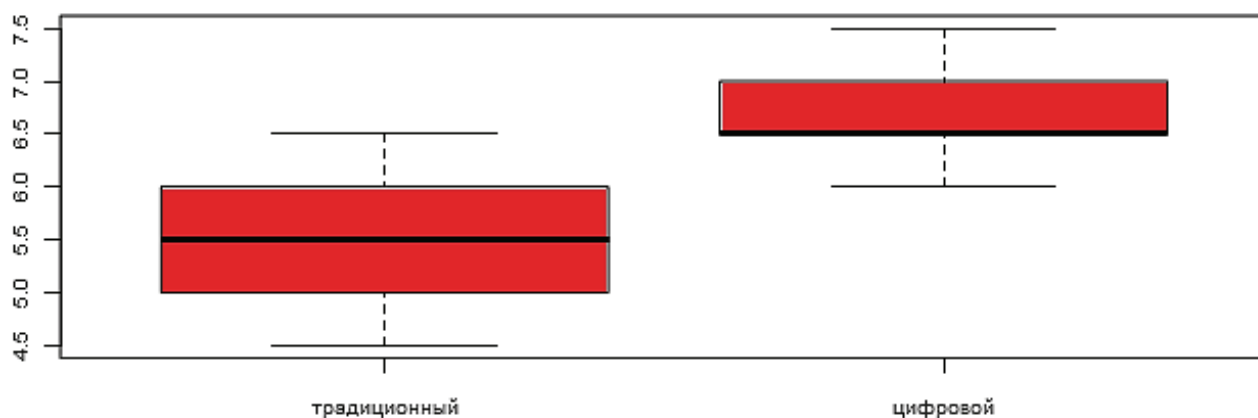


Рисунок 54 — Коробчатый график распределения значений pH выделяемой десневой жидкости у пациентов, протезирование которых проводилось с применением цифровых и традиционных технологий

Для статистического анализа полученных результатов применяли критерий Манна — Уитни. В данном исследовании нулевая гипотеза отвергается на уровне статистической значимости $p < 0,025$, т.е. вероятность ошибочного признания различий значимыми меньше 0,025. При расчете критического уровня значимости была введена поправка Бонферрони для учета множественных сравнений:

$0,025 = 0,05 / 2$, где $0,05$ — общепринятое значение критического уровня значимости для одинарного сравнения в медико-биологических исследованиях, а 2 — число сравнений. В таблице 65 приведены значения критерия Манна — Уитни и соответствующие ему уровни значимости p для попарного сравнения групп.

Таблица 65 — Результаты попарного сравнения групп

Признак	W	p
pH десневой жидкости	406	<0,001***
Примечание. *** — наличие статистически значимого различия на уровне $p < 0,001$.		

Из таблицы 65 видно, что цифровой и традиционный методы изготовления несъемных протезов статистически значимо различимы с уровнем значимости $p < 0,025$ по значению pH выделяемой десневой жидкости. Таким образом, водородный показатель десневой жидкости у пациентов, протезированных с применением традиционных технологий, был смещен в более кислую среду (медианы выборок отличаются на 15,4 %).

Во второй части исследования мы сравнили между собой pH выделяемой десневой жидкости у пациентов с искусственными коронками, изготовленными традиционным и цифровым способом. Проверка соответствия выборки нормальному распределению при помощи теста Шапиро — Уилка представлена в таблице 66.

Таблица 66 — Результаты проверки соответствия выборки нормальному распределению при помощи теста Шапиро — Уилка

Метод изготовления искусственных коронок	W	p
Традиционный	0,8652	< 0,001
Цифровой	0,84603	< 0,001

Из таблицы 66 видно, что распределение значений в обеих группах не соответствует нормальному с уровнем значимости $p < 0,05$.

Поэтому для анализа были применены непараметрические методы, а данные описывали с помощью элементов описательной статистики (таблица 67). На рисунке 55 представлено распределение данных с помощью коробчатых графиков.

Таблица 67 — Описательные статистики распределения значений рН выделяемой десневой жидкости у пациентов, протезирование которых проводилось с применением искусственных коронок

Метод изготовления искусственных коронок	n	Медиана	Минимум	Максимум	25-й процентиль	75-й процентиль
Традиционный	54	6	5	6,5	5,5	6
Цифровой	49	6,5	6	7,5	6,5	7

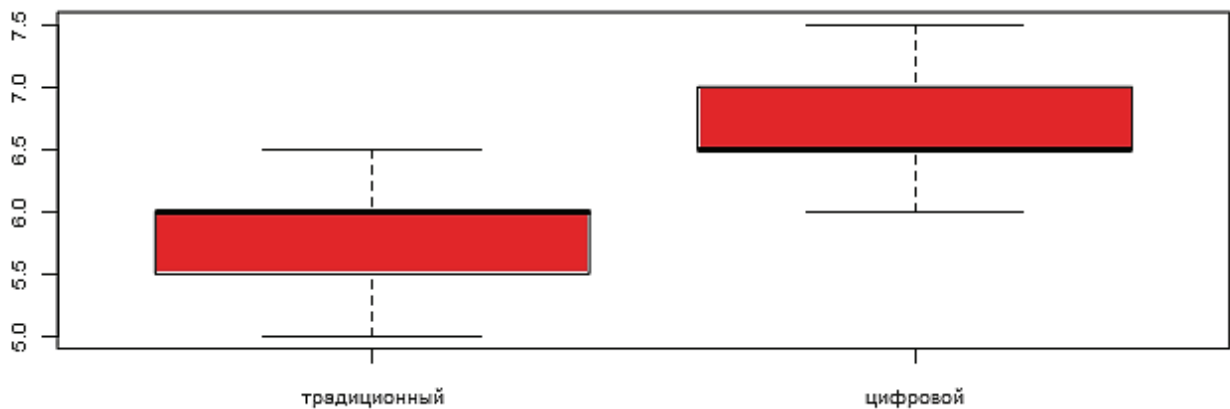


Рисунок 55 — Коробчатый график распределения значений рН выделяемой десневой жидкости у пациентов, протезирование которых проводилось с применением искусственных коронок, изготовленных разными методами

Результаты проведенного исследования показали, что среднее значение рН выделяемой десневой жидкости у пациентов, протезирование которых проводилось с применением искусственных коронок, изготовленных традиционным методом, составило $5,713 \pm 0,4514$, что соответствует показателям, характерным для воспалительного процесса. Среднее значение рН выделяемой десневой жидкости у пациентов, протезирование которых проводилось с применением искусственных коронок, изготовленных цифровым методом, составило $6,684 \pm 0,3777$, что свидетельствует об отсутствии заболеваний пародонта.

Для статистического анализа полученных результатов применяли критерий Манна — Уитни. В данном исследовании нулевая гипотеза отвергается на уровне статистической значимости $p < 0,025$, так как при расчете критического уровня значимости была введена поправка Бонферрони для учета множественных срав-

нений. В таблице 68 приведены значения критерия Манна — Уитни и соответствующие ему уровни значимости p для попарного сравнения групп.

Таблица 68 — Результаты попарного сравнения групп

Признак	W	p
pH десневой жидкости	151,5	<0,001***
Примечание. *** — наличие статистически значимого различия на уровне $p < 0,001$.		

Из таблицы 68 видно, что цифровой и традиционный методы изготовления искусственных коронок различимы с уровнем значимости $p < 0,025$ по признаку «рН десневой жидкости».

В третьей части исследования было проведено сравнение рН выделяемой десневой жидкости у пациентов с мостовидными протезами, изготовленными традиционным и цифровым способом. Проверка соответствия выборки нормальному распределению при помощи теста Шапиро — Уилка представлена в таблице 69.

Таблица 69 — Результаты проверки соответствия выборки нормальному распределению при помощи теста Шапиро — Уилка

Метод изготовления мостовидных протезов	W	p
Традиционный	0,77914	0,003
Цифровой	0,77042	<0,001

Из таблицы 69 видно, что распределение значений в обеих группах не соответствует нормальному с уровнем значимости $p < 0,05$.

Поэтому для анализа были применены непараметрические методы, а данные описывали с помощью элементов описательной статистики (таблица 70). На рисунке 56 представлено распределение данных с помощью коробчатых графиков.

Таблица 70 — Описательные статистики распределения значений рН выделяемой десневой жидкости у пациентов, протезирование которых проводилось с применением мостовидных протезов

Метод изготовления искусственных коронок в мостовидных протезах	n	Медиана	Минимум	Максимум	25-й процентиль	75-й процентиль
Традиционный	14	5	4,5	5,5	5	5
Цифровой	32	6,5	6	7	6	6,5

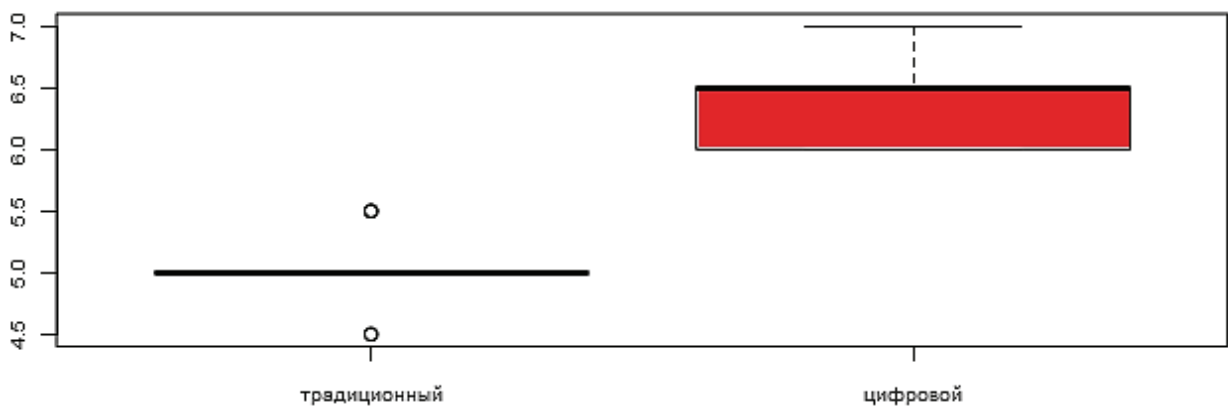


Рисунок 56 — Коробчатый график распределения значений рН выделяемой десневой жидкости у пациентов, протезирование которых проводилось с применением мостовидных протезов, изготовленных разными методами

Результаты проведенного исследования показали, что среднее значение рН выделяемой десневой жидкости у пациентов, протезирование которых проводилось с применением мостовидных протезов, изготовленных традиционным методом, составило $5,036 \pm 0,3079$, что соответствует показателям, характерным для воспалительного процесса. Среднее значение рН выделяемой десневой жидкости у пациентов, протезирование которых проводилось с применением мостовидных протезов, изготовленных цифровым методом, составило $6,344 \pm 0,322$, что соответствует нижней границе нормы значения рН выделяемой десневой жидкости.

Для статистического анализа полученных результатов применяли критерий Манна — Уитни. В данном исследовании нулевая гипотеза отвергается на уровне статистической значимости $p < 0,025$, так как при расчете критического уровня

значимости была введена поправка Бонферрони для учета множественных сравнений. В таблице 71 приведены значения критерия Манна — Уитни и соответствующие ему уровни значимости p для попарного сравнения групп.

Таблица 71 — Результаты попарного сравнения групп

Признак	W	p
pH десневой жидкости	0	<0,001***
Примечание. *** — наличие статистически значимого различия на уровне $p < 0,001$.		

Из таблицы 71 видно, что цифровой и традиционный методы изготовления мостовидных протезов статистически значимо различимы с уровнем значимости $p < 0,025$ по признаку «рН десневой жидкости».

В четвертой части исследования мы сравнили между собой по признаку «рН выделяемой десневой жидкости» разные виды материалов (титан и диоксид циркония), применяемых для создания каркасов несъемных протезов цифровым методом. Проверка соответствия нормальному распределению при помощи теста Шапиро — Уилка представлена в таблице 72.

Таблица 72 — Результаты проверки соответствия выборки нормальному распределению при помощи теста Шапиро — Уилка

Материал для изготовления каркасов несъемных протезов	W	p
Титан	0,85758	0,001
Диоксид циркония	0,84406	<0,001

Из таблицы 72 видно, что распределение значений в обеих группах не соответствует нормальному с уровнем значимости $p < 0,05$.

Поэтому для анализа были применены непараметрические методы, а данные описывали с помощью элементов описательной статистики (таблица 73). На рисунке 57 представлено распределение данных с помощью коробчатых графиков.

Таблица 73 — Описательные статистики распределения значений pH выделяемой десневой жидкости

Материал для изготовления каркасов несъемных протезов	n	Медиана	Минимум	Максимум	25-й процентиль	75-й процентиль
Титан	28	6,5	6	7,5	6,375	7
Диоксид циркония	53	6,5	6	7,5	6,5	7

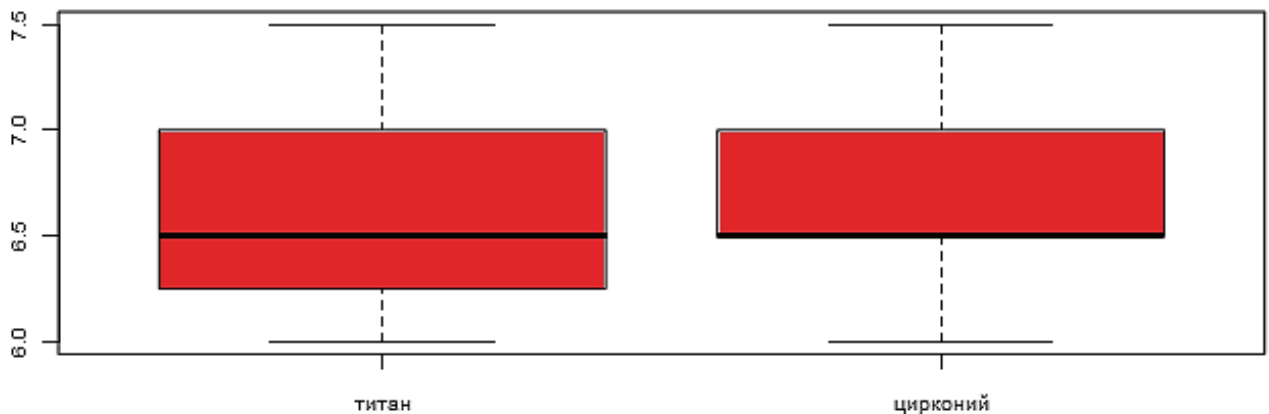


Рисунок 57 — Коробчатый график распределения значений pH выделяемой десневой жидкости

Результаты проведенного исследования показали, что среднее значение pH выделяемой десневой жидкости у пациентов, протезирование которых проводилось с применением несъемных протезов на титановых каркасах, составило $6,536 \pm 0,4066$, на циркониевых каркасах — $6,557 \pm 0,388$, что свидетельствует об отсутствии заболеваний пародонта, но соответствует нижней границе нормы значения pH выделяемой десневой жидкости.

Для статистического анализа полученных результатов применяли критерий Манна — Уитни. В данном исследовании нулевая гипотеза отвергается на уровне статистической значимости $p < 0,025$, так как при расчете критического уровня значимости была введена поправка Бонферрони для учета множественных сравнений. В таблице 74 приведены значения критерия Манна — Уитни и соответствующие ему уровни значимости p для попарного сравнения групп.

Таблица 74 — Результаты попарного сравнения групп

Признак	W	p
pH десневой жидкости	714,5	0,77

Из таблицы 74 видно, что разные виды материалов (титан и диоксид циркония) для создания каркасов несъемных протезов цифровым методом неразличимы с уровнем значимости $p < 0,025$ по признаку «рН десневой жидкости».

3.2.8 Результаты сравнительной оценки эффективности цифровых технологий при ортопедическом лечении пациентов с применением частичных съемных протезов (дуговых и с металлическим базисом)

Результаты оценки качества каркасов дуговых и частичных съемных протезов с металлическим базисом, которые использовались при ортопедическом лечении частичной потери зубов у 30 пациентов (20 мужчин и 10 женщин), представлены в таблице 75.

Таблица 75 — Результаты оценки качества каркасов частичных съемных протезов

№	Критерии оценки	Оценка	Балл	Традиционный метод	Цифровой метод	p
1	Соответствие заготовки каркаса съемного протеза рисунку границ на гипсовой модели	наличие	6	12	13	1
		отсутствие	0	3	2	
2	Ретенция кламмеров	хорошая	6	10	13	0,385
		средняя	3	5	2	
		отсутствие	0	0	0	
3	Плотность прилегания опорно-удерживающих элементов (оценивается при осмотре и с помощью зонда)	окклюзионные накладки и плечи кламмеров визуально плотно прилегают к опорным зубам	6	10	15	0,0421
		ощутимый и визуально заметный зазор, клинически неприемлемо	0	5	0	

Окончание таблицы 75

№	Критерии оценки	Оценка	Балл	Традиционный метод	Цифровой метод	p
4	Положение дуги / металлического базиса частичного съемного протеза	отвечает требованиям	6	10	14	0,169
		каркас оказывает давление на слизистую оболочку, мешает движению языка	0	5	1	
5	Наложение каркаса протеза	каркас протеза накладывается без усилий	6	8	14	0,0535
		каркас протеза накладывается с усилием	3	5	1	
		каркас протеза не накладывается	0	2	0	
6	Ретенция каркаса *	фиксируется хорошо	6	8	15	0,005
		не фиксируется	3	0	0	
		балансирует	0	7	0	
7	Соотношение с антагонистами	правильное, каркас не мешает смыканию естественных и искусственных зубов	6	10	15	0,0421
		каркас нарушает окклюзию, нуждается в исправлении	0	5	0	
8	Необходимость коррекции каркаса съемного протеза	отсутствие	6	8	14	0,0352
		наличие	0	7	1	
9	Субъективные ощущения пациента	отсутствие дискомфортных явлений, быстрое привыкание	6	11	13	0,66
		наличие легкого дискомфорта, ощущения непривычности	3	4	2	
		непреодолимый дискомфорт	0	0	0	
Примечание: * – различия статистически значимы по критерию Фишера на уровне $p < 0,00556$.						

Пациенты были случайно распределены по двум группам. Первую группу составили 15 человек (11 мужчин и 4 женщин), ортопедическое лечение которых проводилось по традиционной технологии литья на огнеупорной модели с помо-

щью дуговых (7 пациентов) и съемных протезов с металлическим базисом (8 пациентов), каркасы которых были изготовлены из КХС.

Вторую группу составили 15 пациентов (9 мужчин и 6 женщин), ортопедическое лечение которых проводилось с использованием цифровых технологий. У 6 пациентов были применены дуговые протезы, а у 9 пациентов — с металлическим базисом.

Для статистического анализа полученных результатов применяли точный тест Фишера. В данном исследовании при сравнении двух групп нулевая гипотеза отвергается на уровне статистической значимости $p < 0,00556$, т.к. при расчете критического уровня значимости была введена поправка Бонферрони для учета множественных сравнений: $0,00556 = 0,05 / 9$, где 0,05 — общепринятое значение критического уровня значимости для одинарного сравнения в медико-биологических исследованиях, а 9 — число сравнений.

В ходе проведения исследования было выявлено, что у 3 пациентов восковая заготовка и у 2 пациентов полученная с помощью 3D-принтера фотополимерная заготовки каркаса съемного протеза не соответствовали начерченным границам каркасов на гипсовых моделях челюстей.

В 10 случаях (66,6 %) у частичных съемных протезов, изготовленных по традиционной технологии, наблюдалась хорошая ретенция кламмеров, положение дуги / металлического базиса отвечало требованиям, окклюзионные накладки и плечи кламмеров визуально плотно прилегали к опорным зубам.

У 14 пациентов (93,3 %) положение дуги / металлического базиса каркасов частичных съемных протезов, изготовленных из созданных на 3D-принтере фотополимерных заготовок, отвечало требованиям и не оказывало давление на слизистую оболочку протезного поля. У 13 пациентов (86,6 %) этой же группы наблюдалась хорошая ретенция кламмеров и в 100 % случаев окклюзионные накладки и плечи кламмеров каркасов частичных съемных протезов визуально плотно прилегали к опорным зубам.

Только у 1 пациента, ортопедическое лечение которого проводили с применением частичных съемных протезов, изготовленных с использованием цифровых технологий, каркас протеза накладывается с усилием. Что было также выявлено 5

пациентов каркасы дуговых и пластиночных протезов с металлическим базисом были изготовлены по традиционной технологии литья. К тому же у 2 пациентов данной группы каркас протеза не накладывался.

В 100 % случаев после наложения каркасы частичных съемных протезов, изготовленные с применением цифровых технологий фиксировались хорошо в полости рта пациентов, без балансирования и не мешали смыканию естественных и искусственных зубов. У 7 пациентов (46,6 %), каркасы частичных съемных протезов, изготовленные по традиционному методу, балансировали, к тому же у 5 пациентов (33,3 %) каркас нарушал окклюзию.

В 46,6 % случаев (7 пациентов) при традиционном методе изготовления частичных съемных протезов и в 6,6 % (1 пациент) — с применением цифровых технологий, каркасы нуждались в коррекции, на наш взгляд, это связано с возможными погрешностями, возникающими на этапе замены материала заготовки каркаса на металл и с усадкой сплава. К тому же было отмечено, что фотополимерный беззольно выгораемый материал для создания заготовок каркасов съемных протезов более стабилен, в отличие от мягкого воска и в меньшей степени поддается деформации в процессе литья.

У 4 пациентов после наложения частичных съемных протезов, изготовленных по классической технологии литья, отмечалось наличие легкого дискомфорта, ощущения непривычности, которые через несколько дней проходили. Что было также выявлено у 2 пациентов, заготовки каркасов дуговых и пластиночных протезов с металлическим базисом которых были напечатаны на 3D-принтере.

Среднее значение индекса эффективности стоматологического ортопедического лечения с применением частичных съемных протезов, изготовленных традиционным методом, составило 0,7, что соответствует хорошему результату лечения. Среднее значение индекса эффективности стоматологического ортопедического лечения с применением частичных съемных протезов, изготовленных с использованием цифровых технологий — 0,95, что соответствует очень хорошему результату лечения.

На основании полученных данных было установлено, что каркасы частичных съемных протезов (с металлическим базисом и дуговые), изготовленные с помощью

цифровых технологий, с применением для создания полимерной заготовки будущего каркаса 3D-принтера, обладают более высоким качеством, меньшими сроками адаптации к ним больных и общим снижением количества ошибок и осложнений.

3.2.9 Результаты разработки методики определения нейтральной зоны слизистой оболочки протезного ложа беззубой челюсти

Разработанные нами цифровая методика определения нейтральной зоны переходной складки слизистой оболочки протезного ложа беззубой челюсти и способа изготовления индивидуальной ложки [патент № 2792389 «Способ изготовления индивидуальной оттисковой ложки беззубой челюсти» от 21.03.2023. Авторы Жулев Е. Н., Вокулова Ю. А., приложение Д], основанная на сформулированных ранее базисных принципах, изложенных в главе «Материалы и методы исследования» заключаются в следующем.

По предварительному анатомическому оттиску изготавливается гипсовая модель, на которой начиная от середины и далее вдоль гребня альвеолярного отростка справа и слева с помощью жидкотекучего композитного материала наносятся точки на расстоянии 1 см друг от друга. С помощью оптического сканера получают цифровое изображение гипсовой модели челюсти. В виртуальном пространстве программного обеспечения CAD/CAM системы создается серия трансверзальных срезов альвеолярного отростка через обозначенные точки композитного материала.

На каждом трансверзальном срезе альвеолярного отростка определяется его срединная ось (рисунок 58). Для этого сначала щечный и язычный скаты альвеолярного отростка обозначают плоскостями (линии А и Б), которые пересекаются в виде угла над альвеолярным отростком (точка В), а затем из его вершины проводится биссектриса (линия Г), которая и является средней осью альвеолярного отростка, на которую опускается перпендикуляр из точки купола переходной складки (точка Д) для получения теперь уже плоскости основания альвеолярного отростка (линия Е). Через купол переходной складки (точка Д) проводится еще одна вертикальная линия, параллельная средней оси альвеолярного отростка (линия Ж).

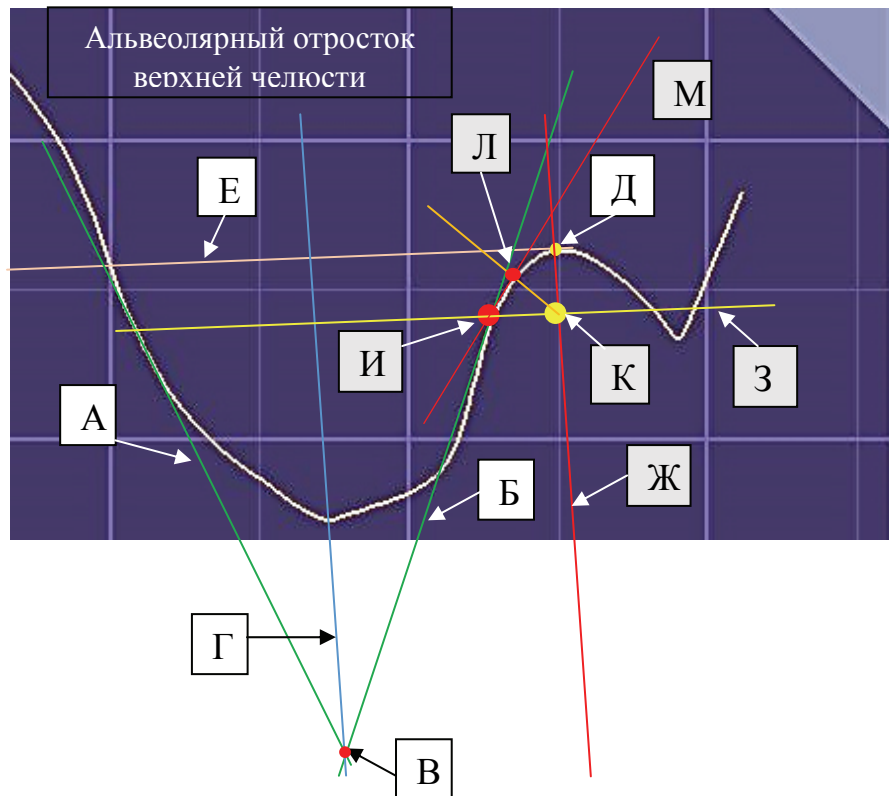


Рисунок 58 — Разметка контура трансверсального среза цифрового изображения модели беззубой верхней челюсти:

- А — линия, обозначающая плоскость небного ската альвеолярного отростка;
- Б — линия, обозначающая плоскость вестибулярного ската альвеолярного отростка;
- В — точка пересечения линий А и Б;
- Г — биссектриса угла АВБ;
- Д — самая высокая точка переходной складки;
- Е — основание альвеолярного отростка;
- Ж — линия, параллельная средней оси альвеолярного отростка, проведенная через вершину купола переходной складки;
- М — плоскость вестибулярного ската переходной складки

Параллельно основанию альвеолярного отростка проводится линия «З» до пересечения с плоскостью вестибулярного ската альвеолярного отростка в точке его перехода в подвижную слизистую оболочку переходной складки (точка И). Точка пересечения линий Ж и З обозначается как точка К. Затем строят биссектрису угла ИКД и отмечают точку ее пересечения со скатом альвеолярного отростка (Л), которая и будет точно соответствовать участку полуподвижной слизистой оболочки, т.е. нейтральной зоне переходной складки (рисунок 59).

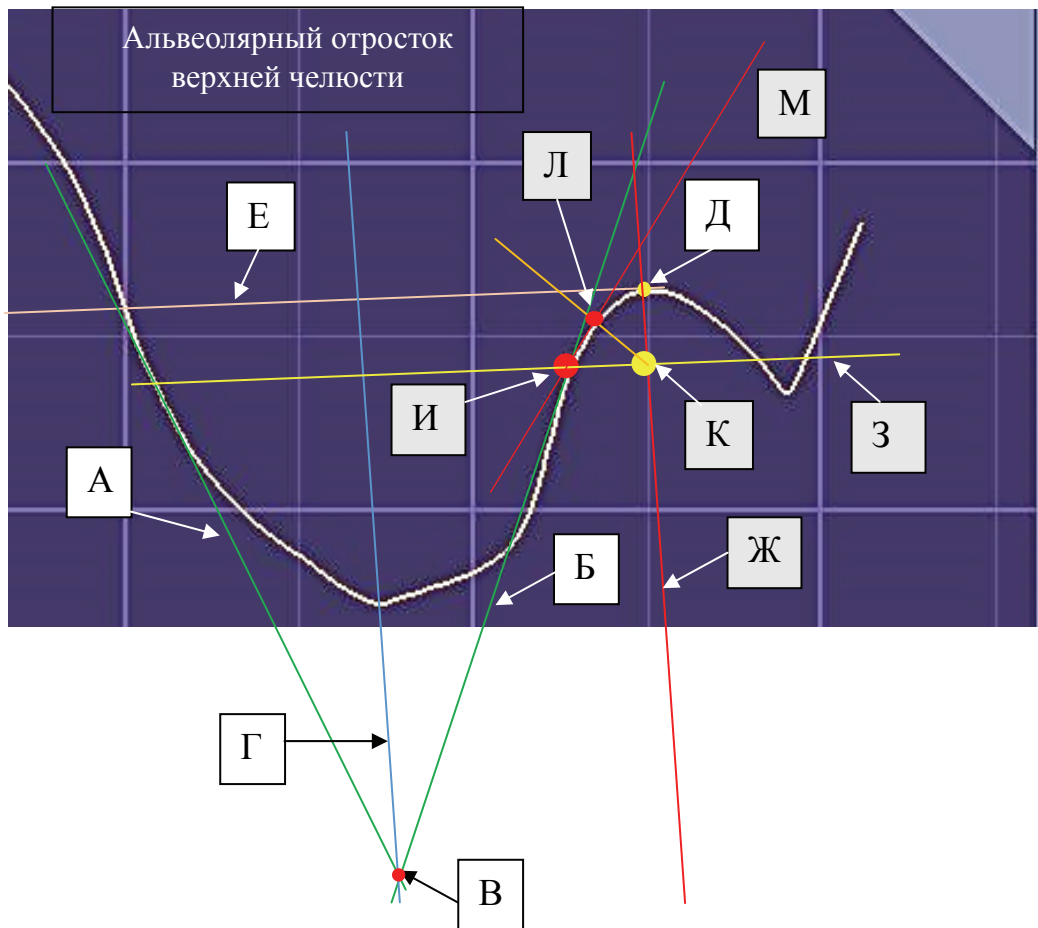


Рисунок 59 — Разметка контура трансверсального среза цифрового изображения модели беззубой верхней челюсти (продолжение):

- А — линия, обозначающая плоскость небного ската альвеолярного отростка;
- Б — линия, обозначающая плоскость вестибулярного ската альвеолярного отростка;
- В — точка пересечения линий А и Б;
- Г — биссектриса угла АВБ;
- Д — самая высокая точка переходной складки;
- Е — основание альвеолярного отростка;
- Ж — линия, параллельная средней оси альвеолярного отростка, проведенная через вершину купола переходной складки;
- И — точка перехода вестибулярного ската альвеолярного отростка в подвижную слизистую оболочку переходной складки;
- З — линия, проведенная через точку И параллельно основанию альвеолярного отростка;
- К — точка пересечения линий Ж и З;
- М — плоскость вестибулярного ската переходной складки;
- Л — точка, находящаяся в пределах нейтральной зоны переходной складки

На каждом трансверзальном срезе измеряют расстояние от точки, обозначенной композитом на гипсовой модели до точки Л, т.е. участка нейтральной зоны переходной складки. Полученные отрезки прямой линии отмечают на каждом срезе и переносят на гипсовую модель, на которой полученные точки маркером соединяют друг с другом для получения общей линии, проходящей по нейтральной зоне переходной складки на всем протяжении альвеолярного отростка (рисунок 60).



Рисунок 60 — Гипсовая модель беззубой верхней челюсти с обозначенной линией нейтральной зоны переходной складки

На рабочей гипсовой модели по обозначенной линии нейтральной зоны изготавливают индивидуальную оттискную ложку и получают функциональный оттиск, который в дальнейшем используется для изготовления полного съемного протеза. Алгоритм цифровой методики определения топографии нейтральной зоны слизистой оболочки беззубой челюсти представлен на рисунке 61.

Для подтверждения эффективности предложенных нами методики определения нейтральной зоны протезного ложа беззубой челюсти и способа изготовления индивидуальной ложки было проведено специальное исследование, в котором приняли участие 19 пациентов (11 мужчин и 8 женщин) с полной потерей зубов в возрасте от 51 до 74 лет. При ортопедическом лечении 9 пациентов (5 мужчин и 4 женщины) в возрасте от 56 до 74 лет были изготовлены по традиционной методике (1 группа) 16 полных съемных протезов (9 — на верхнюю челюсть и 7 — на нижнюю челюсть).

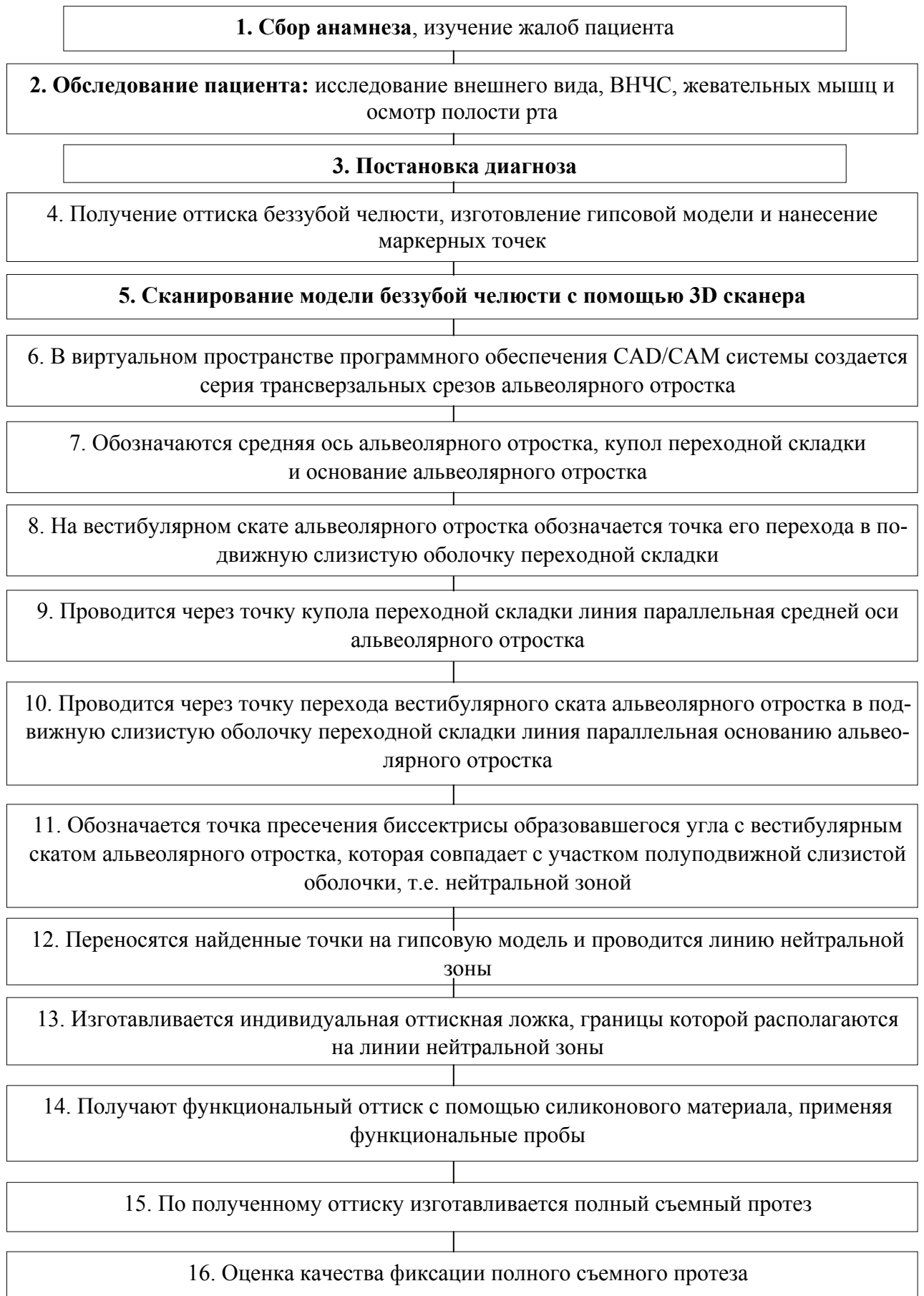


Рисунок 61 — Алгоритм цифровой методики определения топографии нейтральной зоны беззубой челюсти и изготовления индивидуальной ложки

При ортопедическом лечении 10 пациентов (6 мужчин и 4 женщин) в возрасте от 51 до 72 лет были изготовлены по предложенной нами цифровой методике (2 группа) 16 полных съемных протезов (10 — на верхнюю челюсть и 6 — на нижнюю челюсть).

Результаты сравнительной оценки эффективности ортопедического лечения пациентов при полной потере зубов с применением протезов, изготовленных с использованием цифровой методики определения нейтральной зоны протезного ложа беззубой челюсти, представлены в таблице 76. Оценку эффективности ортопедического лечения пациентов при полной потере зубов проводили после завершения периода адаптации пациентов к новым полным съемным протезам через 1–1,5 месяца после наложения протезов и с учетом жалоб пациента при наложении новых протезов и необходимости их коррекции.

Таблица 76 — Результаты сравнительной оценки эффективности ортопедического лечения пациентов при полной потере зубов с применением съемных протезов, изготовленных разными методами

№	Критерии оценки полного съемного протеза	Оценка	Баллы	Традиционный метод	Цифровой метод	p
1	Жалобы при наложении протеза*	отсутствие	12	2	15	6,84e-6
		наличие	0	14	1	
2	Жалобы при пользовании протезом	отсутствие	12	12	16	0,101
		наличие	0	4	0	
3	Необходимость коррекции нового полного съемного протеза при наложении в полости рта*	есть	0	14	1	6,84e-6
		нет	12	2	15	
4	Необходимость коррекции протеза при пользовании*	есть	0	12	0	1,61e-5
		нет	12	4	16	
5	Оценка стабильности съемных протезов при горизонтальной и боковой нагрузке*	протез не смещается	12	3	15	0,0005
		смещается в одном направлении	8	10	1	
		смещается в 2-3 направлениях	4	3	0	

Продолжение таблицы 76

№	Критерии оценки полного съемного протеза	Оценка	Баллы	Традиционный метод	Цифровой метод	p
5	Оценка стабильности съемных протезов при горизонтальной и боковой нагрузке*	смещается во всех направлениях	0	0	0	
6	Попадание пищи под протез	нет	12	14	16	0,494
		иногда	6	2	0	
		как правило, всегда	0	0	0	
7	Фиксация съемных протезов в покое*	хорошая	12	8	16	0,002
		скорее хорошая, чем слабая	8	8	0	
		скорее слабая, чем хорошая	4	0	0	
		слабая	0	0	0	
8	Фиксация съемных протезов при жевании*	хорошая	12	8	16	0,003
		скорее хорошая, чем слабая	8	8	0	
		скорее слабая, чем хорошая	4	0	0	
		слабая	0	0	0	
9	Оценка высоты нижней трети лица	правильное определение межальвеолярного расстояния	12	16	16	-
		межальвеолярное расстояние снижено	6	0	0	
		межальвеолярное расстояние увеличено	0	0	0	
10	Состояние слизистой оболочки под протезом	слизистая оболочка не изменена	12	16	16	-
		очаговый или разлитой стоматит, аллергические реакции, декубитальные язвы или пролежни	0	0	0	
11	Окклюзионные контакты	равномерные множественные	12	9	15	0,043
		неравномерные множественные	6	7	1	
		неравномерные одиночные, не поддающиеся коррекции без снижения высоты нижнего отдела лица	0	0	0	

Окончание таблицы 76

№	Критерии оценки полного съемного протеза	Оценка	Баллы	Традиционный метод	Цифровой метод	p
12	Дефекты поверхности протеза	нет	12	12	16	0,101
		поры, сколы, трещины	6	4	0	
		перелом протеза	0	0	0	
13	Ощущение дискомфорта при жевании	нет	12	10	16	0,0165
		очень редко	9	6	0	
		нечасто	6	0	0	
		часто	3	0	0	
		всегда	0	0	0	
14	Влияние протезов на внешний вид лица	значительно улучшает	12	13	16	0,233
		скорее улучшает	9	3	0	
		мало влияет	6	0	0	
		скорее ухудшает	3	0	0	
		значительно ухудшает	0	0	0	
15	Оценка цвета, формы и размера искусственных зубов	эстетически приемлемо	12	16	16	—
		эстетически неприемлемо	0	0	0	
16	Оценка речи (дикции) пациента	не нарушена	12	16	16	—
		нарушена	0	0	0	
17	Оценка адаптации к протезам	полная	12	11	16	0,041
		неполная	8	5	0	
		незначительная	4	0	0	
		дезадаптация	0	0	0	
18	Качество жизни с протезами	хорошее как с естественными зубами	12	10	16	0,0205
		вполне удовлетворительное	8	6	0	
		скорее низкое	4	0	0	
		низкое	0	0	0	

Примечание: * — различия статистически значимы по критерию Фишера на уровне $p < 0,00357$.

Для статистического анализа полученных результатов применяли точный тест Фишера. В данном исследовании при сравнении двух групп нулевая гипотеза отвергается на уровне статистической значимости $p < 0,00357$, т.к. при расчете критического уровня значимости была введена поправка Бонферрони для учета множественных сравнений: $0,00357 = 0,05 / 14$, где 0,05 — общепринятое значение критического уровня значимости для одинарного сравнения в медико-биологических исследованиях, а 14 — число сравнений (4 заведомо неразличимые группы в строках 9, 10, 15, 16 таблицы 76 не участвовали в сравнении, т.к. для них нет вариаций значений).

В ходе проведенного исследования жалобы пациентов на болезненные ощущения при наложении полного съемного протеза, изготовленного традиционным методом, встречались в 87,5 % случаев (у 8 пациентов), при цифровом же методе изготовления протеза лишь в 6,3 % случаев (1 пациент). Все пациенты второй группы не предъявляли жалобы при пользовании протезом, в отличие от 2-х пациентов (25 % случаев), у которых протезы были изготовлены по традиционной технологии (1 группа).

Необходимость коррекции нового полного съемного протеза, изготовленного традиционным методом, при наложении в полости рта встречалась в 87,5 % случаев (у 8 пациентов), при цифровом же методе изготовления полного съемного протеза — в 6,3 % случаев (1 пациент). Все пациенты второй группы не обращались для коррекции протеза при пользовании им, в отличие от 75 % случаев (7 пациентов) применения полных съемных протезов, изготовленных по традиционной технологии (1 группа). Оценка стабильности съемных протезов при горизонтальной и боковой нагрузке показала, что протезы, изготовленные по цифровой технологии, в 93,7 % случаях не смещаются, в отличие от 81,8 % случаев при традиционном методе.

Попадание пищи под протез не наблюдалось при цифровом методе изготовления полного съемного протеза, в отличие от 12,5 % случаев (1 пациент) при традиционном методе.

Наблюдалась хорошая фиксация полных съемных протезов, изготовленных с применением цифровых технологий, в покое и при жевании, в отличие от 50 % съемных протезов (у 5 пациентов), изготовленных по традиционной методике.

У всех пациентов в обеих группах наблюдались правильное определение межальвеолярного расстояния, эстетически приемлемые цвет, форма и размер искусственных зубов, не было выявлено случаев нарушения дикции и воспалительных процессов слизистой оболочки протезного ложа, аллергических реакций, декубитальных язв или пролежней. Изготовленные полные съемные протезы улучшали внешний вид пациентов.

Неравномерные множественные окклюзионные контакты были выявлены в 43,8 % случаев лечения (у 4 пациентов) с применением полных съёмных протезов, изготовленных традиционным методом и лишь у одного пациента, протезирование которого проводили с использованием цифровых технологий.

Дефекты поверхности протеза в виде пор, сколов и трещин не были выявлены у протезов, изготовленных с применением цифровых технологий, в отличие от 25 % случаев (2 пациента) при применении традиционных методов изготовления полных съемных протезов.

На очень редкое ощущение дискомфорта при жевании жаловались только 4 пациентов, протезирование которых проводили традиционным методом и только 3 пациентов этой же группы отмечали неполную адаптацию к протезам.

Все пациенты, протезированные с применением цифровых технологий, отмечали хорошее качество жизни, в отличие только от 6 пациентов, леченых с использованием традиционных методов изготовления полных съемных протезов.

Среднее значение индекса эффективности стоматологического ортопедического лечения с применением полных съёмных протезов, изготовленных традиционным методом, составило 0,76, что соответствует хорошему результату лечения. Среднее же значение этого индекса при применении полных съёмных протезов, изготовленных с использованием цифровой методики определения нейтральной зоны протезного ложа беззубой челюсти и цифровой технологией изготовления базисов протезов, составил 0,9, что соответствует более высокому результату лечения.

Таким образом, полные съемные протезы, изготовленные с применением цифрового способа определения топографии нейтральной зоны, обладали лучшей фиксацией и стабилизацией при горизонтальных или боковых векторах функцио-

нальной нагрузки, а также нуждались в меньшем количестве коррекции после наложения протеза в полости рта в сравнении с традиционным методом определения топографии нейтральной зоны слизистой оболочки протезного ложа беззубой челюсти ($p < 0,00357$).

3.2.10 Результаты изучения с помощью инфракрасной термометрии состояния слизистой оболочки под базами съемных протезов

Нами было исследовано состояние слизистой оболочки протезного ложа под базами съемных протезов с использованием метода термометрии у 3 групп пациентов: 1 — у 15 пациентов (7 мужчин и 8 женщин) с частичной (11 пациентам были изготовлены 15 дуговых протезов) и полной потерей зубов (4 пациентам были изготовлены 7 съемных протезов), протезирование которых проводилось с применением традиционных технологий; 2 — у 15 пациентов (9 мужчин и 6 женщин) с частичной (11 пациентам были изготовлены 11 дуговых протезов) и полной потерей зубов (4 пациентам были изготовлены 8 съемных протезов), протезирование которых проводилось с применением цифровых технологий; 3 — у лиц контрольной группы (16 пациентов (7 мужчин и 9 женщин) с дефектами зубных рядов, не пользовавшихся съемными протезами.

Полученные значения инфракрасной термометрии слизистой оболочки протезного ложа для верхней челюсти у лиц контрольной группы (3 группа) составили: в области отсутствующих первых моляров между швом неба и основанием альвеолярного отростка (точка 1) в пределах $24,0\text{--}30,8^\circ\text{C}$ ($Me = 27,35^\circ\text{C}$), на середине ската альвеолярного отростка с небной стороны (точка 2) — $24,0\text{--}31,1^\circ\text{C}$ ($Me = 27,15^\circ\text{C}$), на середине ската альвеолярного отростка с вестибулярной стороны (точка 3) — $24,3\text{--}31,1^\circ\text{C}$ ($Me = 27,15^\circ\text{C}$), по гребню альвеолярного отростка (точка 4) — $24,0\text{--}31,2^\circ\text{C}$ ($Me = 26,85^\circ\text{C}$). Для нижней челюсти эти значения составили: на середине ската альвеолярной части с небной стороны (точка 2) — $26,4\text{--}31,5^\circ\text{C}$ ($Me = 28,4^\circ\text{C}$), на середине ската альвеолярной части с вестибулярной стороны (точка 3) — $26,3\text{--}31,5^\circ\text{C}$ ($Me = 28,55^\circ\text{C}$), на гребне беззубой альвеолярной части (точка 4) — $26,3\text{--}31,5^\circ\text{C}$ ($Me = 28,55^\circ\text{C}$) (рисунок 62).

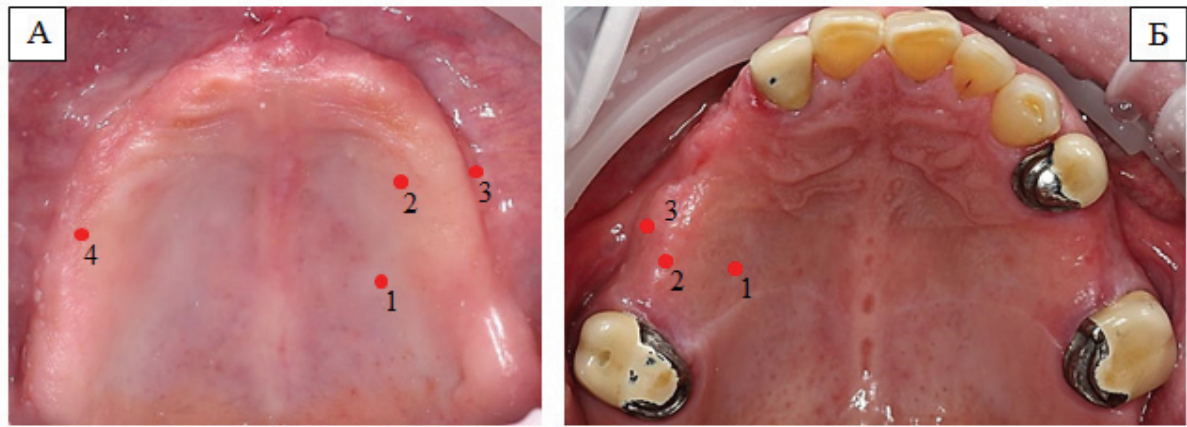


Рисунок 62 — Зоны проведения термометрии

А — зоны проведения термометрии на верхней беззубой челюсти;

Б — зоны проведения термометрии на верхней челюсти при частичной потере боковых зубов

У пациентов, протезирование которых проводилось с применением протезов, изготовленных по традиционной технологии (1 группа), значения инфракрасной термометрии слизистой оболочки протезного ложа для верхней челюсти имели следующие значения: в области отсутствующих первых моляров между швом неба и основанием альвеолярного отростка (точка 1) в пределах $31,5\text{--}32,9^\circ\text{C}$ ($Me = 32,3^\circ\text{C}$), на середине ската альвеолярного отростка с небной стороны (точка 2) — $31,3\text{--}33,2^\circ\text{C}$ ($Me = 32,25^\circ\text{C}$), на середине ската альвеолярного отростка с вестибулярной стороны (точка 3) — $31,3\text{--}33,2^\circ\text{C}$ ($Me = 32,3^\circ\text{C}$), на гребне альвеолярного отростка (точка 4) — $31,4\text{--}35,9^\circ\text{C}$ ($Me = 32,1^\circ\text{C}$). На нижней челюсти получены следующие результаты: на середине ската альвеолярной части с небной стороны (точка 2) — $32,0\text{--}33,5^\circ\text{C}$ ($Me = 32,9^\circ\text{C}$), на середине ската альвеолярной части с вестибулярной стороны (точка 3) — $32,1\text{--}33,4^\circ\text{C}$ ($Me = 32,8^\circ\text{C}$), на гребне альвеолярной части (точка 4) — $32,1\text{--}33,5^\circ\text{C}$ ($Me = 32,9^\circ\text{C}$).

У пациентов, протезирование которых проводилось съёмными протезами, изготовленными с применением цифровых технологий (2 группа), значения инфракрасной термометрии слизистой оболочки протезного ложа для верхней челюсти составили: в области отсутствующих первых моляров между швом неба и основанием альвеолярного отростка (точка 1) в пределах $27,9\text{--}31,8^\circ\text{C}$ ($Me = 30,2^\circ\text{C}$), на середине ската альвеолярного отростка с небной стороны (точка 2) — $27,8\text{--}$

31,9°C (Me = 30,8°C), на середине ската альвеолярного отростка с вестибулярной стороны (точка 3) — 27,8–31,8°C (Me = 30,8°C), на гребне альвеолярного отростка (точка 4) — 27,9–31,8°C (Me = 30,65°C). На нижней челюсти получены следующие результаты: на середине ската альвеолярной части с небной стороны (точка 2) — 28,7–31,9°C (Me = 30,6°C), на середине ската альвеолярной части с вестибулярной стороны (точка 3) — 28,7–31,8°C (Me = 30,6°C), на гребне беззубой альвеолярной части (точка 4) — 21,0–31,9°C (Me = 30,55°C).

Проверка соответствия нормальному распределению при помощи теста Шапиро — Уилка позволило сделать вывод, что распределение медианы результатов термометрии у пациентов контрольной группы и пользующихся съемными протезами, изготовленными с применением цифровых технологий, не соответствует нормальному с уровнем значимости $p < 0,05$ (таблица 77).

Таблица 77 — Результаты проверки соответствия выборки нормальному распределению для результатов термометрии слизистой оболочки протезного ложа под базисами съемных протезов

Группы	n	W	p
Контроль	72	0,93227	< 0,001
Традиционный метод	92	0,97549	0,080
Цифровой метод	76	0,91086	< 0,001

Исходя из этого, для дальнейшего анализа были применены непараметрические методы, а данные представляли с помощью описательных статистик (таблица 78). На рисунке 63 представлено распределение данных с помощью коробчатых графиков.

Таблица 78 — Описательные статистики распределения значений термометрии слизистой оболочки протезного ложа под базисами съемных протезов

Группа	n	Медиана	Минимум	Максимум	25-й процентиль	75-й процентиль
Контроль	72	28,2	26,5	30,2	26,6	29,1
Традиционный метод	92	32,5	31,9	33,1	32,2	32,65
Цифровой метод	76	30,38	28,00	31,70	30,09	31,25

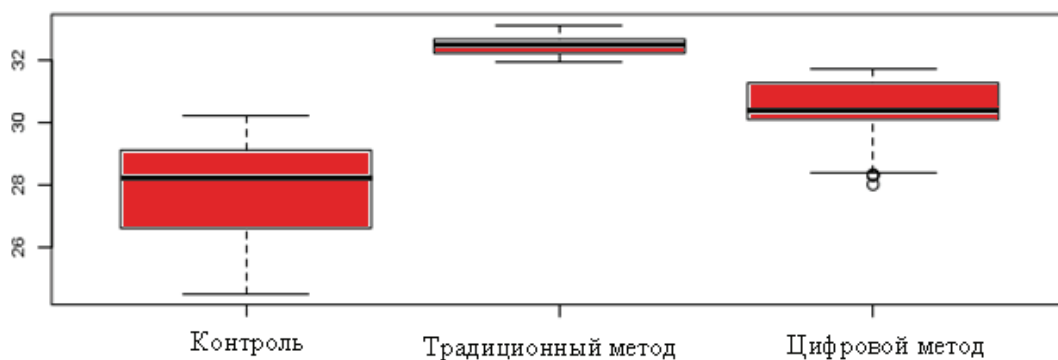


Рисунок 63 — Коробчатый график распределения значений термометрии слизистой оболочки протезного ложа под базами съемных протезов

В таблице 79 приведены значения Н-критерия Краскела — Уоллиса и соответствующие ему уровни значимости p для каждого признака для сравнения всех групп. В данном исследовании нулевая гипотеза отвергается на уровне статистической значимости $p < 0,0062$, так как при расчете критического уровня значимости была введена поправка Бонферрони для учета множественных сравнений: $0,0062 = 0,05 / 8$, где $0,05$ — общепринятое значение критического уровня значимости для одинарного сравнения в медико-биологических исследованиях, а 8 — число сравнений.

Таблица 79 — Н-критерия Краскела — Уоллиса и соответствующие ему уровни значимости p для каждого признака для сравнения всех групп

Челюсть	Зона	Н	p
Верхняя	Зона 1	88,207	<0,001***
	Зона 2	187,809	<0,001***
	Зона 3	187,285	<0,001***
	Зона 4	183,306	<0,001***
Нижняя	Зона 2	166,923	<0,001***
	Зона 3	167,387	<0,001***
	Зона 4	164,446	<0,001***
Медиана		200,054	<0,001***
Примечание. *** — наличие статистически значимого различия на уровне $p < 0,0062$.			

Из таблицы 79 видно, что результаты значений показателей термометрии у пациентов 3 групп различимы с уровнем значимости $p < 0,0062$. Далее проводи-

ли попарное сравнение всех групп. В таблицах 80–82 приведены значения критерия Манна — Уитни и соответствующие ему уровни значимости p для каждого признака для попарного сравнения групп.

Таблица 80 — Результаты попарного сравнения контрольной группы с группой пациентов, протезирование которых проводилось с применением традиционных технологий

Челюсть	Зона	Н	p
Верхняя	Зона 1	0	<0,001***
	Зона 2	0	<0,001***
	Зона 3	0	<0,001***
	Зона 4	0	<0,001***
Нижняя	Зона 2	0	<0,001***
Нижняя	Зона 3	0	<0,001***
	Зона 4	0	<0,001***
Медиана		0	<0,001***
Примечание. *** — наличие статистически значимого различия на уровне $p < 0,0021$.			

Таблица 81 — Результаты попарного сравнения контрольной группы с группой пациентов, протезирование которых проводилось с применением цифровых технологий

Челюсть	Зона	Н	p
Верхняя	Зона 1	357,5	<0,001***
	Зона 2	593,5	<0,001***
	Зона 3	568,0	<0,001***
	Зона 4	604,0	<0,001***
Нижняя	Зона 2	613,5	<0,001***
	Зона 3	599,0	<0,001***
	Зона 4	700,5	<0,001***
Медиана		406,0	<0,001***
Примечание. *** — наличие статистически значимого различия на уровне $p < 0,0021$.			

Таблица 82 — Результаты попарного сравнения групп пациентов, протезирование которых проводилось с применением цифровых и традиционных технологий

Челюсть	Зона	Н	р
Верхняя	Зона 1	1010,5	<0,001***
	Зона 2	6896,5	<0,001***
Верхняя	Зона 3	6866,5	<0,001***
	Зона 4	6784,0	<0,001***
Нижняя	Зона 2	4896,0	<0,001***
	Зона 3	4896,0	<0,001***
	Зона 4	4896,0	<0,001***
Медиана		6992,0	<0,001***
Примечание. *** — наличие статистически значимого различия на уровне $p < 0,0021$.			

Термограммы протезного ложа пациентов, пользующихся съемными протезами, изготовленными разными методами представлены на рисунке 64.

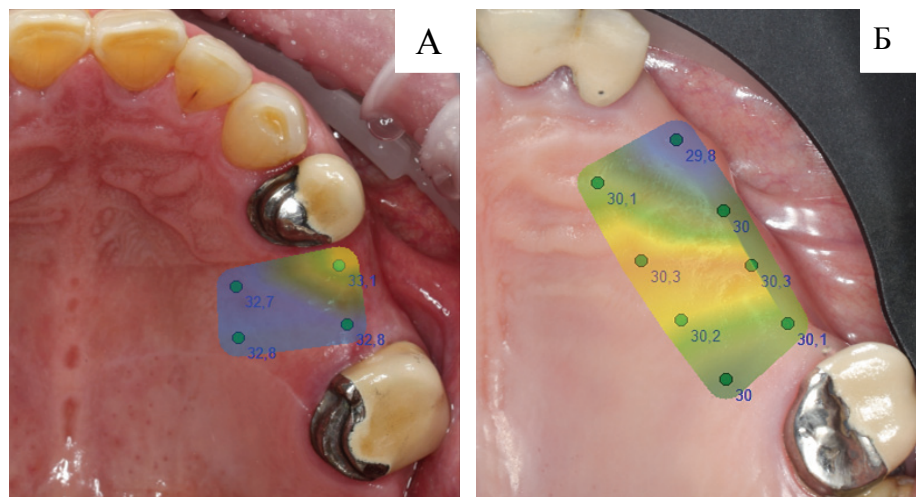


Рисунок 64 — Термограммы протезного ложа пациентов, пользующихся частичными съемными протезами, изготовленными:
А — по традиционному методу; Б — с помощью цифрового метода

В данном исследовании нулевая гипотеза отвергается на уровне статистической значимости $p < 0,0021$, т.е. вероятность ошибочного признания различий значимыми меньше 0,0021. При расчете критического уровня значимости была введена

поправка Бонферрони для учета множественных сравнений: $0,0021 = 0,05 / 24$, где 0,05 — общепринятое значение критического уровня значимости для одинарного сравнения в медико-биологических исследованиях, а 24 — число сравнений.

Результаты проведенного исследования показали, что наиболее высокие показатели инфракрасной термометрии протезного ложа беззубого альвеолярного отростка и свода неба в сравнении с контрольной группой были выявлены у пациентов с частичной и полной потерей зубов, которые пользовались съемными протезами ($p < 0,0021$). При этом было установлено, что у пациентов, пользующихся съемными протезами, изготовленными традиционным методом, показатели термометрии были выше в сравнении с пациентами, которые пользовались протезами, изготовленными с применением цифровых технологий ($p < 0,0021$).

Таким образом, проведение инфракрасной термометрии позволило получить достоверные различия и определить границы воспалительной реакции слизистой оболочки протезного ложа под съемными протезами, изготовленными с применением традиционных и цифровых технологий ($p < 0,0021$) и установить, что применение съемных протезов, изготовленных с применением цифровых технологий, позволяет существенно снизить воспалительную реакцию слизистой оболочки на воздействие базиса съемного протеза. Однако эта реакция полностью не исчезает, что свидетельствует о частичном сохранении побочного действия базисов съемных протезов на ткани протезного ложа, обусловленного необычным способом передачи жевательного давления на ткани протезного ложа.

3.2.11 Результаты разработки методики оценки точности установки имплантатов

Основываясь на базовых принципах разработки методики оценки точности установки имплантатов с использованием навигационных хирургических шаблонов, изготовленных с применением цифровых технологий, изложенных в главе «Материалы и методы исследования» нами была разработана компьютерная программа [свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2021665044 от 17.09.2021, приложение Г], в которой совмещали изображения за-

планированного положения имплантатов с фактически установленным во время операции и измеряли линейные отклонения в области апикальной и корональной части имплантата и угловые отклонения в сагиттальной плоскости между их длинными осями (рисунок 65).

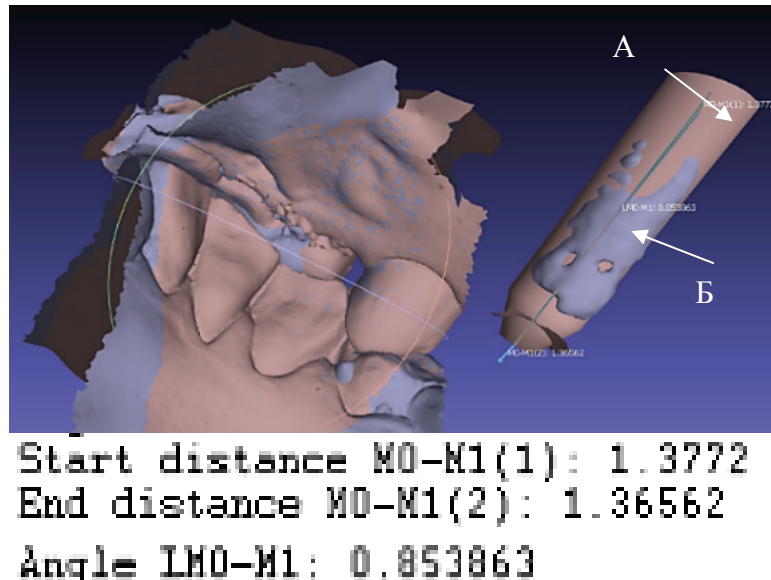


Рисунок 65 — Рабочее окно компьютерной программы по измерению линейных и угловых отклонений между длинными осями имплантатов:

Angle LM0-M1 — угол между длинными осями запланированного положения имплантата и установленного имплантата равен 0,854 градусов.

Distance M0-M1(1) — линейное отклонение в области апикальной части имплантата составляет 1,3772 мм,

Distance M0-M1(2) — линейное отклонение в области корональной части имплантата составляет 1,36562 мм;

А — цифровое изображение запланированного положения имплантатов;

Б — цифровое изображение положения имплантата после проведения операции дентальной имплантации

Алгоритм цифровой методики проверки точности установки дентальных имплантатов представлен на рисунке 66.

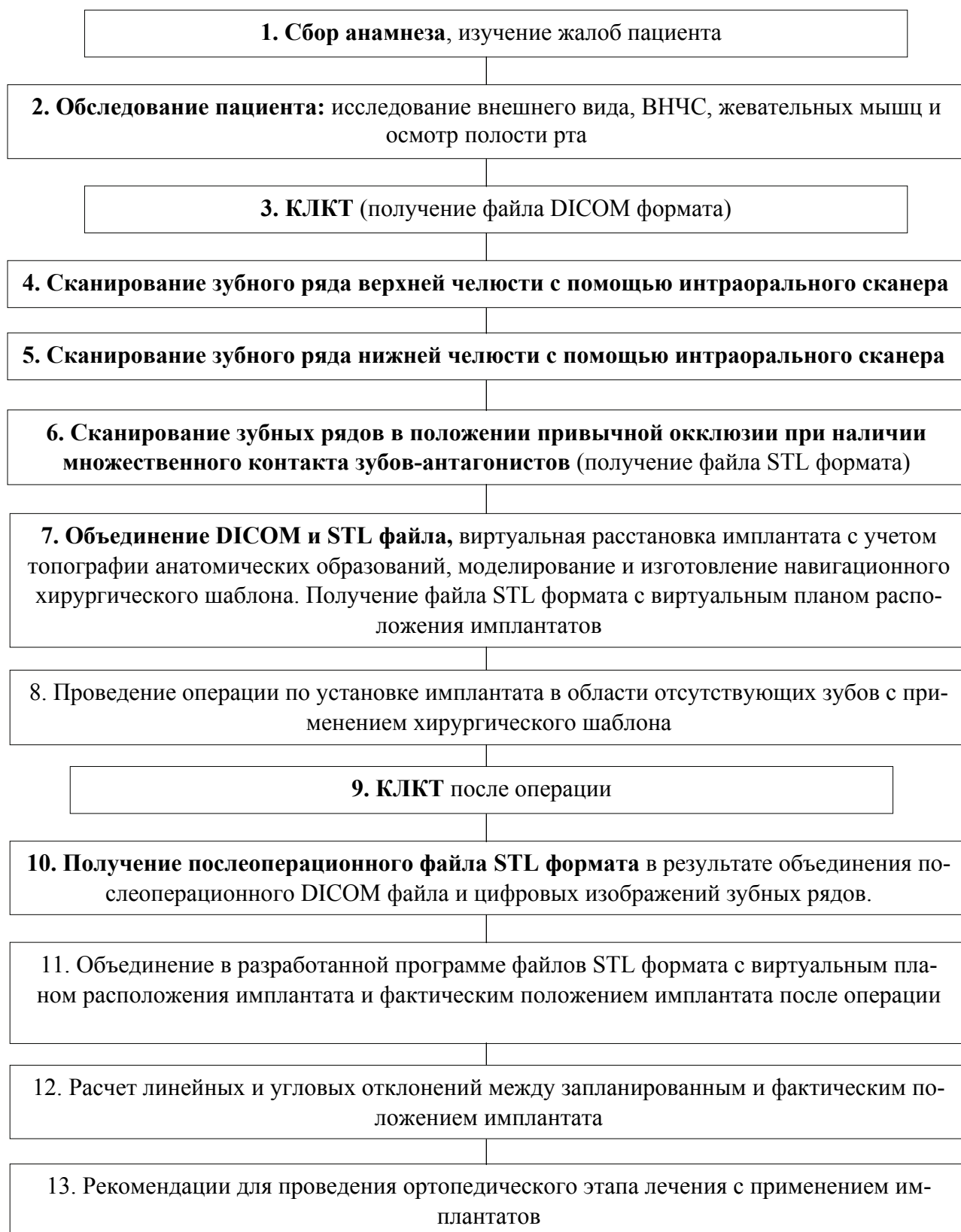


Рисунок 66 — Алгоритм цифровой методики проверки точности установки дентальных имплантатов

Применение предложенной методики позволяет на основе анализа выявленных угловых и линейных отклонений в положении имплантатов дать рекомендации по выбору абатментов для проведения ортопедического этапа лечения.

Для подтверждения эффективности предложенной нами методики было проведено исследование, в котором приняли участие 11 пациентов (5 мужчин и 6 женщин) с частичной потерей зубов в возрасте от 33 до 56 лет, протезирование которых осуществлялось с опорой на имплантаты, установленных с применением навигационных хирургических шаблонов, изготовленных аддитивным методом. Всего было установлено 15 имплантатов, 4 на верхней челюсти и 11 на нижней.

На первом этапе проводили конусно-лучевую компьютерную томографию на рентгеновском аппарате Gendex cb 500 и с помощью внутриротового сканера получали цифровые изображения зубных рядов пациентов. В компьютерной программе 3Diagnosys (3DIEMME, Италия) совмещали КЛКТ и цифровые изображения зубных рядов, а затем осуществляли виртуальную расстановку имплантатов с учетом топографии анатомических образований (верхнечелюстная пазуха и нижнечелюстной канал), толщины альвеолярного отростка (альвеолярной части) и формы будущей ортопедической конструкции (рисунок 67). В компьютерную программу PlastyCad загружали stl-файл плана расстановки имплантатов и проводили моделирование хирургического шаблона (рисунок 68).

С помощью 3D-принтера из фотополимерного материала Freeprint splint (Detax) изготавливали навигационные хирургические шаблоны с опорой на зубы.

На втором этапе исследования проводили операцию по установке имплантатов в области отсутствующих зубов с применением хирургического шаблона, навигационных хирургических фрез и физиодиспенсера SurgicPro (NSK, Япония) согласно хирургического протокола. После установки имплантатов проводили конусно-лучевую компьютерную томографию и определяли линейные и угловые отклонения в положении имплантатов.

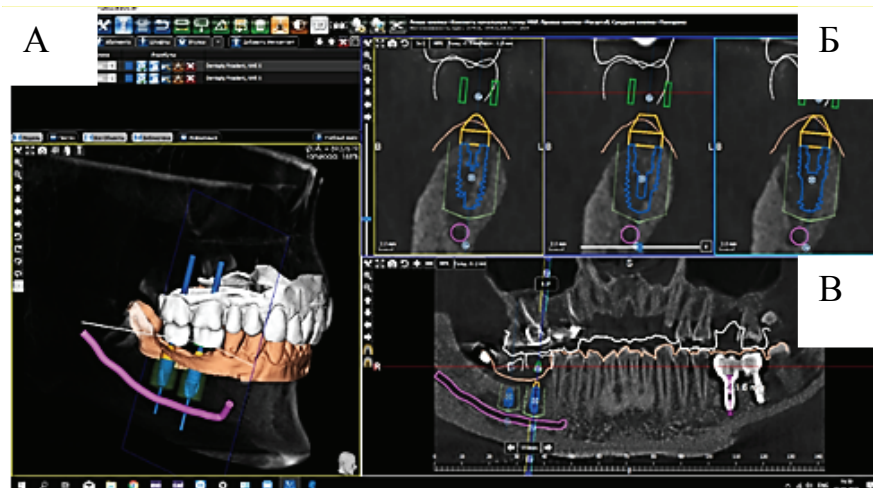


Рисунок 67 — Рабочее окно компьютерной программы 3Diagnosis с виртуальной расстановкой имплантатов с учетом топографии анатомических образований, толщины альвеолярного отростка и формы будущей ортопедической конструкции:

А — изображение челюстей пациента в режиме 3D;

Б — разрез КЛКТ в области планируемого положения имплантатов в сагиттальном направлении;

В — ортопантомограмма

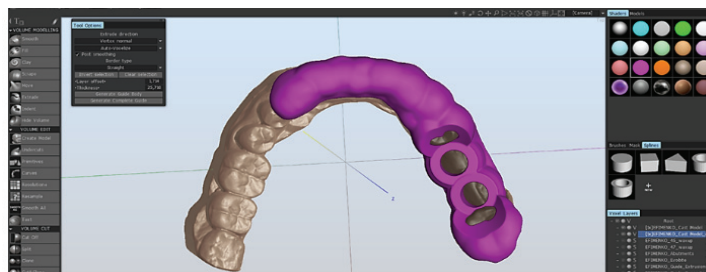


Рисунок 68 — Рабочее окно компьютерной программы PlastyCad

Статистический анализ полученных результатов проводили в программной среде R. При использовании коэффициента ранговой корреляции условно оценивали тесноту связи между признаками, считая значения коэффициента равные 0,3 и менее показателями слабой тесноты связи; значения более 0,3, но менее 0,7 — показателями умеренной тесноты связи, а значения 0,7 и более — показателями высокой тесноты связи. Более точно статистическую значимость связи оценивают по уровням значимости, т.е. вероятностям ошибочного признания наличия связи.

В таблице 83 представлены результаты проверки соответствия выборки нормальному распределению, которую проводили при помощи теста Шапиро — Уилка.

Таблица 83 — Результаты проверки соответствия выборки нормальному распределению

Признак	W	p
Линейные отклонения в области верхушки имплантата	0,89566	0,082
Линейные отклонения в области основания имплантата	0,87895	0,046
Угловые отклонения между длинными осями имплантатов	0,93833	0,362

Из таблицы 83 видно, что распределение значений признака «Линейные отклонения в области основания имплантата» не соответствует нормальному с уровнем значимости $p < 0,05$.

Описательная статистика результатов изучения линейных и угловых отклонений между данными виртуального планирования установки имплантата и результатами хирургического вмешательства представлена в таблице 84.

Таблица 84 — Описательная статистика, $n = 15$

Описательная статистика	Линейные отклонения в области апикальной части имплантата	Линейные отклонения в области корональной части имплантата	Угловые отклонения между средними осями имплантатов
Среднее \pm стандартное отклонение	1,713 \pm 0,7506	1,499 \pm 0,9248	4,453 \pm 2,554
Медиана	1,38	1,35	3,57
Минимум	0,77	0,42	0,85
Максимум	3,15	3,78	8,74
25-й процентиль	1,25	0,95	2,485
75-й процентиль	2,175	1,75	6,675
Стандартная ошибка среднего	0,1938	0,2388	0,6593

Таким образом, у всех 15 пациентов обнаружены отклонения в положении имплантатов после операции, что свидетельствует о существовании определенных погрешностей в методике применения навигационной хирургии, которые связаны с точностью применяемого цифрового оборудования для создания хирургических шаблонов. Для безопасной установки имплантатов с применением навигационных шаблонов без повреждения анатомических структур (верхнечелюстная пазуха, нижнечелюстной альвеолярный нерв, корни зубов) значения линейных и угловых отклонений между запланированным и фактическим положением имплантата должны быть минимальными.

Незначительную коррекцию для достижения оптимальной адаптации провели 4 хирургическим шаблонам. В 100 % хирургические шаблоны были стабильны, т.е. абсолютно неподвижны на всех этапах операции. В ближайшие и отдаленные сроки после операции в 100 % случаев отсутствовали какие-либо осложнения на всем периоде наблюдения. Через 1 год после установки всех 15 имплантатов пациенты жалоб не предъявляли, при обследовании зоны имплантации изменений в их функционировании не обнаружено, а выживаемость составила 100 %.

При анализе полученных результатов было установлено, что угловые и линейные отклонения имплантатов коррелируют. В таблице 85 представлены значения коэффициента корреляции признаков линейных и угловых отклонений между запланированным и фактическим положением имплантатов.

Таблица 85 — Коэффициенты корреляции признаков по объединенной совокупности пациентов

—	Линейные отклонения в области верхушки имплантата	Линейные отклонения в области основания имплантата
Линейные отклонения в области основания имплантата	0,62 (p=0,014)	—
Угловые отклонения между срединными осями имплантатов	0,62 (p=0,013)	0,26 (p=0,354)

Таким образом, предложенные нами методика и программа для ЭВМ позволяют оценивать точность установки дентальных имплантатов путем измерения линейных и угловых отклонений между запланированным и фактическим положением их после операции. Так у всех обследованных нами 11 пациентов обнаружены отклонения в положении имплантатов после операции, в среднем же угловое отклонение составило $4,453 \pm 2,554^\circ$, линейное отклонение в области апикальной части имплантата — $1,713 \pm 0,7506$ мм, в области корональной части имплантата — $1,499 \pm 0,9248$ мм.

3.2.12 Результаты сочетанного применения цифровых персонифицированных методик ортопедического лечения и технологии изготовления протезов при ортопедическом лечении пациентов с дентальными дефектами, частичной и полной потерей зубов

3.2.12.1 Результаты сочетанного применения индекса потери окклюзионных контактов и цифровых технологий получения изображений зубных рядов

Для оценки результатов сочетанного применения индекса потери окклюзионных контактов зубных рядов и цифровых технологий получения изображений зубных рядов проведено специальное исследование, в котором приняли участие 33 пациента (17 мужчин и 16 женщин) с дефектами твердых тканей и частичной потерей зубов в возрасте от 32 до 68 лет. Пациенты были разделены на 2 группы. Первую составили 15 пациентов (9 мужчин и 6 женщин), которым предварительный анализ состояния окклюзии и планирование ортопедического лечения проводилось традиционным способом: регистрировали окклюзионные контакты зубов с применением артикуляционной бумаги, получали оттиски зубных рядов, по которым изготавливали гипсовые модели и анализировали состояние окклюзии.

Вторую группу составили 18 пациентов (8 мужчин и 10 женщин), которым предварительный анализ состояния окклюзии и планирование ортопедического ле-

чения проводилось с применением цифровой технологии получения внутривидеовидеозаписей зубных рядов и расчета индекса потери окклюзионных контактов.

Для оценки результатов сочетанного применения цифровой технологии получения внутривидеовидеозаписей зубных рядов и расчета индекса потери окклюзионных контактов проводили балльную оценку критериев, представленных в таблице 86, при этом максимальный балл составлял 5, а минимальный 0 с шагом в 1 балл. Для достижения наиболее точных результатов оценку проводили 3 независимых врача-эксперта.

Таблица 86 — Результаты сочетанного применения цифровой технологии получения внутривидеовидеозаписей зубных рядов и расчета индекса потери окклюзионных контактов

№	Критерии	Группы	Результаты балльной оценки**							
			0	1	2	3	4	5	Всего	p
1	Степень визуализации окклюзионных контактов*	1-я группа (традиционный метод)	0	0	0	5	8	2	57	0,0005
		2-я группа (цифровой сочетанный метод)	0	0	0	0	0	18	90	
2	Оценка точности определения состояния окклюзии*	1-я группа (традиционный метод)	0	0	0	3	8	4	61	0,001
		2-я группа (цифровой сочетанный метод)	0	0	0	0	3	15	87	
3	Степень детализации рекомендаций по выбору методов коррекции окклюзии*	1-я группа (традиционный метод)	0	0	0	2	7	6	64	0,01
		2-я группа (цифровой сочетанный метод)	0	0	0	0	2	16	88	
4	Оценка пациентом сложности метода проведения анализа окклюзии	1-я группа (традиционный метод)	0	0	0	9	5	1	52	0,137
		2-я группа (цифровой сочетанный метод)	0	0	0	2	7	6	64	
Примечание: * — различия статистически значимы по критерию Фишера на уровне $p < 0,0125$; ** — приведены средние баллы после оценки предложенных критериев 3-мя врачами-экспертами.										

Для статистического анализа полученных результатов применяли точный тест Фишера. В данном исследовании при сравнении двух групп нулевая гипотеза отвергается на уровне статистической значимости $p < 0,0125$, т.к. при расчете критического уровня значимости была введена поправка Бонферрони для учета множественных сравнений: $0,0125 = 0,05 / 4$, где 0,05 — общепринятое значение критического уровня значимости для одинарного сравнения в медико-биологических исследованиях, а 4 — число сравнений.

Общее количество баллов после оценки у 15 пациентов, проведенного предварительного анализа окклюзии и планирования ортопедического лечения традиционным способом, составило 234, а после оценки у 18 пациентов сочетанного применения индекса потери окклюзионных контактов и цифровой технологии получения изображений зубных рядов — 329 баллов.

Благодаря высокой информативности и наглядности получаемых цифровых изображений зубных рядов с помощью внутриротового сканера степень визуализации окклюзионных контактов была достоверно наибольшей в сравнении с традиционным методом анализа окклюзионных контактов с помощью артикуляционной бумаги ($p < 0,0125$), а сочетанное применение индекса потери окклюзионных контактов и цифровых оттисков дало возможность быстро и в доступной форме показать пациентам обоснованность и прогноз выбранного метода коррекции окклюзии.

Результаты балльной оценки точности определения состояния окклюзии у пациентов 2-й группы были выше в сравнении с 1-й ($p < 0,0125$). При этом не было выявлено статистических различий в результатах балльной оценки пациентами сложности метода проведения анализа окклюзии.

Таким образом, методика сочетанного применения цифровых технологий получения изображений зубных рядов и индекса потери окклюзионных контактов зубных рядов существенно повышает эффективность предварительного анализа состояния окклюзии и способствует повышению качества планирования ортопедического лечения.

3.2.12.2 Результаты сочетанного применения методики коррекции окклюзионных контактов и цифровой технологии получения изображений зубных рядов

Для оценки результатов сочетанного применения методики коррекции окклюзионных контактов и цифровой технологии получения изображений зубных рядов проведено специальное исследование, в котором приняли участие 35 пациентов (19 мужчин и 16 женщин) в возрасте от 29 до 42 лет, нуждающихся в проведении окклюзионной коррекции с помощью избирательного пришлифовывания зубов.

Пациенты были распределены на 2 группы. Первую составили 18 пациентов (10 мужчин и 8 женщин), избирательное пришлифовывание которым проводилось традиционным способом: регистрировали окклюзионные контакты зубов с применением артикуляционной бумаги и устраняли выявленные суперконтакты.

Вторую группу составили 17 пациентов (9 мужчин и 8 женщин), избирательное пришлифовывание которым проводилось по предложенной нами методике.

Для оценки результатов сочетанного применения методики коррекции окклюзионных контактов и цифровой технологии получения изображений зубных рядов проводили балльную оценку критериев, представленных в таблице 87, при этом максимальный балл составлял 5, а минимальный 0, с шагом в 1 балл. Для достижения наиболее точных результатов оценку проводили 3 независимых врача-эксперта.

Для статистического анализа полученных результатов применяли точный тест Фишера. В данном исследовании при сравнении двух групп нулевая гипотеза отвергается на уровне статистической значимости $p < 0,01$, т.к. при расчете критического уровня значимости была введена поправка Бонферрони для учета множественных сравнений: $0,01 = 0,05 / 5$, где 0,05 — общепринятое значение критического уровня значимости для одинарного сравнения в медико-биологических исследованиях, а 5 — число сравнений.

Таблица 87 — Результаты сочетанного применения методики коррекции окклюзионных контактов и цифровой технологии получения изображений зубных рядов

№	Критерии	Группы	Результаты балльной оценки**							
			0	1	2	3	4	5	все-го	p
1	Степень визуализации окклюзионных контактов*	1-я группа (традиционный метод)	0	0	0	5	8	5	72	0,0005
		2-я группа (цифровой сочетанный метод)	0	0	0	0	0	17	85	
2	Оценка точности определения состояния окклюзии*	1-я группа (традиционный метод)	0	0	0	4	8	6	74	0,0055
		2-я группа (цифровой сочетанный метод)	0	0	0	0	3	14	82	
3	Отзыв пациента о влиянии выбранного метода коррекции окклюзии на улучшение функции жевания	1-я группа (традиционный метод)	0	0	0	3	7	8	77	0,0965
		2-я группа (цифровой сочетанный метод)	0	0	0	0	4	13	81	
4	Степень восприятия пациентами задачи коррекции окклюзии*	1-я группа (традиционный метод)	0	0	0	8	7	3	67	0,0005
		2-я группа (цифровой сочетанный метод)	0	0	0	0	0	17	85	
			1-я группа			2-я группа				
5	Наличие признаков дискомфорта после коррекции окклюзии	нет	10			13			0,295	
		слабо выражены	8			4				
		выраженное ощущение дискомфорта	0			0				
Примечание. * — различия статистически значимы по критерию Фишера на уровне $p < 0,01$; ** — приведены средние баллы после оценки предложенных критериев 3-мя врачами-экспертами.										

После проведенного традиционным способом избирательного пришлифывания зубов общее количество баллов у 18 пациентов составило 290, а после оценки у 17 пациентов проведенного по предложенной нами методике избирательного пришлифывания — 333 баллов.

Благодаря высокой информативности и наглядности получаемых цифровых изображений зубных рядов с помощью внутриротового сканера степень визуализации окклюзионных контактов была наибольшей в сравнении с традиционным методом анализа окклюзионных контактов с помощью артикуляционной бумаги ($p < 0,01$).

Сочетанное применение предложенной нами методики коррекции окклюзионных контактов и цифровых оттисков дало возможность быстро и в доступной форме показать пациентам обоснованность проведения избирательного пришлифовывания зубов. Степень же восприятия пациентами задачи коррекции окклюзии по результатам балльной оценки была больше при проведении избирательного пришлифовывания по предложенной нами сочетанной методике ($p < 0,01$).

Результаты балльной оценки точности определения состояния окклюзии у пациентов 2-й группы были выше в сравнении с 1-й группой ($p < 0,01$). Однако при этом не было выявлено статистических различий в результатах балльной оценки пациентами влияния выбранного метода коррекции окклюзии на улучшение функции жевания.

Таким образом, сочетанное применение методики коррекции окклюзионных контактов и цифровой технологии получения изображений зубных рядов существенно повышает эффективность проведения избирательного пришлифовывания зубов.

3.2.12.3 Результаты сочетанного применения методики определения показаний и цифровой технологии изготовления мостовидных протезов

Для оценки результатов сочетанного применения методики определения показаний и цифровой технологии изготовления мостовидных протезов было проведено обследование 30-ти пациентов (20 мужчин и 10 женщин) в возрасте от 32 до 68 лет. Пациенты были распределены на 2 группы.

Первую составили 14 пациентов (9 мужчин и 5 женщин) в возрасте от 35 до 65 лет, у которых ортопедическое лечение при частичной потере зубов проводилось с применением 14 металлокерамических мостовидных протезов на каркасах из КХС, изготовленных по традиционной технологии литья.

Вторую группу составили 16 пациентов (11 мужчин и 5 женщин) в возрасте от 32 до 68 лет, ортопедическое лечение которых проводилось с применением цифровой методики определения показаний и цифровой технологии изготовления 6 мостовидных протезов на титановых каркасах и 10 цельнокерамических на каркасах из диоксида циркония.

Для оценки полученных результатов применяли балльную оценку критериев, представленных в таблице 88, при этом максимальный балл составлял 5, а минимальный 0, с шагом в 1 балл. Для достижения наиболее точных результатов оценку проводили 3 независимых врача-эксперта.

Для статистического анализа полученных результатов применяли точный тест Фишера. В данном исследовании при сравнении двух групп нулевая гипотеза отвергается на уровне статистической значимости $p < 0,00714$, т.к. при расчете критического уровня значимости была введена поправка Бонферрони для учета множественных сравнений: $0,00714 = 0,05 / 7$, где 0,05 — общепринятое значение критического уровня значимости для одинарного сравнения в медико-биологических исследованиях, а 7 — число сравнений.

Общее количество баллов после оценки у 14 пациентов 14 металлокерамических мостовидных протезов на каркасах из КХС, изготовленных по традиционной технологии, составило 369 баллов, а после оценки у 16 пациентов 6 мостовидных протезов на титановых каркасах и 10 цельнокерамических на каркасах из диоксида циркония, изготовленных по цифровой технологии, составило 556 баллов.

Применение автоматизированного расчета коэффициентов выносливости пародонта опорных зубов с учетом персонифицированных показателей было использовано только при сочетанном применении методики определения показаний и цифровой технологии изготовления мостовидных протезов. При этом точность определения показаний к применению мостовидных протезов при применении цифровых технологий была оценена как достоверно наибольшая в сравнении с традиционным методом ($p < 0,00714$).

Таблица 88 — Результаты сочетанного применения методики определения показаний и цифровой технологии изготовления мостовидных протезов

№	Критерии	Группы	Результаты балльной оценки**							
			0	1	2	3	4	5	все го	p
1	Возможность применения автоматизированного расчета коэффициентов выносливости пародонта опорных зубов с учетом персонифицированных показателей*	1-я группа (традиционный метод)	14	0	0	0	0	0	0	0,0005
		2-я группа (цифровой сочетанный метод)	0	0	0	0	0	16	80	
2	Точность определения показаний к применению мостовидных протезов*	1-я группа (традиционный метод)	0	0	0	3	4	7	60	0,002
		2-я группа (цифровой сочетанный метод)	0	0	0	0	0	16	80	
3	Оценка пациентами целесообразности применения мостовидных протезов в данной клинической ситуации*	1-я группа (традиционный метод)	0	0	0	2	4	8	62	0,0045
		2-я группа (цифровой сочетанный метод)	0	0	0	0	0	16	80	
4	Оценка пациентами степени комфорта при проведении клинических приемов ортопедического лечения*	1-я группа (традиционный метод)	0	0	0	6	7	1	51	0,0005
		2-я группа (цифровой сочетанный метод)	0	0	0	0	0	16	80	
5	Оценка качества готового протеза	1-я группа (традиционный метод)	0	0	0	0	6	8	64	0,102
		2-я группа (цифровой сочетанный метод)	0	0	0	0	2	14	78	
6	Оценка пациентом готового протеза сразу после его наложения	1-я группа (традиционный метод)	0	0	0	0	6	8	64	0,103
		2-я группа (цифровой сочетанный метод)	0	0	0	0	2	14	78	0,103
7	Оценка пациентом протеза в процессе пользования	1-я группа (традиционный метод)	0	0	0	0	2	12	68	0,212
		2-я группа (цифровой сочетанный метод)	0	0	0	0	0	16	80	

Примечание. * — различия статистически значимы по критерию Фишера на уровне $p < 0,00714$; ** — приведены средние баллы после оценки предложенных критериев 3-мя врачами-экспертами.

Благодаря высокой информативности и наглядности разработанной программы для ЭВМ «Цифровая методика определения показаний к применению мостовидных протезов», в сравнении с традиционным методом планирования ортопедического лечения, была получена возможность быстро и в доступной форме показать пациентам обоснованность и целесообразность применения мостовидных протезов.

Оценка пациентами степени комфорта при проведении клинических приемов ортопедического лечения с применением цифровых технологий была достоверно существенно больше в сравнении с традиционной технологией изготовления мостовидных протезов ($p < 0,00714$). На наш взгляд, это связано с применением внутриротового метода получения цифровых изображений зубных рядов взамен традиционным методам получения оттисков с использованием слепочных ложек и оттискных материалов.

Результаты балльной оценки качества готового мостовидного протеза, изготовленного с применением CAD/CAM системы, также были выше в сравнении с традиционным методом, что обусловлено отсутствием необходимости проведения трудоемкой коррекции каркаса мостовидного протеза.

Результаты балльной оценки пациентом готового мостовидного протеза, изготовленного с применением цифровых технологий, сразу после его наложения и в процессе пользования, были выше в сравнении с традиционным методом.

Таким образом, сочетанное применение методики определения показаний и цифровой технологии изготовления мостовидных протезов существенно повышает эффективность ортопедического лечения пациентов с частичной потерей зубов.

В качестве примера сочетанного применения методики определения показаний и цифровой технологии изготовления мостовидных протезов приводим выписку из медицинской карты стоматологического больного № 687 пациента А., 55 лет, обратившегося в нашу клинику с жалобами на отсутствие зубов в боковых отделах верхней и нижней челюстей (рисунок 69).

Объективно: конфигурация лица не изменена, кожные покровы чистые, физиологической окраски, регионарные лимфатические узлы не пальпируются. При открывании рта движение головок нижней челюсти плавное, симметричное, синхронное, без хруста и щелчков. Пальпация ВНЧС безболезненная. Прикус —

фиксированный, ортогнатический. Слизистая оболочка полости рта бледно-розового цвета, умеренно увлажнена, без видимых патологических изменений. На верхней челюсти имеется двусторонний включенный дефект, ограниченный справа 1.4, 1.7, слева 2.3, 2.5, 2.7. На нижней челюсти имеется двусторонний включенный дефект, ограниченный справа 4.5, 4.7, слева 3.5, 3.7. Зубы 1.4, 1.7, 2.3, 2.5, 2.7, 4.5, 4.7, 3.5, 3.7 — лечены по поводу осложненного кариеса, пломба из композиционного материала занимает 1/3 мезиально-окклюзионной поверхности, краевое прилегание не нарушено, перкуссия безболезненная, корневые каналы запломбированы плотно, равномерно, до физиологических верхушек, в корневых каналах зафиксированы стекловолоконные штифты, в периапикальных тканях видимых патологических изменений нет. 1.5, 1.6, 2.4, 2.6, 3.6, 4.6 удалены более 5 лет назад. В области дефекта выявляется умеренная атрофия альвеолярного отростка.

Диагноз: Частичная потеря зубов на верхней челюсти (двусторонний включенный дефект в боковом отделе, K08.1), частичная потеря зубов на нижней челюсти (двусторонний включенный дефект в боковом отделе, K08.1).



Рисунок 69 — Внутриротовые фотографии:

А — зубной ряд верхней челюсти (вид сверху);

Б — зубной ряд нижней челюсти (вид сверху);

В — вид смыкания зубных рядов справа;

Г — вид смыкания зубных рядов слева

От установки имплантатов в области отсутствующих зубов на нижней и верхней челюсти пациент отказался. Поэтому был предложен следующий план подготовки и лечения.

1. План подготовки полости рта к ортопедическому лечению:
 - а) применение цифровой методики определения показаний к применению мостовидных протезов в данном клиническом случае;
 - б) профессиональная гигиена полости рта;
 - в) санация полости рта.
2. План ортопедического лечения:
 - а) протезировать верхнюю челюсть цельнокерамическими мостовидными протезами с опорой на 1.4, 1.7 и 2.3, 2.5, 2.7;
 - б) протезировать нижнюю челюсть цельнокерамическими мостовидными протезами с опорой на 4.5, 4.7 и 3.5, 3.7.

Лечение больного было осуществлено в следующей последовательности:

1 клинический прием. Осмотр, консультация. Анализ конусно-лучевой компьютерной томограммы. Составление плана ортопедического лечения. Автоматизированный расчет коэффициентов выносливости пародонта всех опорных зубов показал обоснованность применения мостовидных протезов в данном клиническом случае. В качестве примера приводим результаты планирования мостовидного протеза с опорой на 4.5, 4.7 с помощью программы для ЭВМ «Цифровая методика определения показаний к применению мостовидных протезов» (методика представлена в главе 3.2.3 «Результаты разработки алгоритма персонифицированной методики определения показаний для применения мостовидных протезов» на стр. 157) (рисунок 70). После полученного подтверждения возможности применения мостовидных протезов у данного пациента были сняты оттиски с верхней и нижней челюсти альгинатным материалом Кроморан для изготовления диагностических моделей.

2 клинический прием. Препарирование, шлифование, полирование 1.4, 1.7, 2.3, 2.5, 2.7, 4.5, 4.7, 3.5, 3.7. Изготовление временных мостовидных протезов на верхней челюсти с опорой на 1.4, 1.7 и 2.3, 2.5, 2.7, на нижней челюсти с опорой

на 4.5, 4.7 и 3.5, 3.7 клиническим способом по силиконовому ключу (Titanium, Zhermack) из композитной пластмассы ProTemp 4 (3M Espe), фиксация временных мостовидных протезов TempBondNE (Kerr).

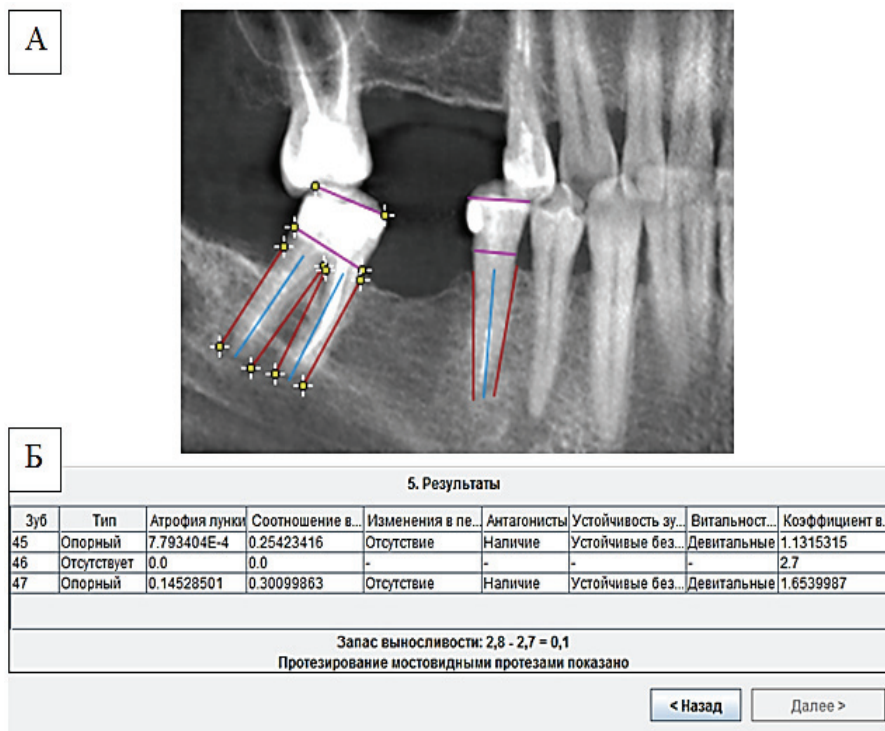


Рисунок 70 — Рабочее окно программы для ЭВМ «Цифровая методика определения показаний к применению мостовидных протезов»

А — разметка опорных зубов 4.5, 4.7 на рентгенограмме;

Б — экранное представление результатов расчета коэффициентов выносливости пародонта опорных зубов

3 клинический прием. Проведение ретракции десневого края по методике двух нитей в области зубов 1.4, 1.7, 2.3, 2.5, 2.7, 4.5, 4.7, 3.5, 3.7. Получение цифровых изображений верхнего и нижнего зубных рядов (рисунок 71) с помощью внутриротового сканера iTero (Cadent) для изготовления циркониевых каркасов мостовидных протезов субтрактивным методом из оксида циркония Arctica ZS-Blank в фрезерно-шлифовальном станке KaVo Arctica (Германия) и моделей челюстей из фотополимерного материала Freeprint model UV (DETAX, Германия) с помощью 3D-принтера Asiga Max UV (Австралия) (рисунок 72).

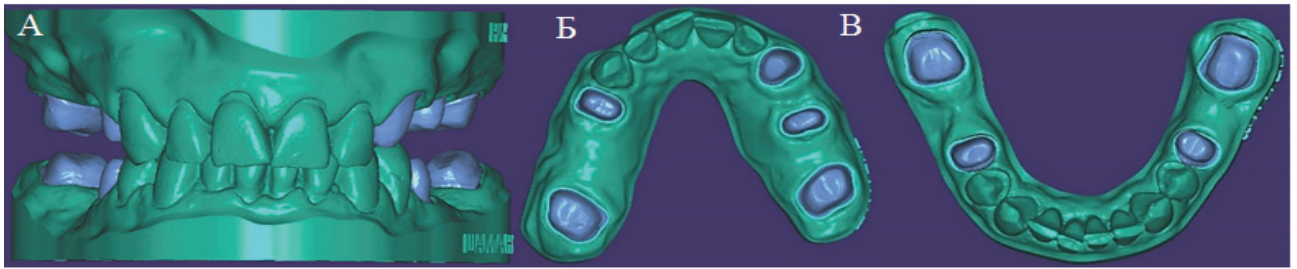


Рисунок 71 — Цифровые изображения зубных рядов, полученные с помощью внутриротового сканера:

- А — зубные ряды в центральной окклюзии;
- Б — зубной ряд верхней челюсти;
- В — зубной ряд нижней челюсти

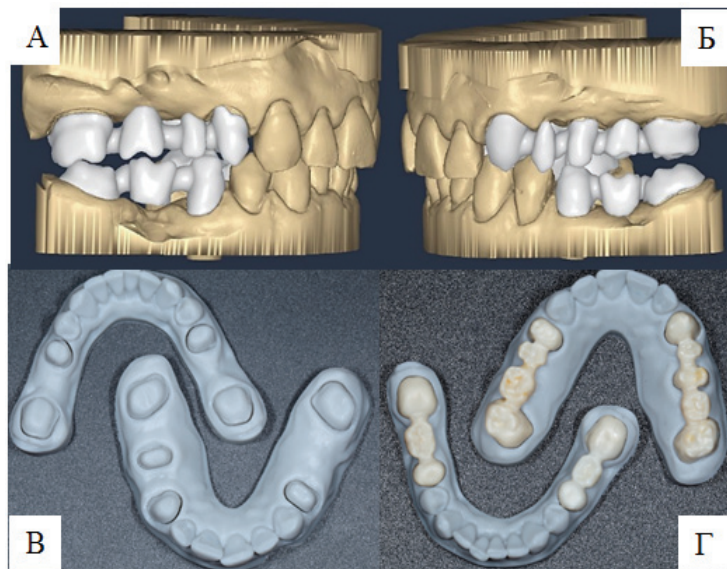


Рисунок 72 — Цифровое изображение каркасов мостовидных протезов:

- А — вид зубных рядов при центральной окклюзии справа;
- Б — вид зубных рядов при центральной окклюзии слева;
- В — модели верхней и нижней челюсти, изготовленные из фотополимерного материала Freerprint model UV с помощью 3D-принтера;
- Г — циркониевые каркасы мостовидных протезов на рабочих моделях челюстей

4 клинический прием. Проверка циркониевых каркасов мостовидных протезов верхней и нижней челюсти, изготовленных по технологии CAD/CAM. Определение цвета керамической облицовки. Наложение лицевой дуги Amann Girbach.

Получение регистрата прикуса OBite (DMG). Фиксация временных мостовидных протезов на TempBondNE (Kerr).

В зуботехнической лаборатории после гипсовки рабочих моделей челюстей в артикулятор Artex CR (Amann Girrbach) наносят облицовочную керамическую массу VM9 (Vita, Германия).

5 клинический прием. Проверка готовых мостовидных протезов и фиксация их на 1.4, 1.7 и 2.3, 2.5, 2.7; 4.5, 4.7 и 3.5, 3.7 цементом Relyx U200 (3M ESPE, США) (рисунок 73).



Рисунок 73 — Фотографии зубных рядов после лечения (1 — вид зубных рядов при смыкании их в положении центральной окклюзии; 2 — общий вид зубного ряда верхней челюсти; 3 — общий вид зубного ряда нижней челюсти)

Осмотр пациента через 1, 6 и 12 месяцев после ортопедического лечения показал, что слизистая оболочка в области цельнокерамических мостовидных протезов не имеет видимых патологических изменений в виде краевого протезного пародонтита и рецессии десневого края. Жалобы пациента на функциональный и эстетический результат проведенного ортопедического лечения отсутствовали.

3.2.12.4 Результаты сочетанного применения цифровой методики определения нейтральной зоны и технологии изготовления базисов протезов при ортопедическом лечении пациентов с полной потерей зубов

Для оценки результатов сочетанного применения цифровой персонифицированной методики определения нейтральной зоны протезного ложа беззубой челюсти и цифровой технологии изготовления базисов полных съемных протезов проведено специальное исследование, в котором приняли участие 19 пациентов (11 мужчин и 8 женщин) с полной потерей зубов в возрасте от 51 до 74 лет. При ортопедическом лечении 9 пациентов (5 мужчин и 4 женщины) в возрасте от 56 до 74 лет были изготовлены по традиционной методике 16 полных съемных протезов (9 — на верхнюю челюсть и 7 — на нижнюю челюсть). При ортопедическом лечении 10 пациентов (6 мужчин и 4 женщины) в возрасте от 51 до 72 лет были изготовлены по предложенной нами методике 16 полных съемных протезов (10 — на верхнюю челюсть и 6 — на нижнюю челюсть). Распределение пациентов по полу и методу изготовления съемных протезов представлено в таблице 89.

Таблица 89 — Распределение пациентов по полу и методу изготовления полного съемного протеза

Метод изготовления полного съемного протеза	Количество пациентов		Количество протезов	
	муж.	жен.	верхняя челюсть	нижняя челюсть
Традиционный	5	4	9	7
Сочетанный	6	4	10	6

Оценка результатов сочетанного применения цифровых технологий изготовления базиса полных съемных протезов и персонифицированной методики определения нейтральной зоны протезного ложа беззубой челюсти проводилась на основе разработанных нами критериев (таблица 90). Для достижения наиболее точных результатов оценку проводили 3 независимых врача-эксперта.

Таблица 90 — Результаты сочетанного применения персонифицированной цифровой методики определения нейтральной зоны и цифровой технологии изготовления базисов протезов

№	Критерии	Оценка	Балл	Традиционный метод	Цифровой сочетанный метод	p
1	Необходимость проведения припасовки индивидуальной ложки*	нет	6	16	3	3,22e-6
		да	0	0	13	
2	Время клинического приема, необходимо для уточнения границ индивидуальной ложки*	0–5 мин.	6	0	13	0,0005
		5–10 мин.	4	0	3	
		10–15 мин.	2	4	0	
		15–20 мин.	0	12	0	
3	Точность определения топографии нейтральной зоны беззубой челюсти*	границы края индивидуальной оттисковой ложки находятся в нейтральной зоне беззубой челюсти	6	6	16	0,000248
		границы края индивидуальной оттисковой ложки не соответствуют нейтральной зоне беззубой челюсти	0	10	0	
4	Фиксация съемных протезов*	хорошая	6	8	16	0,002
		скорее хорошая, чем слабая	4	8	0	
		скорее слабая, чем хорошая	2	0	0	
		слабая	0	0	0	
Примечание: * — различия статистически значимы по критерию Фишера на уровне $p < 0,0125$.						

Для статистического анализа полученных результатов применяли точный тест Фишера. В данном исследовании при сравнении двух групп нулевая гипотеза отвергается на уровне статистической значимости $p < 0,0125$, т.к. при расчете критического уровня значимости была введена поправка Бонферрони для учета множественных сравнений: $0,0125 = 0,05 / 4$, где 0,05 — общепринятое значение критического уровня значимости для одинарного сравнения в медико-биологических исследованиях, а 4 — число сравнений.

В ходе проведения исследования необходимость проверки качества индивидуальной ложки и ее дополнительная коррекция перед получением функционального оттиска была выявлена в 100 % случаев при традиционном методе изготовления индивидуальной оттисковой ложки и только в 18,8 % случаев (2 пациента) при предложенном нами цифровом методе.

Время клинического приема, необходимого для уточнения границ индивидуальной ложки, изготовленной традиционным методом, в 75 % случаев (6 пациентов) составило 15–20 минут, и в 25 % случаев (3 пациента) — 10–15 минут, а с применением цифровой методики определения нейтральной зоны беззубой челюсти — в 81,2 % (7 пациентов) случаев до 5 минут и в 18,3 % (3 пациентов) — в интервале 5–10 минут.

Границы края индивидуальной оттисковой ложки, созданной с применением цифровых технологий, находились в 100 % случаев в нейтральной зоне беззубой челюсти, что отмечалось только в 37,5 % случаев (у 3 пациентов) при традиционном методе припасовки ложки.

Хорошая фиксация съемных протезов, изготовленных с использованием цифровых технологий, отмечалась в 100 % случаев, что также было выявлено в 50 % случаев (4 пациента) при традиционном методе.

Среднее значение индекса эффективности стоматологического ортопедического лечения с применением полных съемных протезов, изготовленных традиционным методом, составило 0,32. Среднее же значение этого индекса при сочетанном применении персонифицированной цифровой методики определения нейтральной зоны и цифровой технологии изготовления базисов протезов составило 0,93, что соответствует высокому результату лечения.

Таким образом, методика сочетанного применения персонифицированных цифровых методики определения нейтральной зоны и цифровой технологии изготовления базисов протезов позволяет повысить точность определения топографии нейтральной зоны беззубой челюсти, определения границ края индивидуальной оттисковой ложки, способствует повышению качества функционального оттиска, сокращению времени клинического приема, необходимого для припасовки инди-

видуальной ложки и получения функционального оттиска, а в конечном итоге способствует повышению эффективности фиксации протеза и ортопедического лечения в целом.

3.2.13 Результаты изучения экономической эффективности изготовления ортопедических конструкций, полученных с помощью традиционных и цифровых технологий

Применение экономических методов оценки цифровых и традиционных технологий лечения пациентов с дефектами твердых тканей, частичной и полной потерей зубов способствует выбору оптимального в конкретных клинических условиях с учетом финансовых возможностей пациентов способа изготовления зубных протезов, основанного не только на клинической эффективности различных методик протезирования, но и их экономической целесообразности.

Так некоторые расходные материалы используются при изготовлении ортопедических конструкций вне зависимости от технологии изготовления (перчатки, маски, шапочки, нагрудники, слюноотсосы, пылесосы, ватные валики, пакеты для стерилизации инструментов, антисептики, кровоостанавливающие средства, ретракционные нити, и др.). Однако существуют такие, применение которых обусловлено методом изготовления рабочей модели челюсти, временной искусственной коронки, цельнокерамической искусственной коронки из дисиликата лития, каркаса металлокерамической искусственной коронки, каркаса дугового протеза и полного съемного протеза (приложение Ж, таблицы Ж.1–6, с. 348–352).

Часть стоматологического оборудования и инструментов также используется вне зависимости от технологии изготовления (компрессор, аспиратор, смотровой набор, наконечники, автоклав, аппарат для чистки, смазки и ухода за наконечниками, упаковочная машина для герметичного запечатывания инструментов, подлежащих стерилизации и др.). Однако есть оборудование, применение которого обусловлено прежде всего методом изготовления ортопедической конструкции. Затраты на амортизацию этого оборудования будут влиять на различия в стоимости услуг по изготовлению модели челюсти, временной искусственной ко-

ронки, цельнокерамической искусственной коронки из дисиликата лития, каркаса металлокерамической искусственной коронки, каркаса дугового протеза и полного съемного протеза (приложение Ж, таблицы Ж.7–12, стр. 353–356).

В таблице 91 представлены расходы на медикаменты и амортизацию инструментов и оборудования, необходимых для изготовления модели челюсти, временной искусственной коронки, цельнокерамической искусственной коронки из дисиликата лития, каркаса металлокерамической искусственной коронки, каркаса дугового протеза и полного съемного протеза, затраты на которые будут различны в зависимости от технологии изготовления. В таблице 91 также приведены не стоимость услуги по изготовлению различных ортопедических конструкций, а затраты на расходные материалы и амортизацию оборудования, которые в разных методах отличаются.

Таким образом, наименее дорогостоящей технологией является изготовление гипсовой модели челюсти, стоимость затрат на изготовление которой с помощью 3D-принтера на 68,6 % дороже, что объясняется затратами на фотополимерный материал.

Наименее дорогой технологией является изготовление временной искусственной коронки из фотополимерного материала Next Dent с помощью 3D-принтера, а стоимость затрат на изготовление искусственной коронки из акриловой пластмассы Синма М по традиционной технологии горячей полимеризации пластмассы дороже на 19,5 %. Технология изготовления временной искусственной коронки клиническим способом на 67,2 % дороже метода изготовления с помощью 3D-принтера. Наиболее дорогостоящим является метод изготовления искусственной коронки с помощью CAD/CAM системы, что объясняется дополнительными затратами на блоки из керамики Vita CAD Temp и фрезы.

Наименее дорогостоящей технологией является изготовление искусственной коронки из дисиликата лития, получаемой с помощью 3D-принтера. Стоимость же затрат на изготовление искусственной коронки по традиционной технологии прессования оказалось на 1,7 % дороже. В то же время технология изготовления искусственной коронки с помощью CAD/CAM из материала E.max CAD на 67,6 % дороже изготовления с помощью 3D-принтера.

Таблица 91 — Стоимость затрат на амортизацию оборудования и медикаменты, необходимых для изготовления различных ортопедических конструкций

Вид ортопедической конструкции	Метод изготовления	Затраты		Всего
		на амортизацию	на медикаменты	
Модель челюсти	Гипсовая модель	0,01	843,50	843,51
Модель челюсти	3D-принтер	171,79	1250,00	1421,79
Временная искусственная коронка	CAD/CAM система	314,94	2061,00	2375,94
	3D-принтер	114,52	208,41	322,93
	Лабораторный способ	3,77	382,07	385,84
	Клинический способ	42,98	499,30	542,28
Искусственная коронка из дисиликата лития	CAD/CAM система, материал E.max CAD	1818,07	2440,00	4258,07
	CAD/CAM система, материал C-CAST	1918,28	3440,00	5358,28
	3D-принтер Asiga Max UV	916,19	1625,00	2541,19
	Традиционная технология прессования	343,80	2241,35	2585,15
Каркас металлокерамической искусственной коронки	CAD/CAM система	1574,7	2440,0	4014,7
	3D-принтер DLP	1252,4	432,8	1685,2
	3D-принтер SLS	2719,9	330,0	3049,9
	Традиционная технология	706,1	347,1	1053,2
Каркас дугового протеза	3D-принтер DLP	1399,7	2382,5	3782,2
	3D-принтер SLS	2991,9	1650,0	4641,9
	Традиционная технология	776,9	1882,3	2659,2
Полный съемный протез	3D-принтер	572,62	2083,40	2656,02
	Традиционный способ	25,06	1631,10	1656,16

Наиболее дорогим оказался метод изготовления искусственной коронки из дисиликата лития с помощью CAD/CAM системы из материала C-CAST, что объясняется затратами на два вида материала — дорогостоящего блока беззольного полимера C-CAST для создания заготовки искусственной коронки и заготовки IPS e.max® Press для последующего процесса прессования в печи для обжига Programat EP5010. Среди всех цифровых технологий стоимость затрат на изготовление несъемного протеза с помощью CAD/CAM системы больше, чем с помо-

щью 3D-принтера, что объясняется высокой стоимостью CAD/CAM системы и необходимых для нее расходных материалов (блоки и фрезы).

Наименее дорогостоящей технологией является изготовление каркасов металлокерамических искусственных коронок из КХС традиционным способом. Стоимость же затрат на изготовление каркасов металлокерамических искусственных коронок с применением беззольно выгораемых заготовок из фотополимерного материала Freerprint cast UV, созданных с помощью 3D-принтера по технологии цифровой светодиодной проекции дороже на 60 %, с помощью 3D-принтера по технологии селективного лазерного спекания дороже в 2,9, а с помощью CAD/CAM системы дороже в 3,8 раза.

Наименее дорогостоящей технологией является изготовление каркасов дуговых протезов традиционным способом. Стоимость затрат на изготовление каркасов дуговых протезов с помощью 3D-принтера по технологии цифровой светодиодной проекции дороже на 42,2 %, а с помощью 3D-принтера по технологии селективного лазерного спекания — на 74,6 %.

Самой дешевой технологией является изготовление полных съемных протезов из акриловых материалов традиционным способом. Стоимость же затрат на изготовление полных съемных протезов с помощью 3D-принтера оказалось на 54,9 % дороже, что объясняется затратами на дорогостоящий фотополимерный материал.

Методики сравнительной оценки времени изготовления моделей челюстей, временных искусственных коронок, каркасов металлокерамических искусственных коронок, каркасов дугового протеза, созданных с помощью традиционных и цифровых технологий, описаны нами в главе 2.3.10 «Методика экономического обоснования ортопедических конструкций, изготовленных с помощью традиционных и цифровых технологий».

Описательные статистики (приложение Ж, таблицы Ж.13, Ж.15, Ж.17, Ж.19) и визуальный анализ гистограмм (приложение Ж, рисунки Ж.1–4) позволяют качественно оценить характеристики распределения значений величины затраченного времени для изготовления различными методами моделей челюстей, вре-

менных искусственных коронок, каркасов металлокерамических искусственных коронок и каркасов дуговых протезов.

На основании полученных данных было установлено, что для изготовления комплекта моделей верхней и нижней челюстей с применением 3D-принтера врачу необходимо затратить $29,9 \pm 5,567$ минут, зубному технику — $26,6 \pm 3,565$ минут. Для изготовления моделей челюстей с применением традиционной технологии врачу необходимо затратить $19,4 \pm 3,062$ минут, зубному технику — $21 \pm 1,826$ минут, что свидетельствует о том, что изготовление моделей челюстей с применением цифровых технологий (внутриротового лазерного сканирования и 3D-принтера) требует на 40 % больше времени по сравнению с традиционным методом ($p < 0,0166667$) (приложение Ж, таблица Ж.14, с. 357).

Проведенный анализ полученных данных также показал, что для изготовления временной искусственной коронки с помощью 3D-принтера из биологически совместимого микронаполненного гибридного материала NextDent C&B MFH врачу и зубному технику необходимо затратить $38,8 \pm 4,104$ минут. С помощью же CAD/CAM системы из полиметилметакрилата VITA CAD-Temp multicolor затраченное время составляет $29,0 \pm 3,162$ минут, с помощью лабораторного метода — $71,6 \pm 4,502$ минут, при помощи силиконового ключа — $62,8 \pm 5,613$ минуты. Эти данные позволяют сделать вывод о том, что изготовление временной искусственной коронки с применением цифровых технологий (CAD/CAM-системы, внутриротового лазерного сканирования и 3D-принтера) требует меньше времени в сравнении с традиционными методами ($p < 0,0166667$) (приложение Ж, таблица Ж.16, с. 359).

Для изготовления каркаса металлокерамической коронки с помощью CAD/CAM системы из титановой заготовки Titan-Blank врачу и зубному технику необходимо затратить $53,2 \pm 3,503$ минуты, с помощью лабораторного метода — $149,30 \pm 5,204$ минут. Таким образом, изготовление каркаса металлокерамической искусственной коронки с применением цифровых технологий (CAD/CAM-системы, внутриротового лазерного сканирования и 3D-принтера) требует в 2,8 раза меньше времени по сравнению с традиционным методом литья ($p < 0,0166667$) (приложение Ж, таблица Ж.18, с. 360).

Для изготовления каркаса дугового протеза с применением 3D-принтера врачу необходимо затратить $40,9 \pm 5,322$ минут, зубному технику — $177,2 \pm 9,259$. Для изготовления каркаса дугового протеза с применением традиционной технологии литья врачу необходимо затратить $41,1 \pm 5,322$ минуты, зубному технику — $240,3 \pm 8,895$ минут, что говорит о том, что изготовление каркаса дугового протеза с применением цифровых технологий (внутриротового лазерного сканирования и 3D-принтера) требует меньше общего времени на изготовление протеза и времени, затраченного зубным техником в лаборатории, по сравнению с традиционным методом литья ($p < 0,0166667$). Между временем, затраченным врачом в клинике при ортопедическом лечении пациентов с применением дуговых протезов, изготовленных цифровым и традиционным методами статистических отличий не обнаружено (приложение Ж, таблица Ж.20, с. 361).

ГЛАВА 4. ОБСУЖДЕНИЕ ПОЛУЧЕННЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ

На основании изучения специальной литературы, анализа результатов экспериментальных и клинических исследований, мы получили возможность высказаться по следующим вопросам:

1. О результатах сравнительного анализа эффективности цифровых технологий при изготовлении рабочих моделей челюстей;
2. О результатах сравнительного анализа эффективности цифровых технологий при изготовлении временных несъемных протезов;
3. О результатах сравнительного анализа эффективности цифровых технологий при изготовлении каркасов металлокерамических искусственных коронок и из дисиликата лития;
4. О результатах сравнительного анализа эффективности цифровых технологий при изготовлении каркасов металлокерамических и цельнокерамических мостовидных протезов;
5. О результатах разработки методики оценки эффективности ортопедического стоматологического лечения;
6. О результатах разработки персонифицированной методики определения показаний к применению мостовидных протезов;
7. О результатах разработки индекса потери окклюзионных контактов для планирования тактики ортопедического лечения пациентов с частичной потерей зубов;
8. О результатах разработки персонифицированной методики коррекции окклюзионных взаимоотношений зубных рядов с помощью цифровых технологий;
9. О результатах клинической оценки эффективности применения искусственных коронок и мостовидных протезов, изготовленных с помощью цифровых технологий;
10. О результатах изучения состояние пародонта опорных зубов посредством определения количества и pH десневой жидкости при ортопедическом лече-

нии пациентов с применением несъемных протезов, изготовленных цифровым методом;

11. О результатах сравнительной оценки эффективности цифровых технологий при ортопедическом лечении пациентов с применением частичных съемных протезов (дуговых и с металлическим базисом);
12. О результатах сравнительного анализа эффективности цифровых технологий при изготовлении базисов полных съемных протезов;
13. О результатах разработки персонифицированной цифровой методики определения топографии нейтральной зоны протезного ложа беззубой челюсти;
14. О результатах изучения с помощью инфракрасной термометрии состояния слизистой оболочки протезного ложа под съемными протезами, изготовленными с применением цифровой технологии;
15. О результатах разработки персонифицированной цифровой методики оценки точности установки зубных имплантатов;
16. Об экономической эффективности изготовления ортопедических конструкций, полученных с помощью традиционных и цифровых технологий.

1. О результатах сравнительного анализа эффективности цифровых технологий при изготовлении рабочих моделей челюстей

Получение цифровых изображений протезного ложа с помощью внутриротового сканера позволяет исключить процесс получения оттиска из слепочных материалов в полости рта и изготовления гипсовых моделей, что устраняет появление усадки, связанной с полимеризацией оттискных материалов и расширением гипса, используемого для изготовления рабочих моделей, а также позволяет на их основе получать более точные конструкции протезов.

Результаты нашего исследования показали, что модели челюстей, созданные с использованием внутриротовых цифровых оттисков из фотополимерного материала Freerprint model UV (DETAH, Германия) с помощью 3D-принтера обладают большей размерной точностью в сравнении с гипсовыми моделями челюстей Fujirock (GC, Япония), полученными по одноэтапным двухслойным

А-силиконовым оттискам на 31,6 % с уровнем значимости $p < 0,05$ (критерий Уилкоксона для связанных выборок = 45, $p = 0,004$).

Эти данные мы сравнили с результатами других исследований. Так М. Kasparova et al. (2013), Jin S. J. et al. (2019), Rebonga R. E. et al. (2018) не нашли статистически значимых различий в размерной точности моделей челюстей, полученных с помощью различных методов 3D-печати или гипса. Однако эти данные не подтвердили Hazeveld A. et al. (2014), которые сделали вывод о том, что модели челюстей, полученные с помощью различных методов быстрого прототипирования, считаются клинически более приемлемыми с точки зрения их размерной точности, что подтверждает полученные нами данные.

Другие авторы [Brown G.V. et al., 2018] при сравнительной оценке точности метода цифровой светодиодной проекции (DLP) и технологии Poly Jet пришли к выводу, что модели челюстей, полученные с помощью этих методов 3D-печати, обладают высокой размерной точностью и в клинической практике могут с успехом заменить их гипсовые аналоги. При этом Jeon Y.G. et al. (2018) отметили, что модели челюстей, изготовленные аддитивным методом, обладают большей размерной точностью по сравнению с субтрактивным методом.

Таким образом, полученные нами данные о большей размерной точности моделей челюстей, созданных с помощью цифровых оттисков и 3D-принтера, подтверждают результаты других исследований, в которых также было обнаружено превосходство цифровых моделей.

2. О результатах сравнительного анализа эффективности цифровых технологий при изготовлении временных несъемных протезов

Временные искусственные коронки защищают зубы, подготовленные под несъемные протезы, от воздействия микробной контаминации, температурных и химических раздражителей, восстанавливают жевательную функцию, сохраняют эстетику и дикцию, предупреждают перемещение рядом стоящих и антагонизирующих зубов, защищают десневой контур на всех этапах ортопедического лечения. Выполнение этих требований во многом зависит от технологии изготовления временных искусственных коронок.

Для проведения сравнительного анализа эффективности цифровых технологий при изготовлении временных искусственных коронок нами была разработана специальная программа проведения исследования, которая включала изготовление 10 временных искусственных коронок из акрилатного полимерного материала с керамическим микронаполнителем (АПМ с КМ) VITA CAD-Temp в фрезерно-шлифовальном станке CAD/CAM системы, 10 искусственных коронок из биологически совместимого микронаполненного композитного гибридного материала (БСМКГМ) NextDent C&B MFH с помощью 3D-принтера, 10 временных искусственных коронок из акриловой пластмассы Синма М методом горячей полимеризации. Сравнительный анализ был направлен на изучение их размерной точности, а также величин краевого и внутреннего прилегания с использованием компьютерной программы MeshLab (v1.3.4Beta).

Проведенное нами экспериментальное исследование позволило установить более высокую размерную точность временных искусственных коронок, изготовленных в CAD/CAM системе из АПМ с КМ VITA CAD-Temp и из (БСМКГМ) NextDent C&B MFH в 3D-принтере в сравнении с временными искусственными коронками, изготовленными традиционным методом горячей полимеризации акриловой пластмассы Синма М ($p < 0,0167$).

Временные искусственные коронки, изготовленные с помощью фрезерно-шлифовального станка (субтрактивный метод) обладают достоверно большей размерной точностью на 51,6 %, а при использовании 3D-принтера (аддитивный метод) на 48,4 % в сравнении с временными искусственными коронками, выполненными традиционным методом горячей полимеризации акриловой пластмассы ($p < 0,0167$, критерий Фридмана $S = 45,60$, $p = 0,00$).

Данные Kang S.Y. et al. (2018) по изучению размерной точности временных искусственных коронок, изготовленных субтрактивным и аддитивным методами, показали, что временные искусственные коронки, полученные с помощью CAD/CAM системы, обладают большей размерной точностью, чем временные искусственные коронки, полученные с помощью 3D-принтера. Однако другие авторы [Lee W.S. et al., 2017], наоборот, пришли к выводу, что метод 3D-печати обладает

большей размерной точностью в сравнении с методом фрезерования. Различия в полученных результатах, на наш взгляд, объясняются прежде всего тем, что, во-первых, авторами применялись разные CAD/CAM-системы и 3D-принтеры. Во-вторых, наша цифровая методика изучения размерной точности искусственных коронок с помощью компьютерной программы MeshLab сводит к минимуму погрешность измерений за счет автоматизированного анализа цифровых изображений искусственных коронок и экспериментальной модели препарированного зуба.

Несоответствие краевого и внутреннего прилегания временных искусственных коронок к твердым тканям препарированного зуба, как отмечают K. Y. K. Khng et al. (2016), может быть причиной появления внутренних напряжений в материале протеза, разрушения временной коронки, ее расцементирования, развития кариеса или поражение пульпы опорного зуба.

Проведенные нами экспериментальные исследования позволили установить, что средние значения величины краевого прилегания между культей зуба и временными искусственными коронками, изготовленными из акрилатного полимерного материала с керамическим микронаполнителем VITA CAD-Temp в CAD/CAM системе ($40,46 \pm 1,758$ мкм) и биологически совместимого микронаполненного композитного гибридного материала NextDent C&B MFH с помощью 3D-принтера ($40,60 \pm 0,957$ мкм), не имеют достоверных отличий. Однако среднее значение величины краевого прилегания между культей зуба и провизорной коронкой, изготовленной по традиционному лабораторному методу из акриловой пластмассы Синма М, составило $101,00 \pm 16,51$ мкм ($p < 0,05$). Таким образом, величины краевого прилегания временных искусственных коронок, изготовленных с помощью фрезерно-шлифовального станка и 3D-принтера более чем в два раза меньше в сравнении с традиционной технологией горячей полимеризации.

Исследования других авторов, посвященные изучению этого вопроса [Lee W.-S. et al., 2017] выявили статистически значимые различия в величине краевого прилегания временных искусственных коронок, изготовленных из полиметилметакрилатного материала Vipi block (Бразилия) с помощью CAD/CAM-системы Zirkonzahn и двух 3D-принтеров Stratasys и Dentis из биосовместимых фотополимерных смол

для временных несъемных протезов VeroGlaze MED620 (Stratasys, США) и ZMD-1000B (Dentis, Корея). Средняя величина краевого прилегания временных искусственных коронок, изготовленных с применением CAD/CAM системы Zirkonzahn, по данным этих авторов составила $119,1 \pm 54,8$ мкм. Средняя же величина краевого прилегания временных искусственных коронок, изготовленных с применением других принтеров, также оказалась различной: для 3D-принтера Stratasys она составила $115,6 \pm 68,4$ мкм, а для 3D-принтера Dentis — $64,3 \pm 30,1$ мкм. Различия в полученных результатах объясняются, прежде всего, применением разных методик исследования и оборудования. В нашем исследовании для получения цифрового изображения экспериментальной модели использовался внутриротовой сканер, а зарубежные авторы сканировали рабочую гипсовую модель лабораторным сканером. Именно этим обстоятельством можно объяснить полученное авторами увеличение краевого прилегания временных искусственных коронок.

Проведенные ранее исследования также показали достаточно большое число разногласий в отношении клинически допустимых значений краевого прилегания [Тамас Е. et al., 2014]. Так Fransson B. et al. (1985) сообщили, что клинически допустимое значение краевого прилегания составляет 100 мкм, а по мнению McLean J. W. et al. (1971) и Belser U. C. et al. (1985) — 120 мкм. Другие авторы (Beuer F. et al., 2009) нашли, что размер краевого прилегания колеблется в диапазоне от 100 до 150 мкм, а Voening K. W. et al. (2000) предположили, что этот диапазон гораздо шире и находится в пределах от 100 до 200 мкм в зависимости от времени пользования и методики изготовления протеза.

В нашем исследовании временные искусственные коронки, изготовленные с применением цифровых технологий, имели меньшее значение краевого прилегания (субтрактивный метод — $40,46 \pm 1,758$ мкм, аддитивный метод — $40,60 \pm 0,957$ мкм), чем во всех вышеперечисленных клинически допустимых диапазонах [McLean J. W. et al., 1971; Belser U. C. et al., 1985; Beuer F. et al., 2009; Voening K. W. et al., 2000], а временные искусственные коронки, изготовленные по традиционному лабораторному методу из акриловой пластмассы Синма М, имели значения краевого прилегания ($101,00 \pm 16,51$ мкм) в пределах клинически допустимых значений,

указанных в предыдущих исследованиях [Belser U. C. et al., 1985; Beuer F. et al., 2009; Voening K. W. et al., 2000].

Проведенные нами исследования также показали, что средние значения величины внутреннего прилегания между культей препарированного зуба и временной искусственной коронкой, изготовленной в CAD/CAM системе из акрилатного полимерного материала с керамическим микронаполнителем VITA CAD-Temp, ($49,76 \pm 2,532$ мкм) и с применением 3D-принтера из биологически совместимого микронаполненного композитного гибридного материала NextDent C&B MFH ($50,00 \pm 1,714$ мкм) статистически неразличимы. Однако сравнение этих результатов со средним значением величины внутреннего прилегания при применении искусственной коронки, изготовленной по традиционному лабораторному методу из акриловой пластмассы Синма М, показало его трехкратное увеличение ($151,60 \pm 11,00$ мкм). Таким образом, величины внутреннего прилегания временных искусственных коронок, изготовленных с помощью цифровых технологий примерно в три раза меньше по сравнению с традиционным лабораторным методом и статистически различимы с уровнем значимости $p < 0,01$.

В этом плане представляет интерес исследование Wu J. et al. (2021), в котором не было выявлено статистически достоверных различий в величине внутреннего прилегания временных искусственных коронок, изготовленных цифровым и традиционными методами. Тем не менее, авторы пришли к выводу, что временные искусственные коронки, изготовленные клиническим методом с применением силиконового ключа ($71,3 \pm 64,9$ мкм), имели меньшее значение внутреннего прилегания в сравнении с аддитивным ($96,9 \pm 60,2$ мкм) и субтрактивным ($120,8 \pm 70,9$ мкм) методами. Этот факт можно объяснить тем, что для фиксации силиконовой пленки, отражающей внутреннее прилегание временных искусственных коронок, в нашей работе использовался гипс, а у цитируемых авторов применялся легко деформирующийся силиконовый материал Light Body PVS (Aquasil Ultra XLV; Dentsply Sirona, США), при нажатии на который силиконовая пленка, легко изменяет свою форму, что, возможно, и явилось причиной увеличения показателей внутреннего прилегания. Кроме того, полученное авторами меньшее значение

внутреннего прилегания временных искусственных коронок, изготовленных традиционным методом, может быть связано с установленным при виртуальном моделировании внутренним прилеганием в 60 мкм для протезов, создаваемых с помощью фрезерно-шлифовального станка и 3D-принтера, а при изготовлении протезов по силиконовому ключу цементный зазор не создается, что и приводит к детерминированно меньшим его значениям.

В работе Peng C.C. et al., (2020) также не были выявлены статистически достоверные различия в значениях внутреннего прилегания временных искусственных коронок, изготовленных традиционным методом и с помощью 3D-принтера, но при этом авторами было отмечено, что временные искусственные коронки, изготовленные с применением цифровых технологий, имеют меньшее значение внутреннего прилегания в сравнении с традиционным методом ортопедического лечения.

Проведенная нами сравнительная клиническая оценка эффективности временных искусственных коронок, изготовленных с помощью цифровых и традиционных технологий показала, что технологии внутриворотного лазерного сканирования, компьютерного моделирования и автоматизированного производства с помощью фрезерно-шлифовального станка и 3D-принтера, позволяют получать временные искусственные коронки более высокого качества с хорошими показателями краевого прилегания, цветовой стабильности, качества наружной поверхности, плотными межзубными контактными пунктами и предварительно выверенными с помощью виртуального артикулятора межокклюзионными взаимоотношениями за счет технологии виртуального моделирования, что достаточно трудно, а иногда и просто невозможно, достигнуть при применении традиционного метода изготовления временных протезов, например, с помощью силиконового ключа.

3. О результатах сравнительного анализа эффективности цифровых технологий при изготовлении каркасов металлокерамических искусственных коронок и из дисиликата лития

Металлокерамические протезы получили широкое распространение при лечении пациентов с дефектами твердых тканей зубов и зубных рядов. Существует несколько методик изготовления каркасов металлокерамических протезов: тради-

ционная технология литья и цифровой способ изготовления с использованием CAD/CAM-систем. Проведение сравнительного анализа эффективности этих технологий направлено, прежде всего, на выявление преимуществ и недостатков этих методов, а также степени их влияния на качество изготавливаемых каркасов.

Для проведения сравнительного анализа эффективности цифровых технологий при изготовлении каркасов металлокерамических искусственных коронок было изучено 11 титановых каркасов искусственных коронок из материала Titan Blank, изготовленных в фрезерно-шлифовальном станке CAD/CAM системы и 11 каркасов из КХС с проведением анализа их размерной точности, измерением краевого и внутреннего прилегания.

Качество внутреннего прилегания искусственных коронок к твердым тканям зуба, и величина краевого прилегания являются главными факторами, влияющими на срок пользования протезами. Плохое краевое прилегание способствует накоплению бактериальной флоры, развитию кариозного поражения и пульпита опорного зуба, ускоренному разрушению и вымыванию фиксирующего протез цемента [Тамас Е. et al., 2014].

Полученные нами результаты свидетельствуют о высокой размерной точности каркасов металлокерамических искусственных коронок, изготовленных из титановых заготовок Titan-Blank на фрезерно-шлифовальном станке по сравнению с каркасами искусственных коронок, изготовленных традиционным методом литья ($p < 0,05$, критерий Уилкоксона для связанных выборок = 0, $p = 0,001$).

Подобные исследования, проведенные Fathi H.M. et al. (2016), не обнаружили статистически значимых различий в размерной точности кобальтохромовых каркасов искусственных коронок, изготовленных по двум технологиям: CAD/CAM фрезерования и традиционного литья. Авторы не смогли выявить значительных различий в размерной точности каркасов искусственных коронок, изготовленных методом литья по восковым репродукциям, методом фрезерования и изготовленных с помощью 3D-принтера ($p > 0,05$). При этом протезы, полученные с применением аддитивных технологий, как указывают авторы, были более точными.

Yang J. et al. (2022) изучая точность изготовленных вкладок, пришли к выводу, что при CAD-CAM-фрезеровании нет никаких преимуществ в их размерной точности в сравнении с традиционной технологией литья по восковым заготовкам.

Как показали наши исследования среднее значение величины краевого прилегания между препарированным зубом экспериментальной модели и каркасами металлокерамических искусственных коронок, изготовленных в фрезерно-шлифовальном станке из титановой заготовки, составило $21,79 \pm 1,908$ мкм. Среднее же значение величины краевого прилегания каркасов искусственных коронок, изготовленных традиционным методом литья, составило $77,18 \pm 2,303$ мкм. Таким образом, величины краевого прилегания каркасов металлокерамических искусственных коронок, изготовленных с помощью цифровой (внутриротовое лазерное сканирование, CAD/CAM-система) и традиционной технологии литья статистически различимы ($p < 0,05$, критерий Уилкоксона для связанных выборок = 0, $p = 0,001$).

Результаты других исследований, в частности полученные Kim D. Y. et al. (2018), также показали значительные различия в значениях краевого прилегания в зависимости от способа изготовления каркасов металлокерамических искусственных коронок ($p < 0,05$). Однако средние значения краевого прилегания искусственных коронок, по данным этих авторов, были гораздо больше полученных нами: для субтрактивного метода — 60 мкм, а для традиционного метода изготовления — 91,8 мкм.

Однако Gurel K. et al. (2019) не обнаружили статистически значимых различий в измерениях краевого прилегания титановых и кобальтохромовых каркасов искусственных коронок, изготовленных методом CAD/CAM фрезерования и традиционного литья, что существенно отличается от полученных нами данных ($p > 0,05$).

Представляет интерес работа Ng J. et al. (2014), которые показали, что цифровой метод позволяет получать каркасы несъемных протезов с меньшим краевым прилеганием (48 ± 25 мкм) в сравнении с каркасами, изготовленными по традиционной технологии литья (74 ± 47 мкм), что также заметно отличается от полученных нами данных. При этом другие авторы [Munoz S. et al., 2017] не обнаружили значительных различий в значениях краевого прилегания золотых искусственных коронок.

нок, изготовленных традиционным методом литья и фрезерованием с помощью CAD/CAM системы. Искусственные коронки, изготовленные по фотополимерным заготовкам, созданным с помощью 3D-принтера, обладали большим значением величины краевого прилегания (> 120 мкм) по сравнению с коронками, изготовленными с применением CAD/CAM системы и традиционного метода литья.

Как показали наши исследования среднее значение величины внутреннего прилегания между препарированным зубом экспериментальной модели и каркасами металлокерамических искусственных коронок, изготовленных в фрезерно-шлифовальном станке из титановой заготовки, составило $52,85 \pm 3,432$ мкм, а среднее значение величины внутреннего прилегания каркасов искусственных коронок, изготовленных традиционным методом литья в два раза больше — $110,4 \pm 3,913$ мкм. Таким образом, величины внутреннего прилегания каркасов металлокерамических искусственных коронок, изготовленных с помощью цифровых технологий (внутриротовое лазерное сканирование, CAD/CAM-система) и традиционной технологии литья, статистически различимы ($p < 0,05$, критерий Уилкоксона для связанных выборок = 0, $p = 0,001$).

Исследования других авторов по этому вопросу, в частности Park J. Y. et al. (2015) позволили обнаружить статистические значимые отличия ($p < 0,001$) в значениях внутреннего прилегания металлических каркасов искусственных коронок, изготовленных по традиционной технологии литья (на осевых поверхностях $87 \pm 12,5$ мкм, на окклюзионной поверхности $102,5 \pm 17,2$ мкм) и с применением фрезерно-шлифовального станка (Roland DWX-50, Япония) (на осевых поверхностях $68,6 \pm 13,9$ мкм, на окклюзионной поверхности $96,4 \pm 26,8$ мкм). В данном исследовании большее значение внутреннего прилегания металлических каркасов искусственных коронок, изготовленных по фрезерованным репродукциям из восковой заготовки (DMAХ Со, Корея) с заданным значением внутреннего прилегания при виртуальном моделировании в 50 мкм может быть связано с деформацией воска и усадкой сплава при литье каркаса.

Группа авторов [Sadr S. M. et al., 2022] не смогла обнаружить существенных отличий в средних значениях внутреннего прилегания каркасов металлокерами-

ческих искусственных коронок, изготовленных субтрактивным и традиционным методами ($p > 0,05$). Среднее значение внутреннего прилегания на окклюзионной поверхности, по данным этих авторов, составило 53,08 мкм для искусственных коронок, изготовленных с помощью фрезерно-шлифовального станка, и 69,27 мкм — при литье по восковым заготовкам. Кроме того, среднее значение величины внутреннего прилегания на осевых поверхностях составило 35,00 мкм для цифрового метода и 47,70 мкм для традиционного. Отличия от наших данных объясняются, по-видимому, различной величиной задаваемого внутреннего прилегания при виртуальном моделировании каркасов металлокерамических коронок — 50 мкм в нашем исследовании и 30 мкм у зарубежных авторов.

Качество внутреннего и краевого прилегания особенно важно для цельно-керамических искусственных коронок, поскольку они отличаются от металлокерамических конструкций по своим физико-химическим и механическим характеристикам [I. Sailer. et al., 2015]. Керамика на основе дисиликата лития достаточно хрупкая и менее устойчива к растягивающим нагрузкам, чем сплавы металлов. Надежность фиксации керамических коронок, имеющих недостаточную точность прилегания и увеличенное пространство для цемента, зависит, прежде всего, от его механических свойств, а не от прочности керамики [Huettig F. et al., 2016]. Из этого вытекает вывод о том, что искусственные коронки с увеличенной толщиной цементного слоя испытывают значительно большее напряжение при функциональной нагрузке [Rezende C. E. et al., 2017]. Хорошее же качество внутреннего прилегания и прочное адгезивное соединение, наоборот, способствуют лучшему распределению растягивающих напряжений и сопротивлению к разрушению керамики [Kok P. D. et al., 2017; Yazigi, C. et al., 2017].

В настоящее время в ортопедической стоматологии известны два цифровых метода изготовления несъемных протезов из керамического материала дисиликата лития — субтрактивный с помощью CAD/CAM-систем и аддитивный с помощью 3D-принтеров. При аддитивном методе изготовление репродукции несъемного протеза осуществляется из фотополимерного материала с последующей заменой на литьевую керамику методом прессования. С помощью CAD/CAM-систем можно не

только изготавливать несъемный протеза из беззольно выгораемого полимерного материала, но и фрезеровать его из специально предназначенной для фрезерно-шлифовального станка заготовки дисиликата лития. Таким образом, проведение сравнительного анализа эффективности цифровых технологий изготовления каркасов искусственных коронок из дисиликата лития представляет особый научный интерес с точки зрения возможности получения заключения не только о преимуществах и недостатках этих методов, но и о степени их выраженности.

Для проведения сравнительного анализа эффективности цифровых технологий при изготовлении каркасов цельнокерамических искусственных коронок были изготовлены в фрезерно-шлифовальном станке CAD/CAM-системы 10 каркасов искусственных коронок из дисиликата лития E.max CAD, 10 заготовок каркасов из беззольного полимерного материала KaVo C-Cast (Германия), 10 заготовок каркасов искусственных коронок из фотополимерного материала Freeprint cast UV (Detaх, Германия) с помощью 3D-принтера и 10 восковых заготовок. Методом прессования были получены 30 каркасов искусственных коронок из дисиликата лития IPS e.max (Ivoclar Vivadent, Германия), изготовленных ранее в CAD/CAM-системе и 3D принтере для последующего анализа их размерной точности с одновременным измерением краевого и внутреннего прилегания.

Проведенное нами исследование показало высокую размерную точность каркасов цельнокерамических искусственных коронок, изготовленных с помощью цифровых технологий в сравнении с каркасами, изготовленными традиционным методом прессования (на 15,4 % для субтрактивного метода из заготовки Emax CAD, на 12,3 % из беззольно выгораемой заготовки C-Cast и на 13,2 % для аддитивного метода) с уровнем значимости $p < 0,05$ (Н-критерий Краскела — Уоллиса = 10,254, $p = 0,017$). При этом не было обнаружено статистически значимых различий в размерной точности каркасов искусственных коронок, изготовленных методом прессования по фрезерованным заготовкам из беззольного полимерного материала C-Cast и каркасов искусственных коронок, изготовленных методом прессования по заготовкам, созданным с помощью 3D-принтера (критерий Уилкоксона = 27, $p = 1,000$).

Нами установлено, что среднее значение величины краевого прилегания между культей препарированного зуба экспериментальной модели и каркасами искусственных коронок, изготовленными в CAD/CAM системе из керамического материала E.max CAD, составляет $18,20 \pm 2,299$ мкм, а из беззольного полимерного материала C-Cast — $22,50 \pm 1,372$ мкм. При применении 3D-принтера оно составило $22,35 \pm 1,591$ мкм, а при изготовлении искусственных коронок традиционным методом прессования величина краевого прилегания достигла $101,40 \pm 11,55$ мкм. Таким образом, величина краевого прилегания каркасов искусственных коронок, изготовленных с помощью цифровых технологий (внутриротовое лазерное сканирование, CAD/CAM-система, 3D-принтер) значительно меньше (примерно в 4–5 раз) в сравнении с традиционной технологией прессования ($p < 0,05$, H-критерий Краскела — Уоллиса = 30,865; $p = 0,0000009$). При этом нами не было обнаружено статистически значимых различий в величине краевого прилегания каркасов искусственных коронок, изготовленных методом прессования по фрезерованным заготовкам из беззольного полимерного материала C-Cast и каркасов искусственных коронок, изготовленных методом прессования по заготовкам, созданным с помощью 3D-принтера (критерий Уилкоксона = 30; $p = 0,846$).

Наши данные согласуются с результатами, полученными Alshehri H. A. et al. (2022), которые установили, что искусственные коронки из дсиликата лития, изготовленные из фрезерованных заготовок ($28,87 \pm 30,18$ мкм) и заготовок, напечатанных на 3D-принтере ($47,85 \pm 27,44$ мкм), имеют меньшее значение краевого прилегания в сравнении с коронками, изготовленными по традиционной технологии прессования ($63,49 \pm 28,05$ мкм).

Другие авторы [Homsy F.R. et al., 2018] применяя для ортопедического лечения вкладки установили, что изготовленные с применением CAD/CAM-системы имеют лучшие показатели краевого прилегания ($33,7$ мкм) в сравнении с аддитивным методом ($39,8$ мкм) и традиционной технологией прессования ($45,1$ мкм).

В отличие от полученных нами данных Shamseddine L. et al. (2017) при сравнении субтрактивного и аддитивного методов изготовления прессованных керамических искусственных коронок не обнаружили достоверных различий.

Средняя же величина краевого прилегания керамических искусственных коронок, изготовленных с применением CAD/CAM системы, по данным этих авторов, составила $105,1 \pm 39,6$ мкм, а средняя величина краевого прилегания керамических искусственных коронок, созданных с применением 3D-принтера, составила $126,2 \pm 25,2$ мкм, что, на наш взгляд, объясняется применением авторами для сканирования рабочей гипсовой модели лабораторного сканера.

Полученные нами данные также свидетельствуют о том, что среднее значение величины внутреннего прилегания между препарированным зубом и каркасом искусственной коронки из дисиликата лития, изготовленной в CAD/CAM системе из заготовок E.max CAD составляет $50,00 \pm 2,559$ мкм, а из заготовок беззольного полимерного материала C-Cast также $50,54 \pm 0,5957$ мкм. Среднее значение величины внутреннего прилегания между культей препарированного зуба и каркасом искусственной коронки, изготовленной с применением 3D-принтера, составило $50,27 \pm 1,218$ мкм, а изготовленной по традиционному методу прессования без использования цифровых технологий составило $120,70 \pm 12,86$ мкм. Таким образом, величины внутреннего прилегания каркасов искусственных коронок, изготовленных в CAD/CAM системе и с применением 3D-принтера практически одинаковы, однако в сравнении с традиционной технологией прессования эта величина значительно меньше ($p < 0,05$, Н-критерий Краскела — Уоллиса = 22,529, $p = 0,00005$). При этом мы не обнаружили статистически значимых различий в величине внутреннего прилегания каркасов искусственных коронок, изготовленных методом прессования по фрезерованным заготовкам из беззольного полимерного материала C-Cast и каркасов искусственных коронок, изготовленных методом прессования по заготовкам, созданным с помощью 3D-принтера (критерий Уилкоксона = 37, $p = 0,375$).

Исследования других авторов, в частности Revilla-León M. et al. (2018), по изучению качества внутреннего прилегания искусственных коронок, изготовленных из дисиликата лития, показали, что величина внутреннего прилегания несъемных протезов, изготовленных с применением аддитивных технологий ($91,86 \pm 2,88$ мкм) существенно не отличается от средних величин внутреннего

прилегания искусственных коронок, изготовленных субтрактивным методом с помощью CAD/CAM-системы ($96 \pm 1,97$ мкм). Однако полученные авторами в отличие от наших данных значительно большие величины внутреннего прилегания, наш взгляд, объясняются, прежде всего, тем, что в проведенных исследованиях применялись разные CAD/CAM-системы и 3D-принтеры.

Искусственные коронки из дисиликата лития, полученные из заготовок, созданных аддитивным методом, как указывают Mahmood D.J.H. et al. (2019), обладают меньшим значением величины внутреннего прилегания по сравнению с искусственными коронками из дисиликата лития, полученными по традиционной технологии прессования и из заготовок, созданных субтрактивным методом.

В нашем исследовании для изготовления заготовок искусственных коронок в фрезерно-шлифовальном станке мы использовали беззольно выгораемый материал C-Cast, а зарубежные авторы применяли восковые заготовки, чем возможно и объясняются различия в полученных результатах, так как беззольно выгораемая заготовка искусственных коронок в отличие от воска более стабильна и меньше поддается деформации при замене на дисиликат лития в процессе прессования.

4. О результатах сравнительного анализа эффективности цифровых технологий при изготовлении каркасов металлокерамических и цельнокерамических мостовидных протезов

При ортопедическом лечении пациентов с частичной потерей зубов особое значение приобретает точность каркасов мостовидных протезов, обусловленная с одной стороны протяженностью дефекта зубного ряда, а с другой качеством препарирования зубов и технологией их изготовления.

Для проведения сравнительного анализа эффективности цифровых технологий было изготовлено на фрезерно-шлифовальном станке CAD/CAM системы 5 титановых каркасов из материала Titan Blank и 5 циркониевых каркасов мостовидных протезов из материала KaVo ZS. С помощью 3D-принтера было создано 5 заготовок каркасов из фотополимерного материала Freeprint cast UV (DETAX, Германия) и 5 восковых заготовок каркасов мостовидных протезов, полученных по традиционной технологии. Методом литья из восковых заготовок и из изготов-

ленных в 3D-принтере получали каркасы мостовидных протезов из КХС. Анализ размерной точности полученных каркасов мостовидных протезов проводился в компьютерной программе MeshLab (v1.3.4Beta).

Нами было установлено, что каркасы мостовидных протезов, изготовленные с помощью различных цифровых технологий обладают большей размерной точностью (на 29,2 % для субтрактивного метода изготовления титанового каркаса, на 29,7 % для каркаса из диоксида циркония и на 15,9 % для аддитивного метода изготовления беззольно выгораемого каркаса) по сравнению с каркасами мостовидных протезов из КХС, изготовленными традиционным методом с уровнем значимости $p < 0,05$ (Н-критерий Краскела — Уоллиса = 30,56, $p = 0,000001$).

В этом плане представляет интерес работа Daou E. E. (2021), в которой автор сделал вывод о том, что размерная точность кобальтохромовых каркасов мостовидных протезов, изготовленных в фрезерно-шлифовальном станке и с помощью 3D-принтера, работающего по принципу селективного лазерного спекания, больше в сравнении с традиционной технологией литья по восковым моделям.

В исследованиях других авторов [Su T.-S., Sun J., 2016; Arezoobakhsh A. et al., 2020] выявлена достоверно большая размерная точность циркониевых каркасов мостовидных протезов, полученных методом фрезерования с применением внутриротового сканера, в сравнении с фрезерованными циркониевыми каркасами мостовидных протезов, изготовленными по цифровым изображениям гипсовых рабочих моделей челюстей, полученных лабораторным сканером ($p < 0,05$). Как отмечают Lüchtenborg J. et al. (2022) субтрактивный метод изготовления циркониевых мостовидных протезов более точен в сравнении с аддитивным методом. Однако эти исследования, в отличие от наших, не касались вопросов сравнительного анализа размерной точности мостовидных протезов, изготовленных с применением цифровых и традиционных технологий.

Наши данные не согласуются с результатами, полученными Kim D.-Y. et al. (2017), которые выявили большую размерную точность металлических каркасов мостовидных протезов, полученных по традиционной технологии литья из фрезерованных восковых заготовок в сравнении с каркасами мостовидных протезов,

полученных из беззольно выгораемых фотополимерных заготовок, созданных на 3D-принтере. Различия в полученных результатах объясняются, прежде всего, применением разных методик исследования и оборудования.

Таким образом, полученные нами данные о большей размерной точности каркасов мостовидных протезов, созданных с применением 3D-принтера и фрезерно-шлифовального станка, подтверждаются результатами исследований тех авторов, которые также обнаружили преимущества цифровых технологий.

5. О результатах разработки методики индексной оценки эффективности стоматологического ортопедического лечения

Для оценки эффективности лечения пациентов с дефектами твердых тканей, частичной и полной потерей зубов нами была разработана специальная программа «Индексная оценка эффективности стоматологического ортопедического лечения» (свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2023611371 от 19.01.2023, приложение Б), позволяющая осуществлять индексную оценку эффективности новых или уже имеющихся у пациента протезов, на основе специально разработанных для этого критериев (таблицы Е.1–6, приложение Е).

Для каждого критерия даны варианты ответов, из которых наиболее худшему (негативному) присваивается 0 баллов, а самому благоприятному — максимальное количество баллов, которое соответствует наименьшему общему кратному всех чисел вариантов ответов. Промежуточным же вариантам ответов соответствуют баллы с одинаковым шагом от нуля до наименьшего общего кратного. Данный алгоритм балльной оценки позволяет уравнивать значимость всех критериев, так как по каждому из них максимально можно набрать одинаковое количество баллов.

После завершения оценки по предложенным критериям программа подсчитывает количество набранных баллов, рассчитывает индекс и выдает вердикт об оценке эффективности лечения (см. главу «Материалы и методы исследования»).

С нашей методикой перекликается ранее предложенная С.Д. Арутюновым с соавт. (2021) программа для ЭВМ «Критерии качества конструкции мостовидного протеза для мобильных устройств iOS и Android», позволяющая оценивать качество конструкции полимерных и других мостовидных протезов на основании

системы определенных признаков. Однако предложенная авторами программа позволяет оценивать лишь эффективность ортопедического лечения с помощью мостовидных протезов, в отличие от нашей методики и программы, которая обладает универсальностью и позволяет оценивать эффективность лечения при самых разных патологических состояниях зубочелюстной системы.

6. О результатах разработки персонифицированной методики определения показаний к применению мостовидных протезов

При определении показаний к применению мостовидных протезов клиницистами учитываются многие факторы, такие как протяженность и топография дефекта зубного ряда, состояние и положение зубов, ограничивающих дефект, характер атрофии беззубого альвеолярного отростка, вид прикуса, окклюзионные взаимоотношения в различные фазы артикуляции, состояние других зубов, в том числе и утративших антагонистов.

При планировании ортопедического лечения мостовидными протезами важное значение имеет вопрос о выборе количества опорных зубов при разной топографии дефекта зубного ряда. Кроме того, при ослабленном пародонте запас резервных сил сокращается, а применение мостовидного протеза может привести к заболеванию пародонта [Вагнер В. Д. с соавт., 2004]. Эмпирический подход к определению показаний к применению мостовидных протезов, особенно при сложной клинической картине, отягощенной наличием травматической окклюзии, увеличивает опасность совершения ошибок. В этих условиях объективная оценка клинической картины, и в первую очередь состояния пародонта, является одной из главных предпосылок грамотного и эффективного ортопедического лечения [Жулев Е.Н., 1995; Лебедеико И. Ю. с соавт., 2022].

Основой для разработки персонифицированной методики определения показаний для применения мостовидных протезов служил, во-первых, тщательный анализ ведущих клинических симптомов, определяющих клиническую картину частичной потери зубов. Во-вторых, для этой цели была разработана специальная программа для ЭВМ «Определение показаний к применению мостовидных протезов».

зов» [свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2023611030 от 16.01.2023, приложение В].

Перед планированием ортопедического лечения проводится рентгенологическое обследование, на основании которого врач загружает рентгенограммы в специально разработанную программу, в которой по специальной схеме определяется степень атрофии лунки, соотношение высоты коронки и длины корня и рассчитывается индивидуальная площадь корней опорных зубов.

На втором этапе рассчитываются коэффициенты выносливости пародонта, выведенные из площади поверхности корней зубов. Для удаленных зубов применяются коэффициенты, предложенные Е. Н. Жулевым (1995). Для опорных же зубов рассчитываются коэффициенты с учетом значения индивидуальной площади корней и факторов, снижающих резервные силы пародонта (изменения в периапикальных тканях, витальность зубов, степень атрофии лунки, соотношение высоты коронки и длины корня, устойчивость зубов, наличие антагонистов).

На третьем этапе программа выдает заключение о целесообразности ортопедического лечения с применением мостовидного протеза или, наоборот, о наличии обнаруженных противопоказаний для его применения в конкретном клиническом случае с учетом всех полученных коэффициентов выносливости пародонта. Если полученная с помощью программы сумма коэффициентов опорных зубов будет меньше суммы коэффициентов удаленных зубов, то это следует признать противопоказанием для применения мостовидного протеза.

Таким образом, созданная нами программа позволяет учесть индивидуальные особенности клинической картины — определить степень атрофии альвеолярной части лунки опорных зубов с одновременным автоматизированным расчетом коэффициентов выносливости пародонта с учетом площади поверхности корней зубов, протяженности дефекта зубного ряда, состояния опорных зубов (витальность, устойчивость, изменения в периапикальных тканях, соотношение высоты коронки и длины корня и окклюзионные взаимоотношения — наличие или отсутствие антагонистов) и завершающим формированием заключения о целесо-

образности применения мостовидного протеза или, наоборот, о наличии противопоказания для его применения в данной клинической ситуации.

В свете этих данных представляет интерес методика планирования ортопедического лечения с помощью мостовидных протезов, предложенная Е.Н. Жулевым (1995), в которой выносливость пародонта оценивается лишь с трех позиций: степени атрофии лунки зуба, подвижности зубов и площади их корней. Недостатком данной методики является использование автором условных коэффициентов выносливости пародонта, выведенных на основании, во-первых, усредненных анатомических значений площади корней опорных зубов и, во-вторых, без учета факторов, снижающих резервные силы пародонта.

Известна также предложенная О. М. Брагиной с соавт. (2015) экспертная система определения показаний для применения металлокерамических мостовидных протезов. В базе данных, созданных автором, хранится описание рекомендаций для различных сочетаний клинических признаков. Система выводит рекомендацию, соответствующую выбранным значениям. Для случаев, не описанных в базе знаний, система выводит сообщение «Необходимо получить дополнительные данные обследования пациента». Принципиальным отличием предложенной нами цифровой методики является автоматизированное определение ведущих объективных клинических симптомов, влияющих на состояние резервных сил пародонта.

Для определения преимуществ сочетанного применения разработанных нами методик определения показаний и цифровой технологии изготовления мостовидных протезов нами было проведено обследование 32-х пациентов, распределенных на 2 группы.

Первую составили 14 пациентов, у которых ортопедическое лечение проводилось с применением 14 металлокерамических мостовидных протезов на каркасах из КХС, изготовленных по традиционной технологии литья.

Во вторую группу вошли 16 пациентов, ортопедическое лечение которых проводилось с применением цифровой методики определения показаний и цифровой технологии изготовления 6 мостовидных протезов на титановых и 10 цельнокерамических на каркасах из диоксида циркония.

Для оценки полученных результатов применяли балльную оценку критериев, представленных в таблице 88 на странице 217.

Общее количество баллов после оценки у 14 пациентов 14 металлокерамических мостовидных протезов на каркасах из КХС, изготовленных по традиционной технологии, составило 369 баллов, а после оценки у 16 пациентов 6 мостовидных протезов на титановых каркасах и 10 цельнокерамических на каркасах из диоксида циркония, изготовленных по цифровой технологии, составило 556 баллов, что существенно превосходит результат применения традиционной технологии.

Таким образом, сочетанное применение цифровых методик определения показаний и технологии изготовления мостовидных протезов обеспечивает достижение существенного преимущества в эффективности ортопедического лечения пациентов с частичной потерей зубов.

7. О результатах разработки индекса потери окклюзионных контактов для планирования тактики ортопедического лечения пациентов с частичной потерей зубов

Перед планированием ортопедического лечения для предварительного анализа состояния окклюзии и количественного подсчета имеющихся контактных точек/пунктов между зубами антагонистами нами был предложен специальный «индекс потери окклюзионных контактов зубных рядов» [патент № 2 784 783 «Способ оценки окклюзионных взаимоотношений зубных рядов» от 29.11.2022. Авторы Жулев Е. Н., Вельмакина И. В., Вокулова Ю. А., ПриложениеА].

Для расчета индекса получают цифровые изображения зубных рядов верхней и нижней челюстей с помощью интраорального сканера, проводят сканирование смыкания зубных рядов в положении привычной окклюзии и далее загружают полученные сканы в специализированное программное обеспечение CAD/CAM, где активируют функцию точечной визуализации окклюзионных контактов и проводят подсчет контактных пунктов на окклюзионных поверхностях зубных рядов. Для расчета индекса потери окклюзионных контактов зубных рядов предложены 2 формулы (1 - при наличии окклюзионных контактов верхнего и нижнего зубных рядов (с учетом переднего и бокового отдела) расчет рекомендуется вести по

формуле общего суммарного индекса; 2 — при наличии окклюзионных контактов только в боковых отделах зубных рядов и отсутствии их в переднем отделе (при наличии или отсутствии зубов) рекомендуется определять индекс окклюзионных взаимоотношений для боковых зубов.

В настоящее время известны различные способы оценки окклюзионных взаимоотношений зубных рядов, основанные на определении площади имеющихся контактных пунктов и их количества с применением различных материалов и устройств. Так Н. Н. Аболмасов (2004) предложил способ определения количественного индекса окклюдодограммы, получаемой с помощью бюгельного воска и диагностических моделей. Для ортогнатического прикуса индекс составляет 100 %. Меньшее значение индекса свидетельствует о неравномерной нагрузке и наличии преждевременных окклюзионных контактов. Недостатком этого метода, на наш взгляд, является субъективность и неточность оценки полученных результатов из-за возможной деформации восковых окклюдодограмм при их получении в полости рта и хранении.

Способ оценки окклюзионных контактов Е. В. Филимоновой с соавт. (2008) также основан на получении восковой окклюдодограммы в положении центральной окклюзии, которую обрезают по контурам окклюзионных контактов до дистальной поверхности первых постоянных моляров. Оставшуюся часть окклюдодограммы взвешивают на аналитических весах и вычисляют объем межокклюзионного пространства. Оценивают окклюзионные взаимоотношения антагонизирующих зубов учитывая, что объем межокклюзионного пространства для лиц с физиологической окклюзией составляет $0,99 \pm 0,01 \text{ см}^3$. Недостатком данного метода является наличие больших погрешностей, связанных с получением восковых окклюдодограмм и субъективностью вычислений.

Известен способ определения площади окклюзионных контактов, предложенный Л. Ш. Каракотовой (2009) и основанный на использовании артикуляционной бумаги, которую наклеивают на полоску лейкопластыря и вводят в полость рта пациента. Пациент смыкает зубы в положении привычной окклюзии, появляющиеся отпечатки на лейкопластыре фотографируют и вычисляют площадь окклюзионных контактов в компьютерной программе «Adobe Photoshop». Основ-

ным недостатком метода также является возможность появления погрешностей, обусловленных применением лейкопластыря и артикуляционной бумаги, которые при смыкании зубов подвергаются деформации, искажающей характер окклюзионных контактов.

Способ индексной оценки окклюзионных контактов боковых зубов, разработанный Н. Н. Аболмасовым (2018), основан на использовании двухсторонней артикуляционной бумаги подковообразной формы, на которой полученные отпечатки зубов фотографируют. Подсчитывают все контактирующие точки на боковых зубах нижней челюсти и проводят сравнение с данными нормы. Меньшее значение говорит об изменениях в окклюзионной схеме. Недостатками данного метода также является погрешность при использовании артикуляционной бумаги при разной силе смыкания зубов, недостаточной сухости рабочего поля, а также отсутствие четких цветовых отпечатков при наличии ортопедических конструкций с керамической облицовкой в силу их гладкости.

Таким образом, принципиальным отличием предложенного нами «индекса потери окклюзионных контактов зубных рядов» и методики его определения является использование цифровой технологии получения изображения окклюзионной поверхности зубных рядов и маркировки окклюзионных контактов, что в сравнении с остальными методами является бесспорным преимуществом. Кроме того, в нашей методике количество окклюзионных контактов определяется независимо от количества зубов антагонистов, а расчет индекса наряду с его высокой точностью не занимает много времени.

Для оценки результатов сочетанного применения индекса потери окклюзионных контактов зубных рядов и цифровой технологии получения изображений зубных рядов нами было проведено клиническое обследование 33-х пациентов (17 мужчин и 16 женщин) с дефектами твердых тканей и частичной потерей зубов, которые были разделены на 2 группы.

Первую составили 15 пациентов (9 мужчин и 6 женщин), которым предварительный анализ состояния окклюзии и планирование ортопедического лечения проводилось традиционным способом: регистрировали окклюзионные контакты

зубов с применением артикуляционной бумаги, получали оттиски зубных рядов, по которым изготавливали гипсовые модели и анализировали состояние окклюзии.

Вторую группу составили 18 пациентов (8 мужчин и 10 женщин), которым предварительный анализ состояния окклюзии и планирование ортопедического лечения проводилось с применением цифровой технологии получения внутриротовых изображений зубных рядов и расчета индекса потери окклюзионных контактов.

Для оценки полученных результатов проводили балльную оценку критериев, представленных в таблице 86 на странице 211. Общее количество баллов после оценки у 15 пациентов анализа окклюзии и планирования ортопедического лечения традиционным способом, составило 234, а после оценки у 18 пациентов сочетанного применения индекса потери окклюзионных контактов и цифровой технологии получения изображений зубных рядов — 329 баллов.

Таким образом, проведенный клинический анализ показал неоспоримое преимущество сочетанного применения цифровых технологий получения изображений зубных рядов и индекса потери окклюзионных контактов для повышения качества планирования ортопедического лечения.

8. О результатах разработки персонифицированной методики коррекции окклюзионных взаимоотношений зубных рядов с помощью цифровых технологий

По мнению многих авторов, основным клиническим признаком, отягощающим клиническую картину при дефектах зубов и зубных рядов является изменение характера окклюзии, что в свою очередь может стать одним из факторов развития различных патологических состояний зубочелюстной системы — деформации зубных рядов, формирования преждевременных окклюзионных контактов, развития дисфункции височно-нижнечелюстного сустава и парафункции жевательных мышц [Хватова В.А., 2008; Булычева Е. А., 2015; Самарина В.С. с соавт., 2017; Абакаров С.И., 2019]. При этом неадекватное распределение окклюзионной нагрузки, превращаясь в травмирующий фактор, нередко становится пусковым моментом в развитии тяжелых осложнений со стороны зубочелюстно-лицевой системы [Лебедеенко И.Ю. с соавт., 2021 и др.].

Для повышения эффективности устранения окклюзионных нарушений нами предложена методика коррекции окклюзионных контактов, которая заключается в следующем. После фиксации несъемных протезов у всех пациентов получали цифровые изображения зубных рядов с помощью внутриротового сканера. Цифровые изображения зубных рядов загружали в виртуальное пространство программного обеспечения DentalCAD 2.2 Valletta и активировали функцию визуализации окклюзионных контактов. Затем получали скриншоты цифровых изображений верхней и нижней челюсти. Скриншоты цифровых изображений с маркированными окклюзионными контактами распечатывали и проводили путем избирательного пришлифовывания зубов коррекцию выявленных суперконтактов.

Проведенное нами исследование по изучению эффективности предложенной методики и сравнительного анализа состояния окклюзионных контактов после фиксации несъемных протезов, изготовленных с применением различных видов артикуляторов, показало, что совпадение результатов компьютерного анализа окклюзии с применением T-ScanIII (Tekscan) и предложенной нами методики наблюдалось в 90 % случаев.

Полученные нами данные показали, что методика изготовления несъемных протезов с применением виртуального артикулятора различима от методик изготовления ортопедических конструкций с применением индивидуального и среднеанатомического артикуляторов ($p < 0,0167$) по признаку сбалансированности окклюзии. Между методиками изготовления несъемных протезов с применением индивидуального и среднеанатомического артикуляторов не было выявлено статистически значимого различия ($p < 0,0167$), что, на наш взгляд, объясняется наличием клинических и лабораторных погрешностей определения центрального соотношения челюстей и фиксации моделей в артикулятор. Применение цифровых технологий внутриротового сканирования, моделирования зубных протезов с использованием виртуального артикулятора и изготовление ортопедических конструкций в CAD/CAM системах позволяет получать протезы, не нуждающиеся в коррекции окклюзии при наложении в полости рта.

В плане проведенного исследования представляют интерес данные, полученные С. И. Козицыной с соавт. (2005), Ю. М. Николаевым с соавт., (2012), которые сделали вывод о том, что протезы, изготовленные с использованием индивидуального артикулятора «Protar» (KaVo) с электронной системой регистрации движений нижней челюсти «ARCUS digma» (KaVo), не требуют коррекции в полости рта. Другие авторы [Рогожников А. Г. с соавт., 2015] также отметили, что применение программного модуля «Виртуальный артикулятор», дает возможность точно контролировать анатомическую форму моделируемой реставрации с учетом индивидуальных статических и динамических окклюзионных параметров данного пациента, а Т. В. Чхиквадзе с соавт. (2019) заявили о том, что использование виртуального артикулятора для изготовления миорелаксирующих шин позволяет формировать их в строгом соответствии с индивидуальными параметрами окклюзии пациента, что дает возможность моделировать их с учетом индивидуальных траекторий движений нижней челюсти, что в свою очередь повышает эффективность лечения пациентов с внутренними нарушениями ВНЧС.

Для оценки результатов сочетанного применения методики коррекции окклюзионных контактов и цифровой технологии получения изображений зубных рядов нами было обследовано 35 пациентов (19 мужчин и 16 женщин), нуждающихся в проведении окклюзионной коррекции с помощью избирательного пришлифовывания зубов.

Пациенты были распределены на 2 группы. Первую составили 18 пациентов (10 мужчин и 8 женщин), избирательное пришлифовывание которым проводилось традиционным способом: регистрировали окклюзионные контакты зубов с применением артикуляционной бумаги и устраняли выявленные суперконтакты. Вторую группу составили 17 пациентов (9 мужчин и 8 женщин), избирательное пришлифовывание которым проводилось по предложенной нами методике.

После проведенного традиционным способом избирательного пришлифовывания зубов общее количество баллов у 18 пациентов составило 290, а после оценки у 17 пациентов проведенного по предложенной нами методике избирательного пришлифовывания — 333 баллов.

Таким образом, получено достоверное преимущество сочетанного применения цифровой методики коррекции окклюзионных контактов и цифрового способа получения изображений зубных рядов над изолированным применением лишь традиционного метода, что способствует выраженному повышению эффективности проведения избирательного пришлифовывания зубов.

9. О результатах клинической оценки эффективности применения искусственных коронок и мостовидных протезов, изготовленных с помощью цифровых технологий

Оценка эффективности ортопедического лечения с применением несъемных протезов проводилась нами на основе разработанной методики и программы для ЭВМ «Индексная оценка эффективности стоматологического ортопедического лечения» с использованием 19 критериев, позволяющих комплексно и достоверно оценивать изготовленные несъемные протезы и давать объективную оценку полученным результатам ортопедического лечения.

В этом исследовании принимали участие две группы пациентов. Первую составили 49 пациентов (24 мужчины и 25 женщин), ортопедическое лечение которым проводилось с помощью 107 металлокерамических искусственных коронок и 10 мостовидных протезов (с двумя опорными зубами — 8 протезов, с тремя — 2), изготовленных с применением традиционной технологии. Вторую группу составили 54 пациента (28 мужчин и 26 женщин) в возрасте от 29 до 70 лет, ортопедическое лечение которым проводилось с помощью 113 металлокерамических искусственных коронок и 23 мостовидных протезов (с двумя опорными зубами было 16 протезов, а с тремя — 7), изготовленных с применением цифровых технологий.

Полученные результаты позволили сделать вывод о том, что технологии внутриротового лазерного сканирования, компьютерного моделирования и автоматизированного производства по сравнению с традиционной технологией позволяют получать металлокерамические несъемные протезы с меньшим периодом привыкания к ним и лучшим качеством краевого прилегания, которое способствует предупреждению развития пришеечного кариеса и расцементировки протезов ($p < 0,00278$).

Среднее значение индекса эффективности стоматологического ортопедического лечения с применением несъёмных протезов, изготовленных традиционным методом, составило 0,82, что соответствует удовлетворительному результату лечения. Среднее же значение этого индекса при применении несъёмных протезов, изготовленных с использованием фрезерно-шлифовального станка CAD/CAM системы, составило 0,93, что свидетельствует о хорошем результате лечения.

Полученные нами данные согласуются с результатами других ранее проведенных клинических исследований по оценке эффективности применения несъёмных протезов, изготовленных с использованием цифровых технологий, согласно которым выживаемость несъёмных протезов, каркасы которых, например, изготовлены из диоксида циркония методом фрезерования, находится в пределах от 92 % до 100 % за период от 1 до 5 лет [Olsson K. et al., 2003; Heintze S. et al., 2010]. Основываясь на результатах клинических исследований З.В. Разумная (2012) установила, что 98,5 % искусственных коронок, изготовленных с применением CAD/CAM системы через год после фиксации, отвечают всем клиническим требованиям.

В плане оценки полученных нами результатов представляет интерес исследование Voeckler A. F. et al (2009, 2010), в котором авторы через 3 года после фиксации металлокерамических мостовидных протезов с титановыми каркасами, изготовленными с помощью CAD/CAM системы, пришли к выводу, что данные ортопедические конструкции обладают достаточно приемлемыми клиническими характеристиками. Однако оценка таких протезов через 6 лет после их фиксации показала, что искусственные коронки и мостовидные протезы на фрезерованных титановых каркасах обладают неудовлетворительными клиническими характеристиками из-за наличия большого количества сколов керамической облицовки [Heu J. et al., 2013, 2014]. Появление таких дефектов авторы связывают с несовершенством материалов, инструментов и оборудования, применяемых для изготовления протезов и высказывают предположение о том, что разработка новых материалов и усовершенствование цифровых технологий для изготовления зубных протезов могут способствовать улучшению ближайших и отдаленных результатов лечения.

10. О результатах изучения состояние пародонта опорных зубов посредством определения количества и рН десневой жидкости при ортопедическом лечении пациентов с применением несъемных протезов, изготовленных цифровым методом

Несъемные протезы, изготовленные традиционным способом, как правило, оказывают влияние на краевой пародонт за счет погружения края искусственных коронок в десневой карман. Объективным критерием оценки реакции пародонта является количество и рН выделяемой десневой жидкости как физиологической среды организма, транссудата сыворотки крови, заполняющей десневую борозду, количество которой резко возрастает при развитии воспалительного процесса [Шестопапов А. В., 2017; Янушевич О. О. с соавт., 2019].

Изменение количества десневой жидкости находится в прямой зависимости от нозологической формы и тяжести течения воспалительного процесса в пародонте. Так при отсутствии заболеваний пародонта площадь пропитывания равна 0–0,5 мм², при катаральном гингивите 0,5–1 мм², а при пародонтите — более 1 мм². В норме рН десневой жидкости колеблется от 6,30 до 7,93, при наличии же воспалительного процесса в тканях пародонта значение рН опускается ниже 6,3 [Янушевич О. О. с соавт., 2019].

В исследовании по изучению состояния пародонта опорных зубов посредством определения количества и рН десневой жидкости участвовали 47 пациентов (22 мужчины и 25 женщины), которые были разделены на две группы. Первую группу составили 22 пациента (9 мужчин и 13 женщин), ортопедическое лечение которым проводилось с применением несъемных протезов, изготовленных традиционным методом. Всего в данной группе было изготовлено 61 несъемный протез: 54 металлокерамических искусственных коронки и 7 металлокерамических мостовидных протезов.

Вторую составили 25 пациентов (13 мужчин и 12 женщин), ортопедическое лечение которым проводилось с применением несъемных протезов, изготовленных с использованием цифровых технологий. Всего в данной группе было изготовлено 65 несъемных протезов: 49 искусственных коронки (16 на титановых кар-

касах и 33 на каркасах из диоксида циркония) и 16 мостовидных протезов (6 на титановых каркасах и 10 на каркасах из диоксида циркония).

Результаты проведенного нами исследования показали, что среднее значение количества выделяемой десневой жидкости у пациентов, протезирование которых проводилось с применением искусственных коронок, изготовленных традиционным методом, составило $0,6333 \pm 0,1014 \text{ мм}^2$, что соответствует показателям, характерным для катарального гингивита. Среднее же значение количества выделяемой десневой жидкости у пациентов, протезирование которых проводилось с применением искусственных коронок, изготовленных цифровым методом, составило $0,3994 \pm 0,04145 \text{ мм}^2$, что свидетельствует об отсутствии реакции пародонта.

Анализ результатов проведенного исследования также показал, что среднее значение количества выделяемой десневой жидкости у пациентов, протезирование которых проводилось с применением мостовидных протезов, изготовленных традиционным методом, составило $0,7614 \pm 0,04452 \text{ мм}^2$, что соответствует показателям, характерным для катарального гингивита. Среднее же значение количества выделяемой десневой жидкости у пациентов, протезирование которых проводилось с применением мостовидных протезов, изготовленных цифровым методом, составило $0,495 \pm 0,04243 \text{ мм}^2$, что соответствует верхней границе нормы.

Таким образом, нами установлено, что количество выделяемой десневой жидкости у пациентов, протезированных искусственными коронками и мостовидными протезами, изготовленными с применением цифровых технологий, меньше на 34,3 % в сравнении с традиционным методом изготовления ортопедических конструкций ($p < 0,025$).

Результаты проведенного исследования показали, что среднее значение рН выделяемой десневой жидкости у пациентов, протезирование которых проводилось с применением искусственных коронок, изготовленных традиционным методом, составило $5,713 \pm 0,4514$, что соответствует показателям, характерным для воспалительного процесса. Среднее же значение рН выделяемой десневой жидкости у пациентов, протезирование которых проводилось с применением искусственных коронок, изготовленных цифровым методом, составило $6,684 \pm 0,3777$, что свидетельствует об отсутствии заболеваний пародонта.

Среднее значение рН выделяемой десневой жидкости у пациентов, протезирование которых проводилось с применением мостовидных протезов, изготовленных традиционным методом, составило $5,036 \pm 0,3079$, что соответствует показателям, характерным для воспалительного процесса. Среднее значение рН выделяемой десневой жидкости у пациентов, протезирование которых проводилось с применением мостовидных протезов, изготовленных цифровым методом, составило $6,344 \pm 0,322$, что соответствует нижней границе нормы значения рН выделяемой десневой жидкости.

Следует отметить, что традиционный и цифровой методы изготовления несъемных протезов различимы с уровнем значимости $p < 0,025$ по значению рН выделяемой десневой жидкости.

Проведенное нами исследование позволило установить, что показатели десневой жидкости (количество и рН) у опорных зубов, покрытых несъемными протезами, изготовленными цифровым методом, находятся ближе к пограничным значениям нормы, что свидетельствует о слабо выраженном их влиянии на состояние краевого пародонта, обусловленного прежде всего меньшей толщиной края искусственной коронки, не оказывающей отесняющего действия на десневой край в отличие от традиционных конструкций, имеющих более толстый край, во-вторых, анатомической формой протеза, мало отличающейся от естественного зуба, и в-третьих, значительно меньшим влиянием микробного ландшафта при более точном прилегании края искусственных коронок к придесневому уступу.

Полученные нами данные согласуются с результатами, полученными А. А. Копытовым (2007), который пришел к выводу, что ортопедическое лечение с применением металлокерамических мостовидных протезов, изготовленных традиционным методом, приводит к увеличению количества выделения десневой жидкости до величин, характерных для хронического катарального гингивита.

А. Н. Пархоменко с соавт. (2018) нашли корреляционную связь между количеством десневой жидкости и точностью прилегания искусственных коронок в области уступа, что свидетельствует о том, что недостаточный уровень техниче-

ского исполнения ортопедической конструкции определяет риски развития осложнений со стороны маргинального пародонта ($p < 0,05$).

Также полученные нами данные косвенно согласуются с результатами, полученными К. Ю. Обидным с соавт. (2020), которые при изучении микробного пейзажа десневой борозды у пациентов с несъемными протезами, пришли к выводу, что материал искусственных коронок, способ их изготовления и, как следствие, точность краевого прилегания играют первостепенную роль в формировании микробиоценоза десневой борозды и полости рта в целом. Штампованные коронки по данным этих авторов интенсивно влияют на микробиоценоз десневой борозды, а действие цельнолитых и металлокерамических коронок менее выражено, коронки же из диоксида циркония обладают самым минимальным воздействием на краевой пародонт.

Изучая влияние сплавов титана на состояние полости рта М. В. Михайлова (2019) установила достоверное преимущество частичных съемных протезов, изготовленных из фрезеруемого сплава титана, перед протезами, изготовленными из литейного сплава, так как у пациентов с литейным сплавом титана водородный показатель на 10 % был смещен в более кислую среду, что также подчеркивает приоритетное значение цифровых технологий.

11. О результатах сравнительной оценки эффективности цифровых технологий при ортопедическом лечении пациентов с применением частичных съемных протезов (дуговых и с металлическим базисом)

Сравнительная оценка эффективности цифровых технологий при ортопедическом лечении пациентов с применением частичных съемных протезов (дуговых и с металлическим базисом) на основе разработанной нами методики и программы для ЭВМ «Индексная оценка эффективности стоматологического ортопедического лечения» с использованием 9 критериев, позволяющих комплексно и достоверно оценивать изготовленные каркасы частичных съемных протезов и давать объективную оценку полученным результатам ортопедического лечения.

В исследовании по сравнительной оценке эффективности цифровых технологий при ортопедическом лечении с применением частичных съемных протезов (ду-

говых и с металлическим базисом) участвовали 30 пациентов, разделенных на две группы. Первую группу составили 15 пациентов (11 мужчин и 4 женщин), ортопедическое лечение которым проводилось с помощью съемных протезов, каркасы которых были изготовлены из КХС по традиционной технологии литья на огнеупорной модели. У 8 пациентов (6 мужчин и 2 женщины) применены 8 пластиночных съемных протезов с металлическим базисом, а у 7 пациентов (5 мужчин и 2 женщины) лечение проводилось с применением 7 дуговых протезов.

Вторую группу составили 15 пациентов (9 мужчин и 6 женщин), ортопедическое лечение которым проводилось с помощью частичных съемных протезов, изготовленных с использованием цифровых технологий. У 9 пациентов (5 мужчин и 4 женщины) применены 9 протезов с металлическим базисом, а у 6 пациентов (4 мужчин и 2 женщин) — 6 дуговых протезов.

На основании полученных данных было установлено, что каркасы частичных съемных протезов (с металлическим базисом и дуговые), изготовленные с использованием 3D-принтера и полимерной заготовки, обладают более высокой точностью, меньшими сроками адаптации к ним больных и снижением количества ошибок и осложнений. Среднее значение индекса эффективности стоматологического ортопедического лечения с применением частичных съемных протезов, изготовленных традиционным методом, составило 0,7, что соответствует удовлетворительному результату лечения. Среднее значение этого индекса при применении частичных съемных протезов, изготовленных с использованием цифровых технологий — 0,95, что соответствует хорошему результату лечения.

Исследования других авторов, в частности Soltanzadeh P. et al. (2019), показали, что как традиционные, так и цифровые методы изготовления каркасов съемных протезов позволяют получать их клинически приемлемую точность. Однако, другие авторы [Hu F. et al., 2019] отметили, что внутриротовое сканирование и 3D-печать для изготовления металлического каркаса съемных протезов являются преимущественной альтернативой традиционному методу литья, что совпадает с результатами нашего исследования.

12. О результатах сравнительного анализа эффективности цифровых технологий при изготовлении базисов полных съемных протезов

Побочное действие базисов съемных протезов на ткани протезного ложа наряду с другими факторами во многом определяется степенью их конгруентности. Именно поэтому проведение сравнительного анализа эффективности цифровых технологий при изготовлении базисов полных съемных протезов позволяет получить заключение о преимуществе этих методов.

Как показали наши экспериментальные исследования базисы полных съемных протезов, изготовленные из фотополимерного материала NextDent Base (внутриротовой лазерный сканер, 3D-принтер и программное обеспечение EchoCAD) обладают большей размерной точностью на 38,4 % в сравнении с базисами полных съемных протезов, изготовленными по традиционной технологии ($p < 0,05$, критерий Уилкоксона = 0, $p=0,031$).

Высокая размерная точность базисов полных съемных протезов, изготовленных с применением цифровых технологий, на наш взгляд, обусловлена, во-первых, получением цифровых изображений протезного ложа внутриротовым сканером, что исключает явление усадки оттискных материалов и расширения гипса при изготовлении рабочих моделей челюстей и, во-вторых, запрограммированной усадкой биологически совместимого фотополимерного материала для изготовления базисов полных съемных протезов аддитивным методом, что согласуется с результатами Goodacre B. J. et al. (2016) и Tasaka A. et al. (2019), которые также пришли к выводу, что полные съемные протезы, изготовленные с применением цифровых методов, обладают большей размерной точностью в отличие от съемных протезов, изготовленных традиционным способом.

В то же время ретенция полных съемных протезов, как установили Al Helal A. et al. (2017), изготовленных субтрактивным методом значительно выше, чем у полных съемных протезов, полученных традиционным способом, что, по мнению авторов, подтверждает их большую размерную точность. Однако, Hu Chen et al. (2015) не нашли статистических различий в размерной точности базисов полных съемных протезов, изготовленных с помощью 3D-принтера и традиционным методом.

13. О результатах разработки персонифицированной цифровой методики определения топографии нейтральной зоны протезного ложа беззубой челюсти

Неудовлетворительная фиксация полного съемного пластиночного протеза чаще всего является следствием плохого качества функционального оттиска, который в свою очередь зависит от точности определения границ индивидуальной ложки. Выход края базиса готового протеза за пределы нейтральной зоны в любом случае приводит к нарушению фиксации и стабилизации полных съемных протезов.

Традиционные методы определения границ нейтральной зоны слизистой оболочки беззубой челюсти состоят из следующих этапов [Жулев Е. Н., 2012; Коннов В. В. с соавт., 2015 и др.]: определение с помощью пальпации активно-подвижной и неподвижной слизистой оболочки, маркировка красителями границ нейтральной зоны слизистой оболочки, измерение с помощью микрометра ширины нейтральной зоны слизистой оболочки, визуальное определение ее границ на рабочей гипсовой модели.

Недостатком этих методов является высокая степень их субъективности, т.к. определение топографии нейтральной зоны переходной складки беззубой челюсти основано лишь на визуальном осмотре и пальпаторных ощущениях лечащего врача. Именно поэтому точность полученных данных зависит от квалификации, опыта и мануальных навыков исследователя. Кроме того, поскольку этот метод является внутриротовым, точно перенести полученные данные на рабочую модель челюсти практически невозможно.

Разработанная нами цифровая методика определения топографии нейтральной зоны слизистой оболочки беззубой челюсти основана на получении цифрового изображения рабочей гипсовой модели беззубой челюсти, создании в виртуальном пространстве программного обеспечения CAD/CAM серии трансверсальных срезов и их анализе. Предложенный способ позволяет расположить края индивидуальной оттисковой ложки точно в пределах нейтральной зоны слизистой оболочки переходной складки беззубой челюсти, что обеспечивает высокое качество индивидуальной ложки и функционального оттиска, что в конечном итоге способствует достижению

надежной фиксации полных съемных протезов [патент № 2792389 «Способ изготовления индивидуальной оттисковой ложки беззубой челюсти» от 21.03.2023. Авторы Жулев Е. Н., Вокулова Ю. А., приложение Д].

Для оценки эффективности предложенной методики мы провели специальное исследование, в котором приняли участие 19 пациентов (11 мужчин и 8 женщин) с полной потерей зубов. При ортопедическом лечении 9 пациентов (5 мужчин и 4 женщин) были изготовлены по традиционной методике (1 группа) 16 полных съемных протезов (9 — на верхнюю челюсть и 7 — на нижнюю челюсть). При ортопедическом лечении 10 пациентов (6 мужчин и 4 женщин) были изготовлены по предложенной нами цифровой методике (2 группа) 16 полных съемных протезов (10 — на верхнюю челюсть и 6 — на нижнюю челюсть).

Оценка эффективности ортопедического лечения с применением полных съемных протезов проводилась на основе разработанной методики и программы для ЭВМ «Индексная оценка эффективности стоматологического ортопедического лечения» с использованием 18 критериев, позволяющих комплексно и достоверно оценивать изготовленные протезы и давать объективную оценку полученным результатам ортопедического лечения.

Среднее значение индекса эффективности стоматологического ортопедического лечения с применением полных съемных протезов, изготовленных традиционным методом, составило 0,76, что соответствует хорошему результату лечения. Среднее же значение этого индекса при применении полных съемных протезов, изготовленных с использованием цифровой методики определения нейтральной зоны протезного ложа беззубой челюсти и цифровой технологией изготовления базисов протезов, составил 0,9, что соответствует более высокому результату лечения.

Анализ результатов применения цифрового способа определения топографии нейтральной зоны показал, что протезы, изготовленные по этой методике, обладали гораздо лучшей фиксацией и стабилизацией при горизонтальных или боковых векторах функциональной нагрузки, а также нуждались в меньшем количестве коррекций после наложения их в полости рта в сравнении с традиционным методом изготовления протезов для беззубых челюстей ($p < 0,00357$).

Для оценки эффективности сочетанного применения цифровой персонифицированной методики определения нейтральной зоны и цифровой технологии изготовления базисов полных съемных протезов нами было проведено специальное исследование, в котором приняли участие 19 пациентов (11 мужчин и 8 женщин) с полной потерей зубов. При ортопедическом лечении 9 пациентов были изготовлены по традиционной методике 16 полных съемных протезов (9 — на верхнюю челюсть и 7 — на нижнюю челюсть). При ортопедическом лечении 10 пациентов по предложенной нами методике было изготовлено 16 полных съемных протезов (10 — на верхнюю челюсть и 6 — на нижнюю челюсть). Оценка результатов сочетанного применения цифровых технологий изготовления базиса полных съемных протезов и персонифицированной методики определения нейтральной зоны протезного ложа беззубой челюсти проводилась на основе разработанных нами критериев (таблица 90, с. 225).

Среднее значение индекса эффективности стоматологического ортопедического лечения с применением полных съемных протезов, изготовленных традиционным методом, составило 0,32. Среднее же значение этого индекса при сочетанном применении персонифицированной цифровой методики определения нейтральной зоны и цифровой технологии изготовления базисов протезов заметно увеличилось и составило 0,93, что соответствует высокому результату лечения.

Таким образом, методика сочетанного применения персонифицированных цифровых методики определения нейтральной зоны и цифровой технологии изготовления базисов протезов позволяет повысить точность определения топографии нейтральной зоны беззубой челюсти, определения границ края индивидуальной оттискной ложки, способствует повышению качества функционального оттиска, сокращению времени клинического приема, необходимого для припасовки индивидуальной ложки и получения функционального оттиска, а в конечном итоге способствует достижению преимуществ в повышении эффективности фиксации протезов и в целом ортопедического лечения пациентов с полной потерей зубов.

14. О результатах изучения с помощью инфракрасной термометрии состояния слизистой оболочки протезного ложа под съёмными протезами, изготовленными с применением цифровой технологии

Инфракрасная термометрия, основанная на измерении температуры с последующей регистрацией собственного теплового излучения тела человека в инфракрасной зоне электромагнитного спектра, относится к одному из самых современных и безопасных методов диагностики воспалительного процесса, позволяющая определить локализацию патологического процесса [Морозов Е. М. с соавт., 2018; Дурново Е. А. с соавт., 2020].

Инфракрасная термометрия дает возможность диагностировать начальные признаки воспалительной реакции еще до появления клинических признаков, когда над патологическим очагом увеличивается интенсивность инфракрасного излучения, вызывающая изменения теплового рисунка изучаемой области [Дурново Е. А. с соавт., 2014; Саакян М. Ю. с соавт., 2016; Жулев Е. Н. с соавт., 2020].

Этот метод используется в стоматологии для прогнозирования послеоперационных осложнений у стоматологических пациентов [Марочкина М. С., 2013, Дурново Е. А. с соавт., 2014], для оценки функционального состояния жевательных мышц и ВНЧС [Вельмакина И. В., 2016], для оценки состояния тканей пародонта [Саакян М.С.,2016; Жулев Е. Н. с соавт., 2020], для определения микроциркуляторных нарушений в языке у больных с синдромом «пылающего рта» [Тиунова Н. В., 2018], позволяет оценить состояние кровотока и реваскуляризации свободного десневого трансплантата, судить о состоянии интенсивности процессов воспаления и регенерации раны [Беспалова Н. А., с соавт., 2020]. Однако при анализе данных литературы мы не встретили сведений о применении инфракрасной термометрии для оценки реакции слизистой оболочки протезного ложа под съёмными протезами, что послужило поводом для проведения этого исследования в нашей работе.

Нами было изучено состояние слизистой оболочки протезного ложа с использованием метода инфракрасной термометрии у лиц 3 групп: 1 — у 15 пациентов (7 мужчин и 8 женщин) с частичной (11 пациентам были изготовлены 15 дуговых протезов) и полной потерей зубов (4 пациентам были изготовлены 7 съём-

ных протезов), протезирование которых проводилось с применением традиционных технологий; 2 — у 15 пациентов (9 мужчин и 6 женщин) с частичной (11 пациентам были изготовлены 11 дуговых протезов) и полной потерей зубов (4 пациентам были изготовлены 8 съемных протезов), протезирование которых проводилось с применением цифровых технологий; 3 — у лиц контрольной группы (группа сравнения) (16 пациентов — 7 мужчин и 9 женщин) с дефектами зубных рядов, не пользовавшихся съемными протезами.

У пациентов, протезирование которых проводилось с применением протезов, изготовленных по традиционной технологии (1 группа), значения инфракрасной термометрии слизистой оболочки протезного ложа для верхней челюсти имели следующие значения: в области отсутствующих первых моляров между швом неба и основанием альвеолярного отростка в пределах 31,5–32,9°C (Me = 32,3°C), на середине ската альвеолярного отростка с небной стороны — 31,3–33,2°C (Me = 32,25°C), на середине ската альвеолярного отростка с вестибулярной стороны — 31,3–33,2°C (Me = 32,3°C), на гребне альвеолярного отростка — 31,4–35,9°C (Me = 32,1°C). На нижней челюсти получены следующие результаты: на середине ската альвеолярной части с небной стороны — 32,0–33,5°C (Me = 32,9°C), на середине ската альвеолярной части с вестибулярной стороны — 32,1–33,4°C (Me = 32,8°C), на гребне альвеолярной части — 32,1–33,5°C (Me = 32,9°C).

У пациентов, протезирование которых проводилось съемными протезами, изготовленными с применением цифровых технологий (2 группа), значения инфракрасной термометрии слизистой оболочки протезного ложа для верхней челюсти составили: в области отсутствующих первых моляров между швом неба и основанием альвеолярного отростка в пределах 27,9–31,8°C (Me = 30,2°C), на середине ската альвеолярного отростка с небной стороны — 27,8–31,9°C (Me = 30,8°C), на середине ската альвеолярного отростка с вестибулярной стороны — 27,8–31,8°C (Me = 30,8°C), на гребне альвеолярного отростка — 27,9–31,8°C (Me = 30,65°C). На нижней челюсти получены следующие результаты: на середине ската альвеолярной части с небной стороны — 28,7–31,9°C (Me = 30,6°C), на середине ската альвеолярной части с вестибулярной стороны — 28,7–31,8°C (Me = 30,6°C), на гребне беззубой альвеолярной части — 21,0–31,9°C (Me = 30,55°C).

Результаты проведенного исследования показали, что наиболее высокие показатели инфракрасной термометрии протезного ложа беззубого альвеолярного отростка и свода неба в сравнении с контрольной группой были выявлены у пациентов с частичной и полной потерей зубов, которые пользовались съёмными протезами ($p < 0,0021$). При этом было установлено, что у пациентов, пользующихся протезами, изготовленными традиционным методом, показатели термометрии были заметно выше в сравнении с пациентами, которые пользовались протезами, изготовленными с применением цифровых технологий ($p < 0,0021$).

Таким образом, проведение инфракрасной термометрии позволило получить достоверные различия и определить границы воспалительной реакции слизистой оболочки протезного ложа под съёмными протезами, изготовленными с применением традиционных и цифровых технологий ($p < 0,0021$) и установить, что применение съёмных протезов, изготовленных с применением цифровых технологий, позволяет существенно снизить воспалительную реакцию слизистой оболочки на воздействие базиса съёмного протеза за счет более высокого качества протезов. Однако эта реакция полностью не устраняется, что свидетельствует о частичном сохранении побочного действия базисов съёмных протезов на ткани протезного ложа, обусловленного, прежде всего необычным способом передачи жевательного давления на ткани протезного ложа.

15. О результатах разработки персонифицированной цифровой методики оценки точности установки зубных имплантатов

Применение предложенной нами методики анализа послеоперационного положения имплантатов в клинике показало, что у всех пациентов (11 пациентов, 15 имплантатов) обнаружены отклонения в положении имплантатов после операции, в среднем угловое отклонение составило $4,453 \pm 2,554^\circ$, линейное отклонение в области апикальной части имплантата — $1,713 \pm 0,7506$ мм, в области корональной части имплантата — $1,499 \pm 0,9248$ мм, что свидетельствует о наличии погрешностей в методике применения навигационной хирургии, которые связаны с точностью применяемого цифрового оборудования и методикой для создания хирургических шаблонов.

В плане проведенного нами исследования представляет интерес работа Soares M. M. et al. (2012), которые установили, что среднее угловое расхождение между виртуальным и реальным положением 18 установленных имплантатов составило $2,16 \pm 0,92$ градуса. Среди размещённых имплантатов 66,7 % располагались в среднем на $0,38 \pm 0,03$ мм апикальнее запланированного вертикального положения, а 33,3 % — на $0,39 \pm 0,03$ мм корональнее. Несколько иные данные получили Derksen W. et al. (2019), которые определили, что среднее угловое расхождение между виртуальным и реальным положением имплантатов, установленных с помощью навигационных шаблонов, составляет $2,72 \pm 1,42$ градуса, апикальное отклонение — $1,06 \pm 0,44$ мм, корональное отклонение — $0,75 \pm 0,34$ мм. Выживаемость имплантатов через 24 месяца составила 99,3 %. На наш взгляд, полученные авторами в отличие от наших значительно меньшие величины, объясняются, прежде всего, применением других методик установки имплантатов и оценки полученных результатов.

Большинство авторов [Lee J.H. et al., 2013; Bell C.K et al., 2018 и др.] для определения линейных и угловых отклонений в положении имплантатов применяли методику анализа до- и послеоперационных КЛКТ, которая имеет ряд недостатков: наличие артефактов от металлических конструкций, невозможность выделить из общего объема информации виртуальное изображение имплантатов, данные КЛКТ не объединяются с цифровыми изображениями зубных рядов, полученными с помощью внутриротового сканирования, что существенно затрудняет измерение отклонений между планируемым и фактическим положением имплантата.

Другие авторы [Skjerven H. et al., 2019] предлагают совмещать в виртуальном пространстве программного обеспечения CAD/CAM цифровые изображения зубных рядов, полученные после имплантации с виртуальным планом расположения имплантатов, но не объединяют полученные данные с результатами КЛКТ, что также приводит к потере точности измерения линейных и угловых отклонений в положении дентальных имплантатов после операции.

16. Об экономической эффективности изготовления ортопедических конструкций, полученных с помощью традиционных и цифровых технологий

Применение экономических методов оценки цифровых и традиционных технологий способствует выбору оптимального с точки зрения финансовых возможностей пациентов способа ортопедического лечения и изготовления зубных протезов, основанного не только на его клинической эффективности, но в том числе и на его экономической целесообразности.

Результаты нашего исследования показали, что наиболее дешевой является технология изготовления гипсовой модели челюсти, стоимость же затрат на изготовление модели челюсти с помощью 3D-принтера на 68,6 % дороже, что объясняется прежде всего затратами на дорогостоящий фотополимерный материал. Также было установлено, что изготовление моделей челюстей с применением цифровых технологий (внутриротового лазерного сканирования и 3D-принтера) требует на 40 % больше времени по сравнению с традиционным методом их изготовления ($p < 0,0167$).

Самой дешевой технологией изготовления искусственной коронки из диоксида лития является применение 3D-принтера в отличие от традиционной технологии прессования, которая на 1,7 % дороже. Технология изготовления искусственной коронки с помощью CAD/CAM системы из материала E.max CAD на 67,6 % дороже метода изготовления с помощью 3D-принтера. Наиболее дорогостоящим из рассмотренных оказался метод изготовления искусственной коронки из диоксида лития с помощью CAD/CAM системы из беззольно выгораемого материала C-Cast, с последующей его заменой на материал IPS e.max® Press.

Наиболее дешевой технологией является изготовление каркасов металлокерамических искусственных коронок традиционным способом, стоимость же затрат на изготовление каркасов с помощью 3D-принтера по технологии цифровой светодиодной проекции дороже на 60 %, с помощью 3D-принтера по технологии селективного лазерного спекания оказалась дороже в 2,9, а с помощью CAD/CAM системы дороже в 3,8 раза. Изготовление каркаса металлокерамической искусственной коронки с применением цифровых технологий требует в 2,8 раза меньше времени в сравнении с традиционным методом литья ($p < 0,0167$).

Изготовление временной искусственной коронки клиническим способом на 67,2 % дороже метода изготовления с помощью 3D-принтера. Кроме того, изготовление временной искусственной коронки с применением цифровых технологий требует меньше времени по сравнению с традиционными методами ($p < 0,0167$).

Изготовление каркасов дуговых протезов традиционным способом следует признать наименее дорогостоящей технологией. Стоимость же затрат на изготовление каркасов дуговых протезов с помощью 3D-принтера по технологии цифровой светодиодной проекции дороже на 42,2 %, с помощью 3D-принтера по технологии селективного лазерного спекания дороже на 74,6 %. Кроме того, было выяснено, что изготовление каркаса дугового протеза с применением цифровых технологий требует меньше времени по сравнению с традиционным методом литья ($p < 0,0167$).

Стоимость затрат на изготовление полных съемных протезов с помощью 3D-принтера на 54,9 % дороже традиционного способа, что объясняется затратами на фотополимерный материал.

Как отмечает С. В. Апресян (2020) клинико-экономическая эффективность комплекса цифрового планирования стоматологического лечения выше по сравнению с аналоговыми технологиями. Эти данные уточнили Р.М. Искендеров с соавт. (2017), которые установили, что медико-экономический эффект от внедрения цифровых технологий в деятельность зуботехнической лаборатории выражается в снижении затрат времени на производство ортопедических конструкций, а А.Р. Эртесян с соавт. (2020) заявили, что цифровой метод изготовления полного съемного пластинчатого протеза с применением 3D-принтера Form 3 наименее затратный и экономически более выгодный по сравнению с традиционным методом.

Таким образом, наши исследования показали, что применение цифровых технологий при изготовлении временных коронок, каркасов металлокерамических и коронок из дисиликата лития, каркасов дуговых протезов имеет тенденцию к снижению затрат либо за счёт снижения себестоимости услуги, либо за счёт уменьшения времени для ее оказания. Лишь изготовление рабочих гипсовых моделей челюстей и базисов полных съемных протезов традиционными методами следует признать более дешевыми технологиями в сравнении с цифровыми.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Таким образом, разработка и внедрение новых персонифицированных цифровых методик ортопедического лечения пациентов с частичной и полной потерей зубов (методика оценки эффективности ортопедического стоматологического лечения, методика и программа для ЭВМ по определению показаний к применению мостовидных протезов, индекс потери окклюзионных контактов и методика коррекции окклюзии зубных рядов, методика определения топографии нейтральной зоны протезного ложа беззубой челюсти, методика и программа для ЭВМ по оценке точности установки дентальных имплантатов), изучение реакции краевого пародонта на несъемные протезы, состояния слизистой оболочки протезного ложа под съёмными протезами и полученные новые данные об эффективности цифровых технологий при изготовлении рабочих моделей челюстей, временных и постоянных несъемных и базисов съёмных протезов, о внутреннем и краевом прилегании искусственных коронок, изготовленных с помощью традиционных и цифровых технологий, об экономическом обосновании изготовления ортопедических конструкций способствуют повышению эффективности ортопедического лечения пациентов с частичной и полной потерей зубов.

Перспективы дальнейшей разработки темы

Полученные новые данные экспериментальных и клинических исследований позволяют сформулировать перспективы дальнейшей разработки темы:

- совершенствование цифровых технологий изготовления зубных протезов;
- разработка новых материалов для субтрактивного и аддитивного методов изготовления зубных протезов;
- разработка новых методов лечения пациентов с дефектами твердых тканей зубов, частичной и полной потерей зубов;
- разработка и внедрение роботизированных систем, позволяющих в автоматизированном режиме осуществлять манипуляции в полости рта;
- совершенствование программ обучения специалистов по цифровым технологиям в стоматологии.

ВЫВОДЫ

1. Рабочие модели челюстей, изготовленные с использованием цифровых оттисков из фотополимерного материала Freerprint model UV (DETAX, Германия) с помощью 3D-принтера, обладают достоверно большей размерной точностью в сравнении с гипсовыми (Fujirock (GC, Япония) моделями, полученными по одноэтапным двухслойным А-силиконовым оттискам ($p < 0,05$).
2. Временные искусственные коронки, изготовленные субтрактивным методом, обладают достоверно большей размерной точностью на 51,6 %, а при использовании аддитивного метода на 48,4 % в сравнении с временными искусственными коронками, выполненными традиционным методом горячей полимеризации акриловой пластмассы. Величина краевого прилегания в два раза меньше, а внутреннего прилегания в три раза меньше у временных искусственных коронок, изготовленных с помощью 3D-принтера и на фрезерно-шлифовальном станке по сравнению с лабораторным методом изготовления временных искусственных коронок из акриловой пластмассы Синма М.
3. Титановые каркасы металлокерамических искусственных коронок (на 24,5 %), изготовленные субтрактивным методом, и каркасы мостовидных протезов (на 29,2 % из титана для субтрактивного метода, на 29,7 % для каркаса из диоксида циркония и на 15,9 % для аддитивного метода изготовления беззольно выгораемого каркаса) обладают достоверно большей размерной точностью в сравнении с каркасами искусственных коронок из КХС, изготовленными традиционным методом литья. Каркасы керамических искусственных коронок, изготовленные субтрактивным методом из заготовки Emax CAD обладают достоверно большей размерной точностью на 15,4 %, из заготовки C-Cast на 12,3 %, а изготовленные аддитивным методом на 13,2 % в сравнении с каркасами из дисиликата лития, изготовленных традиционным методом прессования.
4. Величины краевого прилегания каркасов искусственных коронок, изготовленных в фрезерно-шлифовальном станке CAD/CAM системы из блоков E.max CAD в 5,60 раза, изготовленных из заготовок беззольного полимерного материала C-Cast и с применением 3D-принтера в 4,65 раза достоверно меньше ве-

личины краевого прилегания каркасов, полученных по традиционной технологии прессования. Величины внутреннего прилегания каркасов керамических искусственных коронок из дисиликата лития, изготовленных методом фрезерования в CAD/CAM системе, в 2,37 раза, изготовленных из беззольного полимерного материала KaVo C-Cast в 2,32 раза и изготовленных с применением 3D-принтера в 2,36 раза достоверно меньше величины внутреннего прилегания каркасов, полученных по традиционной технологии прессования.

5. Величина краевого прилегания титановых каркасов металлокерамических искусственных коронок, изготовленных субтрактивным методом, в 2,8 раза меньше, чем величина краевого прилегания каркасов, изготовленных традиционным методом литья из КХС. Величина внутреннего прилегания титановых каркасов металлокерамических искусственных коронок, изготовленных субтрактивным методом, в 2,1 раза меньше величины внутреннего прилегания для каркасов, изготовленных традиционным методом литья из КХС.
6. Цифровая методика «Определения показаний к применению мостовидных протезов», основанная на использовании данных рентгенографии о состоянии пародонта отличается высокой точностью и позволяет проводить автоматизированный расчет коэффициентов выносливости пародонта опорных зубов с учетом площади поверхности корней и их состояния (витальности, устойчивости, изменений в периапикальных тканях, окклюзионных взаимоотношений), протяженности дефекта зубного ряда и на основании этих данных формировать заключение о целесообразности или, наоборот, об отсутствии показаний для применения мостовидного протеза в конкретной клинической ситуации.
7. Индекс потери окклюзионных контактов позволяет оценивать состояние окклюзии, осуществлять количественный подсчет имеющихся контактных точек/пунктов между зубами антагонистами до и после ортопедического лечения и давать рекомендации по тактике устранения окклюзионных нарушений. Разработанная с использованием этого индекса персонифицированная методика коррекции окклюзионных взаимоотношений зубных рядов позволяет усовершенствовать алгоритм количественной оценки окклюзион-

- ных контактов, выявлять преждевременные контакты и проводить эффективный контроль качества избирательного пришлифовывания зубов.
8. Разработанная автоматизированная методика индексной оценки эффективности ортопедического стоматологического лечения, созданная на основе специально разработанных для этой цели критериев оценки, позволяет устранить субъективизм при оценке результатов ортопедического лечения пациентов с дефектами твердых тканей, частичной и полной потерей зубов.
 9. Показатели количества и pH десневой жидкости у опорных зубов, покрытых искусственными коронками, изготовленными цифровым методом, находятся ближе к пограничным значениям (среднее значение количества десневой жидкости $0,4372 \pm 0,06277 \text{ мм}^2$, среднее значение pH — $6,549 \pm 0,3921$), отражающих значительно меньшее их влияние на состояние краевого пародонта в сравнении с традиционным методом изготовления несъемных протезов (среднее значение количества десневой жидкости $0,6597 \pm 0,106 \text{ мм}^2$, среднее значение pH — $5,574 \pm 0,5057$) ($p < 0,025$).
 10. Каркасы частичных съемных протезов (дуговых и с металлическим базисом), изготовленные из полимерной беззольно выгораемой заготовки с помощью 3D-принтера, обладают более высокой точностью и качеством исполнения, меньшими сроками адаптации к ним больных и общим снижением количества ошибок и осложнений в процессе ортопедического лечения ($p < 0,00556$).
 11. Изучение состояния слизистой оболочки под базисами съемных протезов с помощью инфракрасной термометрии позволило установить более высокие показатели ($32,45^\circ \pm 0,28^\circ$) у пациентов, пользующихся съемными протезами, изготовленными традиционным методом в сравнении с показателями у пациентов, пользовавшихся протезами, изготовленными с применением цифровых технологий ($30,4^\circ \pm 2,20^\circ$, $p < 0,0021$) и позволивших за счет их более высокой размерной точности ($p < 0,05$) существенно снизить воспалительную реакцию слизистой оболочки протезного ложа на воздействие базиса съемного протеза.
 12. Персонафицированный цифровой метод определения линейных отклонений в области апикальной и корональной частей имплантата, а также угловых отклонений в сагиттальной плоскости между их длинными осями, позволя-

ет достоверно оценивать точность установки дентальных имплантатов между запланированным и фактическим их положением после операции, способствуя повышению качества имплантологического лечения.

13. Сочетанное применение цифрового способа определения показаний и цифровой технологии изготовления мостовидных протезов обеспечивает выбор оптимального плана ортопедического лечения, исключая возможные ошибки и в совокупности с высоким техническим исполнением протеза позволяет достичь наибольшей результативности ортопедического лечения пациентов с частичной потерей зубов.
14. Сочетанное применение цифровой методики получения изображений зубных рядов и индекса потери окклюзионных контактов дает неоспоримое преимущество в диагностике нарушений окклюзии и выборе наиболее рационального плана ортопедического лечения в сравнении с традиционным методом.
15. Сочетанное применение цифровой методики коррекции окклюзионных взаимоотношений и цифрового способа получения изображений зубных рядов, в отличие от изолированного использования лишь традиционного метода, способствует высокоэффективному проведению избирательного пришлифовывания зубов.
16. Сочетанное применение персонифицированной цифровой методики определения нейтральной зоны и цифровой технологии изготовления базисов протезов способствует повышению эффективности фиксации и стабилизации протезов, снижению их побочного действия на ткани протезного ложа, а в целом повышению результативности ортопедического лечения пациентов с полной потерей зубов.
17. Применение цифровых технологий при изготовлении временных коронок, каркасов металлокерамических и коронок из дисиликата лития, каркасов дуговых протезов и съемных протезов с металлическим базисом имеет тенденцию к снижению затрат либо за счёт снижения себестоимости услуги, либо за счет уменьшения времени для ее оказания. Изготовление рабочих гипсовых моделей челюстей и базисов полных съемных протезов традиционными методами относятся к более дешевым технологиям в сравнении с цифровыми.

ПРАКТИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ

1. Для обеспечения высокого качества изготавливаемых зубных протезов следует использовать аддитивные цифровые технологии, позволяющие получать фотополимерные рабочие модели челюстей с высокой размерной точностью.
2. Внедрение в клиническую практику временных искусственных коронок из материалов VITA CAD-Temp и NextDent C&B MFH, металлокерамических коронок и искусственных коронок из дисиликата лития, изготовленных с применением цифровых технологий, позволяет достичь лучших показателей краевого и внутреннего прилегания в сравнении с традиционными технологиями изготовления несъемных протезов.
3. Применение технологии внутриротового лазерного сканирования, компьютерного моделирования и автоматизированного производства позволяет изготавливать металлокерамические искусственные коронки и мостовидные протезы с наиболее высоким качеством внутреннего и краевого прилегания, способствующих предупреждению развития пришеечного кариеса, расцементирования протезов и увеличению сроков их службы.
4. При изготовлении каркасов частичных съемных протезов (дуговых и с металлическим базисом) предпочтение следует отдавать цифровому методу их изготовления из беззольно выгораемой заготовки, обеспечивающему получение протезов более высокой точности.
5. Планирование ортопедического лечения, основанное на применении разработанной персонифицированной методики определения показаний к применению мостовидных протезов позволяет избежать ошибок в оценке клинической картины частичной потери зубов и прогноза результатов ортопедического лечения.
6. Использование индекса потери окклюзионных контактов зубных рядов позволяет достоверно оценивать состояние окклюзии до ортопедического лечения и определять тактику устранения окклюзионных нарушений.
7. Внедрение в клиническую практику персонифицированной методики коррекции окклюзионных взаимоотношений зубных рядов позволяет прово-

- дать количественную оценку окклюзионных контактов, определять показания к ортопедическому лечению, выявлять преждевременные контакты и осуществлять контроль качества избирательного пришлифовывания зубов.
8. Применение автоматизированной методики индексной оценки эффективности ортопедического лечения позволяет достоверно оценивать его результаты, разрабатывать рекомендации по устранению возможных ошибок и осложнений и учитывать их при повторном ортопедическом лечении пациентов с дефектами твердых тканей зубов, частичной и полной потерей зубов.
 9. Применение предложенной цифровой методики оценки точности установки зубных имплантатов способствует повышению результативности всего комплекса имплантационного лечения.
 10. Использование цифровой методики определения топографии нейтральной зоны переходной складки слизистой оболочки протезного ложа способствует точному определению границ индивидуальной ложки, повышению качества функционального оттиска и обеспечению лучшей фиксации протезов при ортопедическом лечении пациентов с полной потерей зубов.
 11. Для повышения точности диагностики нарушений окклюзии и выбора наиболее рационального плана ортопедического лечения предпочтение следует отдавать сочетанному применению цифровой методики получения изображений зубных рядов, индекса потери окклюзионных контактов и цифровой методики коррекции окклюзионных взаимоотношений зубных рядов.
 12. Достижение высокого качества избирательного пришлифовывания зубов обеспечивается сочетанным применением цифровой методики коррекции окклюзионных взаимоотношений и цифрового способа получения изображений зубных рядов.
 13. Повышению эффективности ортопедического лечения пациентов с полной потерей зубов способствует сочетанное применение персонифицированной цифровой методики определения нейтральной зоны и цифровой технологии изготовления базисов протезов, способствующие улучшению фиксации и

стабилизации полных съемных протезов и снижению их побочного действия на ткани протезного ложа.

14. Повышение экономической эффективности применения цифровых технологий при изготовлении временных коронок, каркасов металлокерамических и коронок из дисиликата лития, каркасов дуговых протезов и съемных протезов с металлическим базисом обеспечивается снижением затрат на себестоимость услуги или за счет уменьшения времени для ее оказания. Лишь изготовление рабочих гипсовых моделей челюстей и базисов полных съемных протезов традиционными методами являются более дешевыми технологиями в сравнении с цифровыми.

СПИСОК СОКРАЩЕНИЙ И УСЛОВНЫХ ОБОЗНАЧЕНИЙ

ВНЧС — височно-нижнечелюстной сустав

КЛКТ — конусно-лучевая компьютерная томография

КХС — кобальт-хромовый сплав

МРТ — магнитно-резонансная томография

СОПР — слизистая оболочка полости рта

CAD/CAM — система автоматизированного проектирования и изготовления

3D — трехмерное изображение

SLA — стереолитография

SLS — селективное лазерное спекание

DLP — цифровая светодиодная проекция

DMLS — прямое лазерное спекание металлов

EBF — производство произвольных форм электронно-лучевой плавкой

EBM — электронно-лучевая плавка

SLM — выборочная лазерная плавка

SHS — выборочное тепловое спекание

3DP — струйная трехмерная печать

LOM — изготовление объектов методом ламинирования

FDM — моделирование методом послойного наплавления

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. 3D-принтеры: история и технологии трехмерной печати / Н. В. Кушнир, А. В. Кушнир, А. М. Геращенко, А. Д. Тыртышный // Научные труды КубГТУ : электронный сетевой политематический журнал. — 2015. — № 6. — URL: <https://ntk.kubstu.ru/data/mc/0013/0470.pdf>. — Дата публикации: 01.06.2015.
2. 3D-принтеры: технологии трехмерной печати и их влияние на общество и экономику / Н. В. Кушнир, А. В. Кушнир, А. М. Геращенко, В. А. Терьякин // Научные труды КубГТУ : электронный сетевой политематический журнал. — 2015. — № 5. — URL: <https://ntk.kubstu.ru/data/mc/0012/0454>. — Дата публикации: 01.05.2015.
3. CAD/CAM технологии как малоинвазивный метод в ортопедической стоматологии / В. В. Кошкин, Н. В. Сальников, Д. С. Симонов, Е. А. Бандура // Бюллетень медицинских интернет-конференций : электронный журнал. — 2018. — Т. 8, № 7. — С. 298. — URL: <https://medconfer.com/node/18360>. — Дата публикации: 01.07.2018.
4. CAD/CAM-системы в стоматологии / С. И. Абакаров, А. С. Баландина, Д. В. Сорокин [и др.] — М. : Российская медицинская академия непрерывного профессионального образования. — 2016. — 96 с. — ISBN978-5-7249-2616-4.
5. Абакаров, С.И. Основы анатомии, окклюзии и артикуляции в стоматологии / С. И. Абакаров. — Москва: ГЭОТАР-Медиа. — 2019. — 528 с. — ISBN978-5-9704-5356-8.
6. Аболмасов, Н. Н. Избирательная шлифовка зубов / Н. Н. Аболмасов ; Смоленская государственная медицинская академия. — Смоленск : [б. и.], 2004. — 91 с.
7. Автоматизированный анализ рентгеновских изображений височно-нижнечелюстного сустава у пациентов с ортогнатическим прикусом и физиологической окклюзией / М.А. Постников, О. В. Слесарев, Д. А. Трунин и

- [др.] // Вестник рентгенологии и радиологии. — 2019. — Т. 100, № 1. — С. 6–14.
8. Аддитивное стереолитографическое моделирование в челюстно-лицевой хирургии / М. Ш. Мирзоев, М. Н. Шакиров, Х. Т. Рашидов, Е. Г. Григорьев // Вестник последипломного образования в сфере здравоохранения. — 2018. — № 3. — С. 43–50.
 9. Анализ результатов термографии у пациентов с мезиальной окклюзией / М.А. Постников, Г.В. Степанов, Л.Г. Ульянова // Ортодонтия. Гнатология. — 2019. — Т. 1, № 1. — С. 76-79.
 10. Анализ функционально-диагностических методов определения оптимального положения нижней челюсти / Л. В. Дубова, С. С. Присяжных, Н. В. Романкова и [др.] // Пародонтология. — 2020. — Т. 25, № 1. — С. 22-25.
 11. Апресян, С. В. Комплексное цифровое планирование стоматологического лечения : 14.01.14 : автореф. дис. ... д-ра мед. наук / Апресян Самвел Владиславович ; науч. консультант И. Ю. Лебеденко ; Российский университет дружбы народов. — М., 2020. — 49 с.
 12. Апресян, С. В. Сравнительный анализ современных методов изготовления полных съемных протезов / С. В. Апресян, М. С. Терехов // Клиническая стоматология. — 2020. — № 1. — С. 76–79.
 13. Апресян, С.В. Технология цифрового планирования стоматологического лечения: стандартизация и клиничко-экономическая эффективность / С. В. Апресян, А. Г. Степанов, М. Н. Забаева. — М.: ООО «Новик», 2021. — 168 с. — SBN 978-5-904383-45-9.
 14. Арвин, М. М. Технологии создания цифровых оттисков при изготовлении зубных протезов / М. М. Арвин // International journal of medicine and psychology : электронный журнал. — 2018. — Т. 1, № 2. — С. 4–7. — URL: <http://ijmp.ru/archives/8967>. — Дата публикации: 01.04.2018.
 15. Аствацатрян, Л. Э. Современные аспекты использования 3D-технологий в изготовлении съёмных зубных протезов / Л. Э. Аствацатрян, С. И. Гажва // Современные проблемы науки и образования : электронный журнал. —

2017. — № 5. — URL: <http://science-education.ru/ru/article/view?id=27071>. — Дата публикации: 26.10.2017.
16. Ахметов, С. Е. Сравнительный анализ показателей десневой жидкости у пациентов при различных состояниях жевательно-речевого аппарата и уровне здоровья // Институт стоматологии. — 2021. — Т. 93, № 4. — 40-43.
 17. Белоус, С. CAD/CAM-виниры из высокопрочной стеклокерамики с естественной игрой цвета и света / С. Белоус // Новое в стоматологии. — 2020. — № 3. — С. 58–60.
 18. Березин, С. Я. CAD-CAM-технологии в стоматологической практике / С. Я. Березин // Образование в области безопасности жизнедеятельности и новых технологий: проблемы и перспективы развития : сборник статей IV Всероссийской научно-практической конференции (Чита, 26 ноября 2019 г.) / под ред. В. С. Хомяковой, Л. С. Романовой. — Чита : Забайкальский государственный университет, 2019. — С. 15–19.
 19. Березин, С. Я. Научоёмкие технологии современного производства / С. Я. Березин // Инновационные технологии в технике и образовании : материалы X Международной научно-практической конференции (Чита, 19–20 декабря 2018 г.) / под ред. С. И. Десненко, Л. С. Романова. — Чита : Забайкальский государственный университет, 2018. — Ч. 1. — С. 19–26.
 20. Бигачева, Е. Н. Тенденции развития цифровой стоматологии / Е. Н. Бигачева, Р. Ф. Кашапова // «Цифра» — реальность, меняющая мир: готовность российской экономики к новым правилам игры : материалы Национальной научно-практической конференции (Москва, 23 апреля 2019 г.) / под ред. С. С. Голубева [и др.]. — М. : Всероссийский научно-исследовательский институт «Центр», 2019. — С. 27–29.
 21. Биохимия ротовой жидкости в норме и при патологии / под общей редакцией проф. А. В. Шестопалова — М.: Издательство ИКАР. — 2017. — 64 с. — ISBN978-5-7974-0574-0
 22. Биоцифровая альвеолярная модель: альтернативный вариант изготовления ультратонких керамических виниров с предсказуемым эстетическим ре-

- зультатом / П. Монтейру, П. Бриту, Ж. Руа [и др.] // QDT. Квинтэссенция зубного протезирования : ежегодник / гл. ред. С. Дуарте-младший. — М. : Квинтэссенция, 2017. — С. 89–106.
23. Брагина, О. М. Экспертная система определения показаний для применения металлокерамических мостовидных протезов / О.М. Брагина, Е.Н. Жулев, Д.Н. Демин // Современные проблемы науки и образования : электронный журнал. — 2015. — № 1-1. — С. 1388. URL: <https://science-education.ru/article/view?id=18493>. — Дата публикации: 14.04.2015.
24. Буланов, С. И. Применение цифровой навигационной хирургии при комплексной стоматологической реабилитации / С. И. Буланов, А. Д. Лысов, М. В. Софронов // Вестник медицинского института «РЕАВИЗ»: реабилитация, врач и здоровье. — 2018. — № 6. — С. 82–94.
25. Булычева, Д. С. Обоснование новых методов диагностики и лечения пациентов с повышенным стиранием зубов : автореф. дис. ... канд. мед. наук : 3.1.7. / Булычева Дарья Сергеевна; науч. руководитель М. А. Постников — Самара, 2022. — 24 с.
26. Булычева, Е. А. Использование диагностического сканера «Т-Scan» для анализа окклюзионных взаимоотношений зубных рядов в практике врача-стоматолога ортопеда / Е. А. Булычева, Д. С. Булычева // Стоматология славянских государств: сборник трудов по материалам VIII Международной научно-практической конференции (Белгород, 27 октября — 01 ноября 2015 г.) / под. ред. А. В. Цимбалистова, Б. В. Трифонова, А. А. Копытова. — Белгород, ИД «Белгород», 2015. — С. 50-53.
27. Вельмакина, И. В. Разработка и внедрение методики ранней диагностики синдрома мышечно-суставной дисфункции височно-нижнечелюстного сустава: автореф. дис. ... канд. мед. наук : 14.01.14 / Ирина Владимировна Вельмакина ; науч. руководитель Е. Н. Жулев. — Н. Новгород, 2016. — 22 с.
28. Верхулевский, Р. А. Современные методы сканирования в стоматологии / Р. А. Верхулевский, Д. К. Сабирова, Р. А. Салеев // Актуальные вопросы стоматологии : сборник научных трудов, посвященный основателю кафедры ор-

- топедической стоматологии КГМУ профессору Исааку Михайловичу Оксману (Казань, 16 февраля 2019 г.) / науч. ред. Р. А. Салеев ; Казанский государственный медицинский университет. — Казань : КГМУ, 2019. — С. 59–64.
29. Возможности клинического использования метода инфракрасной термометрии в оценке течения раневого процесса после операции вестибулопластика с использованием свободных десневых трансплантатов / Н. А. Беспалова, Е. А. Дурново, Е. С. Галкина, В. А. Тараканова, Н. Б. Рунова // Пародонтология. — 2020. — Т. 25, № 2. — С. 127-133.
 30. Возможности применения комбинации цифровых и традиционных технологий в ортопедической стоматологии / К. Д. Алтынбеков, Л. П. Антонова, Б. Ж. Нысанова [и др.] // Вестник КазНМУ. — 2018. — № 1. — С. 557–559.
 31. Вокулова, Ю. А. Разработка и внедрение цифровых технологий при ортопедическом лечении с применением несъемных протезов зубов: автореф. дис. ... канд. мед. наук : 3.1.7. / Вокулова Юлия Андреевна; науч. руководитель Е. Н. Жулев — Нижний Новгород, 2017. — 22 с.
 32. Выбор метода диагностики у пациентов с дисфункцией височно-нижнечелюстного сустава / Ад. А. Мамедов, В. В. Харке, Н. С. Морозова, Е. А. Булычева и [др.] // Институт стоматологии. — 2019. — Т. 83, № 2. — С. 74-77.
 33. Высокая точность конструкций при применении 3D-печати в имплантологии (обзор литературы) / В. А. Иванова, В. В. Борисов, В. В. Платонова, С. Д. Даньшина // Актуальные проблемы медицины : электронный журнал. — 2020. — Т. 43, № 1. — С. 93–101. — URL: <http://journal-medicine.ru/journal/annotation/12/>. — Дата публикации: 01.01.2020.
 34. Выявление распространенности окклюзионных нарушений среди студентов стоматологического факультета / М. Ю. Саакян, Н. А. Алексеева, А. А. Ромашова // Медико-фармацевтический журнал Пульс. — 2020. — Т. 22, № 5. — С. 66-71.
 35. Гёч, М. Изготовление несъемных полных мостовидных протезов с опорой на имплантаты с учетом принципов съемного протезирования и цифровым

- планированием от результата / М. Гёч // ProLab iQ. — 2018. — № 21. — С. 87–100.
36. Голубничая, Я. Р. Перспективные технологии 3D-печати / Я. Р. Голубничая, Н. Е. Проскуряков // Известия Тульского государственного университета. Технические науки. — 2017. — № 9, ч. 1. — С. 403–408.
37. Гребнев, Г. А. Аддитивные технологии в персонализированной стоматологии и челюстно-лицевой хирургии / Г. А. Гребнев, А. С. Багненко, Г. В. Москвин // Известия Российской Военно-медицинской академии. — 2019. — Т. 38, № 2. — С. 20–24.
38. Григорьев, С. В. Современный принцип планирования дентальной имплантации в сложных клинических условиях / С. В. Григорьев, Ю. Г. Седов // Dental Magazine. — 2017. — № 6. — С. 26–30.
39. Гусейнов, Р. А. Опыт применения цифровых технологий на этапе планирования эстетической реабилитации / Р. А. Гусейнов, Д. Ю. Соседкин, В. А. Снеткова // Институт стоматологии. — 2019. — № 3. — С. 75–77.
40. Диагностика функциональных нарушений зубочелюстного аппарата / С. Д. Арутюнов, И. Ю. Лебедеко, М. М. Антоник, А. А. Ступников. — Москва : ООО «Практическая медицина», 2019. — 80 с.
41. Диагностические возможности инфракрасной термографии в обследовании больных с заболеваниями челюстно-лицевой области / Е. А. Дурново [и др.] // Современные технологии в медицине. — 2014. — Т. 6, № 2. — С. 61–67.
42. Донских, Д. А. Использование 3D-принтера в стоматологии [Всероссийская научно-практическая интернет-конференция студентов и молодых учёных научно-образовательного медицинского кластера «Нижеволжский» «YSRP-2016»] // Бюллетень медицинских Интернет-конференций : электронный журнал. — 2017. — Т. 7, № 1. — URL: <https://medconfer.com/node/11576>. — Дата публикации: 01.01.2017.
43. Езерская, А. А. Определение оптимальных условий постобработки изделий, полученных при 3D-печати / А. А. Езерская, М. Л. Пивовар // Вестник ВГМУ. — 2019. — Т. 18, № 2. — С. 96–100.

44. Ермолаева, К. А. Применение 3D-технологий в стоматологии / К. А. Ермолаева, Л. Р. Шарипова // Современная стоматология : сборник научных трудов, посвященный 125-летию основателя кафедры ортопедической стоматологии КГМУ профессора Исаака Михайловича Оксмана (Казань, 3 марта 2017 г.) / под ред. Г. Т. Салеевой [и др.] ; Казанский государственный медицинский университет. — Казань : КГМУ, 2017. — С. 163–169.
45. Ефимин, А. В. Достижения и перспективы изготовления зубных протезов на имплантах CAD/CAM для пациентов с частичной адентией (обзор литературы) / А. В. Ефимин, К. Н. Барковец // Актуальные проблемы медицины : электронный журнал. — 2020. — Т. 43, № 2. — С. 304–312. — URL: <http://journal-medicine.ru/journal/annotation/31/>. — Дата публикации: 01.04.2020.
46. Жолудев, С. Е. Современные знания и клинические перспективы использования для позиционирования дентальных имплантатов хирургических шаблонов. Обзор литературы / С. Е. Жолудев, П. М. Нерсисян // Проблемы стоматологии. — 2017. — Т. 13, № 4. — С. 74–80.
47. Жулев, Е. Н. Изучение состояния тканей пародонта с помощью термографии у пациентов с частичной потерей зубов до и после ортопедического лечения / Е. Н. Жулев, Е. П. Архангельская // Медицинский алфавит. — 2020. — № 3. — С. 22-24. <https://doi.org/10.33667/2078-5631-2020-3-22-24>.
48. Жулев Е. Н. Несъемные протезы: теория, клиника и лабораторная техника. — Н. Новгород : Изд-во НГМД, 1995 — 365 с.
49. Жулев, Е. Н. Ортопедическая стоматология / Е. Н. Жулев. — М. : Медицинское информационное агентство, 2012. — 824 с. — ISBN 978-5-9986-0098-2.
50. Жусев, В. А. Восстановление утраченного премоляра имплантатом КОН-МЕТ с использованием цифровых технологий планирования и протезирования / В. А. Жусев // Главный врач юга России. — 2020. — № 3. — С. 12–14.
51. Золотарёв, Н. Н. 2D-планирование дизайна улыбки в комплексе ортопедической реабилитации пациентов / Н. Н. Золотарёв, С. В. Апресян, А. Г. Степанов // Российский стоматологический журнал. — 2021. — Т. 25, № 3. — С. 217-223.

52. Изменения показателей колебаний в височно-нижнечелюстном суставе пациентов с краниомандибулярной дисфункцией при реализации междисциплинарного подхода к лечению / Д. В. Крошка, А. А. Долгалев, Е. А. Брагин и [др.] // Современные проблемы науки и образования. — 2016. — № 6. — URL: <https://science-education.ru/ru/article/view?id=25783> (дата обращения: 18.05.2022).
53. Изучение моделей челюстей в стоматологии / С. И. Абакаров, В. В. Свирин, Н. Р. Саперова [и др.]. — М. : Медицинская книга, 2008. — 434 с. — ISBN 978-5-86093-256-2.
54. Индивидуальный титановый имплантат для восстановления анатомической структуры носа / И. В. Чайковская, М. Ю. Павленко, И. П. Шелякова, М. С. Кондрусь // Архив клинической и экспериментальной медицины. — 2019. — Т. 28, № 1. — С. 91–95.
55. Инструкция по расчету стоимости медицинских услуг (временная) : утверждена 10.11.1999 г. Минздравом РФ № 01-23/4-10, РАМН № 01-02/41. — URL: <https://docs.cntd.ru/document/901839734> (дата обращения: 21.03.2022).
56. Ирза, О. Л. Анализ сканирующих устройств различных CAD/CAM-систем, применяемых в стоматологии / О. Л. Ирза, О. А. Непрелюк // Наука и культура в условиях глобализации : сборник статей Международной научно-практической конференции (Тюмень, 24 октября 2017 г.) : сетевое издание / под ред. И. Р. Камалиевой. — Тюмень : Научно-исследовательский центр «АнтроВита» (Западный), 2017. — С. 3–7. — URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=30577862> (дата обращения: 21.03.2022). — Режим доступа: для зарегистрир. пользователей eLIBRARY.
57. Искендеров, Р. М. Медико-социальный и медико-экономический эффекты применения CAD-CAM-технологий в ортопедической стоматологии / Р. М. Искендеров, А. А. Журина, М. М. Степанян // APRIORI. Серия: Естественные и технические науки : электронный журнал. — 2017. — № 1. — URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=28376020&ysclid=l1lt1zplpm>. — Дата

- публикации: 01.01.2017. — Режим доступа: для зарегистрир. пользователей eLIBRARY.
58. Использование 3D-планирования и хирургического шаблона для профилактики неправильной установки цилиндрических имплантатов в костной ткани челюстей / С. Е. Жолудев, П. М. Нерсисян, Д. С. Жолудев, А. Ю. Ремов // Проблемы стоматологии. — 2016. — Т. 12, № 2. — С. 79–85.
 59. Использование 3D-принтеров в хирургии (обзор литературы) / В. А. Лазаренко, С. В. Иванов, И. С. Иванов [и др.] // Курский научно-практический вестник «Человек и его здоровье». — 2018. — № 4. — С. 61–65.
 60. Использование конусно-лучевой компьютерной томографии у пациентов с дисфункцией височно-нижнечелюстных суставов / М.А. Постников, Е.А. Булычева, Т.А. Ищенко, и [др.] // Ортодонтия. Гнатология. — 2021. — Т. 4, №1. — С. 42-49.
 61. Использование хирургического навигационного шаблона в дентальной имплантации / И. А. Метелев, М. А. Звигинцев, Н. Н. Фокас [и др.] // Актуальные вопросы современной науки : сборник статей по материалам XVIII международной научно-практической конференции (Томск, 13 февраля 2019 г.) / под ред. И. А. Соловьева [и др.]. — Уфа : Дендра, 2019. — Ч. 2. — С. 96–101.
 62. Ищенко, Т. А. Рентгенологический анализ краниомандибулярного и краниоцервикального постурального равновесия, основанный на протоколе профессора М. Rocabado / Т.А. Ищенко, Е. А. Булычева // Бюллетень медицинской науки. — 2020. — Т. 20, № 4. — С. 5-9.
 63. Каракотова, Л. Ш. Определение площади окклюзионных контактов у пациентов с односторонней вестибулоокклюзией как критерий оценки эффективности комплексного лечения / Л. Ш. Каракотова, А. А. Долгалев // Кубанский научный медицинский вестник. — 2009. — № 9. — С. 59–62.
 64. Карапетян, Т. А. Технология CAD/CAM — ортопедическая стоматология будущего / Т. А. Карапетян А. Ю. Перунов // Бюллетень медицинских Интернет-конференций : электронный журнал. — 2018. — Т. 8, № 2. — С. 63–64. —

- URL: <https://medconfer.com/files/archive/Bulletin-of-MIC-2018-02.pdf>. — Дата публикации: 01.02.2018.
65. Карякин, Н. Н. 3D-печать в медицине / Н. Н. Карякин, Р. О. Горбатов. — М. : ГЭОТАР-Медиа, 2019. — 240 с. — ISBN 978-5-9704-5163-2.
66. Касумова, М. К. Эволюция технологий протезирования от прошлого до настоящего / М. К. Касумова, Э. В. Обухов, Э. П. Тихонов // Институт стоматологии. — 2019. — № 3. — С. 114–120.
67. Компьютерное создание предварительных имплантационных протезов / Е. А. Булычева, В. Н. Трезубов, Ю. В. Лобко [и др.] // Цифровая стоматология. — 2016. — Т. 5, № 2. — С. 94–102.
68. Копытов, А. А. Динамика показателей десневой жидкости в процессе реабилитации пациентов с мостовидными протезами при различном наклоне опорных зубов: автореф. дис. ... канд. мед. наук : 14.00.21 / Копытов Александр Александрович; науч. руководитель Г. М. Барер — Москва, 2007. — 23 с.
69. Корниенко, Н. А. Актуальные вопросы использования 3D-технологий в медицине / Н. А. Корниенко, А. А. Корниенко, Е. В. Чаплыгина // Современные проблемы науки и образования : электронный журнал. — 2017. — № 6. — URL: <http://science-education.ru/ru/article/view?id=27287>. — Дата публикации: 29.12.2017.
70. Коррекция внутренних нарушений височно-нижнечелюстного сустава с использованием окклюзионных шин, изготовленных с помощью CAD/CAM-технологий / Т. В. Чхиквадзе, В. В. Бекреев, Е. М. Роцин [и др.] // Современные технологии в медицине. — 2019. — Т. 11, № 3. — С. 111–116.
71. Костюкова, В. В. Сравнительное исследование различных систем для внутривисочного цифрового сканирования зубных рядов : 14.01.14 : дис. ... канд. мед. наук / Костюкова Вероника Витальевна ; науч. руководитель А. Н. Ряховский ; Центральный научно-исследовательский институт стоматологии и челюстно-лицевой хирургии. — М., 2017. — 115 с.
72. Косюга, С. Ю. Рентгенологическое исследование как один из этапов диагностики и планирования ортодонтического лечения у детей (обзор) / Косюга

- С. Ю., Сироткина В. С. // Клиническая стоматология. — 2020. — Т. 93, № 1. — С. 50-53.
73. Критерии выбора CAD/CAM системы для изготовления бюгельных конструкций. Особенности компьютерного моделирования / М. В. Михайлова, А. А. Климова, Н. Н. Бухарметова, Р. Р. Шагибалов // Современная наука: актуальные проблемы теории и практики. Серия: естественные и технические науки. — 2018. — № 5. — С. 174–180.
74. «Критерии качества конструкции мостовидного протеза (Зк-мп) для мобильных устройств iOS и Android» № 2021663696 РФ : № 2021662742 : заявл. 10.08.2021: опублик. 20.08.2021 / Арутюнов С.Д., Муслев С. А., Киракосян Л. Г. [и др.] // Федеральный институт промышленной собственности : [сайт]. — URL: <https://www1.fips.ru/iiss/document.xhtml?faces-redirect=true&id=9e1dbc08972b906529016679ce8c714a> (дата обращения: 30.11.2022).
75. Критерии перехода от окклюзионной шины к временным несъемным ортопедическим конструкциям при лечении пациентов с синдромом болевой дисфункции височно-нижнечелюстного сустава с дисковыми нарушениями / Л. В. Дубова, Н. И. Крихели, Н. А. Цаликова // Стоматология. — 2021. — Т. 98, № 3. — С. 65-70.
76. Ланг, Т. А. Как описывать статистику в медицине : руководство для авторов, редакторов и рецензентов / Т. А. Ланг, М. Сесик ; пер. с англ. под ред. В. П. Леонова. — М. : Практическая медицина, 2011. — 477 с. — ISBN 978-5-98811-173-4.
77. Латыпов, Р. А. CAD/CAM системы в современной ортопедической стоматологии / Р. А. Латыпов, З. И. Ярулина, М. З. Миргазизов // Актуальные вопросы стоматологии : сборник научных трудов, посвященный основателю кафедры ортопедической стоматологии КГМУ профессору Исааку Михайловичу Оксману / под ред. Р. А. Салеева [и др.] ; Казанский государственный медицинский университет. — Казань : КГМУ, 2019. — С. 199–203.
78. Лебедеенко, И. Ю. Ортопедическая стоматология : национальное руководство : том 1 / под ред. И. Ю. Лебедеенко, С. Д. Арутюнова, А. Н. Ряховско-

- го. — 2-е изд. перераб. и доп. М. : ГЭОТАР-Медиа — 2022. — 520 с. — ISBN 978-5-9704-6366-6.
79. Лебеденко, И. Ю. Ортопедическая стоматология : национальное руководство : том 2 / под ред. И. Ю. Лебеденко, С. Д. Арутюнова, А. Н. Ряховского. — 2-е изд. перераб. и доп. М. : ГЭОТАР-Медиа — 2022. — 416 с. — ISBN 978-5-9704-6367-3.
80. Луцкая, И. К. Перспективы и опыт использования аддитивных технологий в практической стоматологии / И. К. Луцкая, П. Е. Милько, И. Е. Назаров // Перспективы развития аддитивных технологий в Республике Беларусь : сборник докладов международного научно-практического симпозиума (Минск, 30 сентября 2020 г.) / гл. ред. А. Ф. Ильющенко. — Минск : Белорусская наука, 2020. — С. 97–101.
81. Магнитно-резонансная томография в оценке влияния смещений суставного диска на формирование болевого синдрома при дисфункции височно-нижнечелюстного сустава / И. С. Комолов, А. Ю. Васильев // Радиология — практика. — 2018. — № 2 (68). — С. 20–27.
82. Майер, Б. Автоматизированное изготовление ортопедической конструкции / Б. Майер, З. Марквардт // ProLab iQ. — 2019. — № 22. — С. 150–160.
83. Малаев, И. А. Аддитивные технологии: применение в медицине и фармации / И. А. Малаев, М. Л. Пивовар // Вестник фармации. — 2019. — № 2. — С. 98–107.
84. Малоинвазивное протезирование — зубов с помощью цифровых технологий / М. Окава, Ш. Катаока, Т. Аоки, К. Ямамото // QDT. Квинтэссенция зубного протезирования : ежегодник / С. Дуарте-младший. — М. : Квинтэссенция, 2018. — С. 6–33.
85. Ман, Э. Изготовление керамических виниров: цифровые технологии и зуботехническое мастерство / Э. Ман // Медицинский алфавит. — 2017. — Т. 1, № 1. — С. 43–45.
86. Манье, П. Неинвазивные двухслойные CAD/CAM-композитные виниры: полу(не)прямой метод изготовления / П. Манье // The international journal of esthetic

- dentistry. — 2017. — № 6. — С. 30–51. — URL: <https://indexmedia.pro/catalog/ijed/archive/articles/neinvazivnye-dvuhsloynnye-cadcam-kompozitnye-viniry-polu-nepryamoy-metod-izgotovleniya.html> (дата обращения: 21.03.2022.).
87. Маркскорс, Р. Несъемные стоматологические реставрации : пер. с нем. / Р. Маркскорс. — М. : Информационное Агентство «Newdent», 2007. — 368 с.
88. Маркскорс, Р. Съемные стоматологические реставрации : пер с нем. / Р. Маркскорс. — М. : Информационное Агентство «Newdent», 2006. — 312 с.
89. Марочкина, М. С. Диагностическое и прогностическое значение метода инфракрасной термографии в обследовании и оценке эффективности лечения больных с патологическими состояниями челюстно-лицевой области: автореф. дис. ... канд. мед. наук : 14.01.14 / Мария Сергеевна Марочкина ; науч. руководитель Е. А. Дурново. — Н. Новгород, 2013. — 25 с.
90. Массирони, Д. Точность и эстетика. Клинические и зуботехнические этапы протезирования зубов / Д. Массирони, Р. Пасчетта, Д. Ромео ; науч. ред. пер. Б. Иосилевский [и др.]. — М. : Азбука, 2008. — 464 с. — ISBN 978-5-91443-008-2.
91. Мастицкий, С. Э. Статистический анализ и визуализация данных с помощью R / С. Э. Мастицкий, В. К. Шитиков. — М. : ДМК Пресс, 2015. — 496 с. — ISBN 978-5-97060-301-7.
92. Медицинская термография: возможности и перспективы / А. М. Морозов, Е. М. Мохов, В. А. Кадыков, А. В. Панова // Казанский медицинский журнал. — 2018. — Т. 99, № 2. — С. 264-270.
93. Метелев, И. А. Возможности 3D-технологий в хирургической стоматологии и челюстно-лицевой хирургии / И. А. Метелев, Д. П. Шевченко, А. А. Онтобоев // Актуальные вопросы современной хирургии : сборник научно-практических работ, посвященный 70-летию заведующего кафедрой общей хирургии им. проф. М. И. Гульмана КрасГМУ им. проф. В. Ф. Войно-Ясенецкого заслуженного деятеля науки РФ, заслуженного врача России, акад. РАЕН, профессора, д-ра мед. наук Юрия Семеновича Винника (Крас-

- ноябрьск, 14–15 марта 2018 г.) / отв. ред. М. М. Петрова. — Красноярск : Версо, 2018. — С. 384–388.
94. Методы позиционирования дентальных имплантатов: результаты и перспективы / А. В. Иващенко, П. Н. Гелетин, Е. И. Баландин, Я. Э. Антонян // Вестник медицинского института «РЕАВИЗ»: реабилитация, врач и здоровье. — 2018. — № 2. — С. 93–97.
 95. Метод цифровой фиброоптической трансиллюминации в диагностике кариеса зубов / О. В. Бондаренко, С. И. Токмакова, Л. Ю. Старокожева // Журнал научных статей здоровье и образование в XXI веке. — 2016. — Т. 18, № 5. — С. 41–43.
 96. Михайлов, И. А. Распознавание изображений с помощью метода радиальных окрестностей / И. А. Михайлов // Компьютерная оптика. — 2010. — Т. 34, № 3. — С. 399–407.
 97. Михайлова, М. В. Влияние сплавов титана на состояние полости рта у пациентов с различными ортопедическими конструкциями: автореф. дис. ... канд. мед. наук : 14.00.21 / Михайлова Мария Владимировна; науч. руководитель А. В. Юмашев — Москва, 2019. — 24 с.
 98. Монолитные оксидциркониевые протезы с опорой на имплантаты: эстетические и функциональные преимущества, возможность повторного доступа и минимизация хирургических вмешательств / А. Алум, О. Алум, А. Аль-Джазаيري [и др.] // QDT Квинтэссенция зубного протезирования : ежегодник /гл. ред. С. Дуарте-младший. — М. : Квинтэссенция, 2017. — С. 109–123.
 99. Никандров, Р. А. Изготовление полных съемных протезов с помощью CAD/CAM — систем / Р. А. Никандров, А. Н. Михалин // Актуальные вопросы стоматологии : сборник научных трудов, посвященный основателю кафедры ортопедической стоматологии КГМУ профессору И. М. Оксману / Казанский государственный медицинский университет. — Казань : КГМУ, 2018. — С. 269–272.
 100. Николаев, Ю. М. Применение артикуляторов для достижения оптимальных функциональных и эстетических результатов в клинике ортопедической

- стоматологии / Ю. М. Николаев, А. С. Гаспарян // Проблемы стоматологии. — 2012. — № 2. — С. 65–67.
101. Николаенко, А. Н. Применение 3D-моделирования и трехмерной печати в хирургии (обзор литературы) // Medline.ru : электронный журнал. — 2018. — Т. 19. — С. 20–44. — URL: <http://medline.ru/public/art/tom19/art2.html>. — Дата публикации: 17.01.2018.
102. Ниманн, П. Изготовление хирургического шаблона методом фрезерования / П. Ниманн // ProLab iQ. — 2017. — № 20. — С. 58–65. — URL: <http://indexmedia.pro/catalog/prolab-iq/archive/articles/izgotovlenie-hirurgicheskogo-shablona-metodom-frezerovaniya.html> (дата обращения: 29.03.2022).
103. Нуриева, Н. С. Использование цифровых методов в изготовлении индивидуальной ложки, как первого этапа сложночелюстного протезирования / Н. С. Нуриева, А. В. Делец // Современная наука: актуальные проблемы теории и практики. Серия: естественные и технические науки. — 2019. — № 12. — С. 160–163. — URL: <http://www.nauteh-journal.ru/files/0f204932-4ef5-4b56-895f-268ac5785a86> (дата обращения: 29.03.2022).
104. Нурт, Р. ван. Основы стоматологического материаловедения : пер. с англ. / Р. ван Нурт. — М. : КМК-Инвест, 2004. — 304 с. — ISBN 5-9900267-1-4.
105. Обидный, К. Ю. Микробный пейзаж десневой борозды у пациентов с искусственными коронками из различных материалов / К. Ю. Обидный, В. Н. Болотная, В. В. Погорелый // Тихоокеанский медицинский журнал. — 2020. — Т. 80, № 2. — С. 46-48.
106. Об особенностях применения цифровых технологий в планировании и проведении ортопедического лечения с использованием дентальных имплантатов / К. А. Костин, М. В. Кожевин, М. А. Ерохин, О. Ю. Пономарев // Стоматология для всех. — 2019. — № 3. — С. 42–47.
107. Обследование больного в клинике ортопедической стоматологии / Е. Н. Жулев, П. Э. Ершов, А. В. Кочубейник. — Н. Новгород : Изд-во ПИМУ, 2017 — 64 с.

108. О классификации основных средств, включаемых в амортизационные группы : Постановление Правительства РФ от 01.01.2002 № 1 : ред. от 27.12.2019 г. № 1924 : с изм. вступ. в силу 08.01.2020 г. // Электронный фонд правовых и нормативно-технических документов : [сайт]. — URL: <https://docs.cntd.ru/document/901808053> (дата обращения 21.03.2022).
109. Определение погрешностей в технологии изготовления окклюзионных шин для лечения заболеваний ВНЧС / М. Ю. Саакян, О. А. Успенская, С. В. Рябов, А. А. Александров // Проблемы стоматологии. — 2020. — Т. 16, № 2. — С. 129–133.
110. Об утверждении Инструкции по расчету условных единиц трудоемкости работы врачей-стоматологов и зубных врачей : Приказ Минздрава России от 15.11.2001 № 408 : утв.15.11.2001 // Электронный фонд правовых и нормативно-технических документов : [сайт]. — URL: <https://docs.cntd.ru/document/901806519> (дата обращения 21.03.2022).
111. Ортопедически-ориентированное цифровое планирование на разных этапах имплантологического лечения / Е. А. Дурново, А. И. Корсакова, А. С. Ключков и [др.] // 3D-Технологии в медицине : сборник трудов VI Всероссийской научно-практической конференции (Нижний Новгород, 6 ноября 2020 г.) / редкол.: Н. Н. Карякин, С. И. Гажва, С. Г. Млявых, Р. О. Горбатов. — Нижний Новгород : Издательство Приволжского исследовательского медицинского университета, 2020. — С. 22-24.
112. Ортопедическое лечение при травмах, дефектах и деформациях челюстно-лицевой области / С. И. Абакаров, А. И. Абдурахманов, К. С. Аджиев [и др.]. — Махачкала : ИД «Дагестан», 2022. — 262 с. — ISBN 978-5-6047523-3-3.
113. Панахов, Н. А. Результаты применения циркониевых коронок, изготовленных с использованием CAD/CAM-технологии / Н. А. Панахов, С. С. Алиева // Клиническая стоматология. — 2019. — № 2. — С. 76–79.
114. Пантелеев, В. Д. Диагностика нарушений артикуляции нижней челюсти у пациентов после ортодонтического лечения / В. Д. Пантелеев, А. В. Рощина,

- Е. М. Рошин // Российский стоматологический журнал. — 2014. — Т. 8, № 4. — С. 39-41.
115. Пархоменко А. Н. Изучение влияния различных алгоритмов препарирования зубов под коронки на исход ортопедического лечения / А. Н. Пархоменко, Т. В. Моторкина, В. И. Шемонаев // Вестник новых медицинских технологий, электронный журнал. — 2018. — № 3. — С. 15-21. — URL: <http://vnmt.ru/Bulletin/E2018-3/1-2.pdf>. — Дата публикации: 08.05.2018.
116. Патрони, С. От плана ортодонтического лечения до сверхтонких временных виниров, изготовленных по CAD/CAM-технологии и устанавливаемых без препарирования / С. Патрони, Р. Коккони // The international journal of esthetic dentistry. — 2017. — № 6. — С. 78–96. — URL: <http://indexmedia.pro/catalog/ijed/archive/articles/ot-plana-ortodonticheskogo-lecheniya-do-sverhtonkih-vremennyh-vinirov-izgotovlennyh-po-cadcam-tehnologii-i-ustanavlivaemyh-bez-preparirovaniya.html> (дата обращения: 29.03.2022).
117. Персин, Л. С. Оценка показателей кинезиографии у пациентов с наклоном окклюзионной плоскости при трансверсальной резцовой окклюзии / Л. С. Персин, М. В. Зайцева, А. Н. Дебелая // Стоматология для всех. — 2019. — Т. 89, № 4. — С. 40-45.
118. Планирование и реализация протезирования с использованием цифровых технологий у пациентов с полной потерей зубов / В. Н. Трезубов, Е. Булычева, Ю. Лобко [и др.] // Цифровая стоматология. — 2017. — Т. 6, № 1. — С. 4–13.
119. Показатели десневой жидкости в оценке состояния опорных зубов под металлокерамические конструкции / Т. П. Вавилова [и др.] // Российская стоматология. — 2019. — Т. 12, № 3. — С. 54–59.
120. Показатели средних величин количества десневой жидкости в зависимости от расположения края металлокерамической коронки / Ш. Ш. Мухамедов [и др.] // Вестник педагогического университета. — 2014. — Т. 57, № 2. — С. 210–214.

121. Применение 3D-моделирования и аддитивных технологий в персонифицированной медицине / Г. П. Котельников, А. В. Колсанова, А. Н. Николаенко [и др.] // Саркомы костей, мягких тканей и опухоли кожи. — 2017. — № 1. — С. 20–26.
122. Применение 3D-моделирования и использование стереолитографического шаблона при проведении резекции верхушек корней моляров нижней челюсти / В. А. Бадалян, А. С. Каспаров, З. М. Степанян [и др.] // Клиническая стоматология. — 2018. — № 2. — С. 62–64.
123. Применение аппарата OccluSense для окклюзионной диагностики / И. Ю. Лебедеенко, М. В. Быкова, С. М. Вафин, Е. К. Урусов // Стоматология для всех. — 2021. — № 2. — С. 8–13.
124. Применение технологии 3D-печати в медицине / О. А. Нагибович, Д. В. Свистов, С. А. Пелешок [и др.] // Клиническая патофизиология. — 2017. — Т. 23, № 3. — С.14–22.
125. Применение цифровых технологий для изготовления диоксидциркониевых зубных протезов с учетом индивидуальных параметров зубочелюстной системы пациента / А. Г. Рогожников, О. С. Гилева, А. М. Ханов [и др.] // Российский стоматологический журнал. — 2015. — Т. 19, № 1. — С. 46–51.
126. Протокол анализа конусно-лучевой компьютерной томографии в практике врача-ортодонта / А. А. Мамедов, Е. А. Булычева, А. М. Дыбов и [др.] // Институт стоматологии. — 2020. — Т. 87, № 2. — С. 22-25.
127. Протокол анализа конусно-лучевой компьютерной томографии у больных с краниомандибулярной дисфункцией / Е. А. Булычева, А. А. Мамедов, А. М. Дыбов, и [др.] // Стоматология. — 2020. — Т. 99, № 6. — С. 94-100.
128. Протоколы цифровых методов диагностики у пациентов со сниженной нижней частью лица / М.А. Постников, Д.С. Булычева, А.А. Игнатьева и [др.] // Клиническая стоматология. — 2021. — Т. 97, № 1. — С. 108-113.
129. Путеводитель по стоматологии ортопедической / В. Д. Вагнер, В. М. Семенюк, О. В. Чекунков. — М. : Медицинская книга ; Н. Новгород : НГМА, 2004 — 579 с. — ISBN 5-86093-147-2.

130. Разумная, З. В. Совершенствование технологии изготовления зубных протезов с помощью CAD/CAM системы : 14.00.21 : дис. ... канд. мед. наук / Разумная Зоя Вячеславовна ; Московский государственный медико-стоматологический университет. — М., 2012. — 96 с.
131. Робот-ассистированные и роботизированные системы, применяемые в стоматологии / А. В. Иващенко [и др.] // Стоматология. — 2020. — Т. 99, № 1. — С. 95-99.
132. Рогацкин, Д. В. Лучевая диагностика в стоматологии: 2D/3D / Д. В. Рогацкин — М.: ТАРКОММ, 2021 — 403 с.
133. Роль цифровой дентальной фотографии в практике врача-стоматолога терапевта / О. А. Успенская, А. А. Плишкина, М. Л. Жданова, И. П. Горячева, Ю. Б. Богомолова // Медико-фармацевтический журнал «Пульс». — 2019. — Т. 21, № 9. — С. 5 — 11 <http://dx.doi.org/10.26787/nydha-2686-6838-2019-21-9-5-11>.
134. Рубникович, С. П. Функциональная реабилитация стоматологического пациента с применением CAD/CAM технологий / С. П. Рубникович, И. С. Хомич // Стоматолог. — 2017. — №1. — С. 10–13.
135. Ряховский, А. Н. Варианты применения направляющих шаблонов на хирургическом этапе дентальной имплантации / А. Н. Ряховский, С. В. Михаськов // Панорама ортопедической стоматологии. — 2007. — № 1. — С. 6–11.
136. Ряховский, А. Н. Виртуальное позиционирование нижней челюсти в положение центрального соотношения на клиническом примере // Стоматология. — 2021. — Т. 100 № 4. — С. 104-108.
137. Ряховский, А. Н. Новая концепция 4д виртуального планирования в стоматологии // Цифровая стоматология. — 2019. — Т. 10, № 1. — С. 11-21
138. Ряховский, А. Н. Сравнительное исследование различных CAD/CAM систем для изготовления каркасов несъемных зубных протезов / А. Н. Ряховский, А. А. Карапетян, Г.С. Аваков // Стоматология. — 2011. — Т. 90, № 2. — С. 57–61.
139. Ряховский, А. Н. Цифровая стоматология / А. Н. Ряховский. — М. : Авантис, 2010. — 282 с. — ISBN 978-5-86093-351-5

140. Саакян, М. Ю. Выявление зависимости температурных показателей слизистой оболочки полости рта от различных факторов с использованием прибора SEM-Termodiagnostics с оптоволоконной насадкой / М. Ю. Саакян, Н. А. Алексеева, А. М. Саакян // Евразийский союз ученых. — 2016. — Т. 23, № 2-2. — С. 84–87.
141. Саенко, С. Э. Компьютерные системы определения цвета и их использование в различных клинических ситуациях / С. Э. Саенко, Т. В. Герасимова // Международный студенческий научный вестник. — 2018. — № 6. URL : <https://eduherald.ru/ru/article/view?id=19338> (дата обращения: 15.05.2022).
142. Салеева, Л. Р. Сравнительный анализ точности напечатанных и гипсовых зуботехнических моделей / Л. Р. Салеева, А. Н. Михалин, Р. А. Никандров // Актуальные вопросы стоматологии : сборник научных трудов, посвященный основателю кафедры ортопедической стоматологии КГМУ профессору И. М. Оксману (Казань, 16 февраля 2019 г.) // Казанский государственный медицинский университет. — Казань : КГМУ, 2019. — С. 237 — 242.
143. Самарина, В. С. Анализ современных методов диагностики преждевременных окклюзионных контактов зубов и зубных рядов [Всероссийская научно-практическая интернет-конференция студентов и молодых учёных научно-образовательного медицинского кластера «Нижеволжский» «YSRP-2016»] / В. С. Самарина, Е. Н. Пичугина, Н. Н. Пичугина // Бюллетень медицинских Интернет-конференций : электронный журнал. — 2017. — Т. 7, № 1. — С. 385–386. — URL: <https://medconfer.com/node/11090> (дата обращения: 21.03.2022).
144. Современные аппаратные методы ранней диагностики кариеса зубов / Н. П. Калашникова, О. Г. Аврамова, Т. В. Кулаженко, и [др.] // Стоматология. — 2022. — № 101 (1). — С. 89-95.
145. Современные аспекты определения цвета зубов в эстетической стоматологии / О. А. Магсумова, М. А. Постников, Д. А. Трунин, М. Д. Филиппова // Стоматология. — 2021. — Т. 100, № 5. — С. 102-109.

146. Современные возможности систем трехмерного сканирования при сравнительной оценке вариантов оттисков для съемных протезов. / А. Н. Ряховский, В. В. Гребенников, В. В. Левицкий [и др.] // Панорама ортопедической стоматологии. — 2006. — № 4. — С. 2–5.
147. Сочетанное использование результатов 2D- и 3D-моделирования для идентичного воспроизведения прототипа улыбки. клинический случай / А. Н. Ряховский, А. Г. Степанов, С. В. Апресян, Н. Н. Золотарев // Клиническая стоматология. — 2021. — Т. 24, № 4. — С. 92-95.
148. Способ индексной оценки окклюзионных контактов боковых зубов : патент № 2684182 РФ ; МПК А61В 5/00 (2006.01), СПК А61В 5/0006 (2019.02) : № 2018108224 : заявл. 06.03.2018 : опубл. 04.04.2019 / Аболмасов Н. Н., Прыгунов К. А., Адаева И. А., Массарский И. Г. ; заявитель ФГБОУ ВО «СГМУ» Минздрава России // Федеральный институт промышленной собственности : [сайт]. — URL: https://new.fips.ru/registers-doc-view/fips_servlet?DB=RUPAT&DocNumber=2684182&TypeFile=html (дата обращения: 21.03.2022).
149. Способ оценки окклюзионных взаимоотношений зубов : патент № 2375990 РФ, МПК А61С 19/05 (2006.01) : № 2008128968/14 : заявл. 15.07.2008 : опубл. 20.12.2009 / Филимонова Е. В., Дмитриенко Д. С., Кантемиров В. А. ; заявитель ГОУ ВПО «ВолгГМУ» // Федеральный институт промышленной собственности : [сайт]. — URL: https://new.fips.ru/registers-doc-view/fips_servlet?DB=RUPAT&DocNumber=2375990&TypeFile=html (дата обращения: 21.03.2022).
150. Способ оценки состояния тканей пародонта : патент № 2722445 : МПК А61С 3/00 (2006.01), А61С 19/04 (2006.01): № 2019138562 : заявл. 28.11.2019 : опубл. 01.06.2020 / Жулев Е. Н., Архангельская Е. А. ; заявитель ФГБОУ ВО «ПИМУ» Минздрава России // Федеральный институт промышленной собственности : [сайт]. — URL: https://fips.ru/registers-doc-view/fips_servlet?DB=RUPAT&DocNumber=2722445&TypeFile=html (дата обращения: 29.03.2022).

151. Сравнение дополнительных методов диагностики дисфункции височно-нижнечелюстного сустава / С. И. Гажва и [др.] // Международный научно-исследовательский журнал. — 2017. — Т. 55, № 1-1. — С. 98-101.
152. Сравнительный анализ измерений, полученных по панорамной томографии и конусно-лучевой компьютерной томографии, в планировании дентальной имплантации в условиях выраженной атрофии альвеолярной кости / И. О. Костин, А. Б. Давыдов, О. Б. Давыдова, А. С. Щербаков, Н. Н. Белоусов // Современная стоматология: проблемы, задачи, решения: материалы межрегиональной научно-практической конференции, посвященной 80-летию со дня рождения и 30-летию руководства кафедрой заслуженного деятеля наук России, профессора А. С. Щербакова (Тверь, 21–22 марта 2019 г.). — Тверь: Ред. изд. центр Твер. гос. мед. ун-та, 2019. — С. 72-74.
153. Сравнительная оценка *in vitro* точности стоматологических сканеров открытого типа при получении модели зубного ряда / Р. А. Розов, В. Н. Трезубов, А. В. Шалагинова, Л. Я. Кусевицкий // Пародонтология. — 2020. — Т. 25, № 3. — С. 231–236.
154. Сравнительная характеристика провизорных коронок, изготовленных по методу CAD/CAM фрезерования и 3D-печати / А. В. Стоматов, Д. В. Стоматов, П. В. Иванов [и др.] // Стоматология для всех. — 2020. — № 2. — С. 45–49.
155. Сульдина, В. В. Напечатать будущее: применение 3D-печати // Новое слово в науке: стратегии развития : сборник материалов II Международной научно-практической конференции (Чебоксары, 22 октября 2017 г) / Нижегородский государственный педагогический университет им. К. Минина. — Чебоксары : Центр научного сотрудничества «Интерактив плюс», 2017. — С. 199–202.
156. Сун, Л. Ф. Использование 3D-технологий в стоматологии / Л. Ф. Сун // Достижения и перспективы развития молодежной науки : сборник статей Международной научно-практической конференции (Петрозаводск, 25 декабря

- 2019 г.) / Сеченовский университет. — Петрозаводск : Международный центр научного партнерства «Новая Наука», 2019. — С. 440–444.
157. Сунарчин, Э. И. Использование 3D-технологий и CAD/CAM в стоматологии / Э. И. Сунарчин, Е. А. Самукова, А. А. Бабаева // Современные научные исследования и разработки. — 2018. — № 3. — С. 845–847.
158. Сухарский, И. И. Оптимизация хирургического этапа дентальной имплантации на основании компьютерного моделирования : 14.01.14 : автореф. дис. ... канд. мед. наук / Сухарский Илья Ильич ; Центральный научно-исследовательский институт стоматологии и челюстно-лицевой хирургии Росмедтехнологий. — М., 2013. — 25 с.
159. Тарасенко, С. В. Использование навигационных хирургических шаблонов при дентальной имплантации у пациентов с частичной вторичной адентией / С. В. Тарасенко, С. В. Загорский // Клиническая стоматология. — 2018. — № 4. — С. 18–21.
160. Тетерин, А. И. Разработка и внедрение методов повышения качества ортопедического лечения современными конструкциями искусственных коронок : автореф. дис. ... канд. мед. наук : 14.01.14 / Артем Иванович Тетерин ; науч. руководитель Е. Н. Жулев. — Н. Новгород, 2016. — 24 с.
161. Технологическое обеспечение аддитивных технологий для реконструкции лицевого скелета / И. В. Решетов, Д. С. Святославов, К. Г. Кудрин [и др.] // Российский электронный журнал лучевой диагностики. — 2017. — Т. 7, № 4. — С. 140–153.
162. Тимаков, И. Е. Перспективы 3D-моделирования и 3D-печати в изготовлении элайнеров / И. Е. Тимаков, И. Г. Тормосин // Фундаментальные и прикладные науки сегодня : материалы XVIII международной научно-практической конференции (North Charleston, 01–02 апреля 2019 г.) / Волгоградский государственный медицинский университет. — North Charleston : Lulu Press, 2019. — С. 1–3.
163. Тиунова, Н. В. Разработка и внедрение регионально-интегративной терапии синдрома «пылающего рта» (клинико-экспериментальное исследование):

- автореф. дис. ... докт. мед. наук : 14.01.14 / Наталья Викторовна Тиунова ; науч. консультант Е. Н. Жулев. — Н. Новгород, 2018. — 46 с.
164. Точность четырех интраоральных сканеров в имплантологии: сравнительное *in vitro* исследование. Часть 2 / М. Имбрулья, С. Логоццо, У. Хаусчильд [и др.] // Цифровая стоматология. — 2018. — Т. 8, № 1. — С. 33–40.
165. Трезубов, В. Н. Ортопедическая стоматология. Прикладное материаловедение / В. Н. Трезубов, Л. М. Мишнёв, Е. Н. Жулев; Под ред. В. Н. Трезубова. — М. : МЕДпресс-информ, 2008. — 384 с. — ISBN 5-9832-350-X
166. Трехмерное моделирование рентгенологического изображения лицевого скелета в реконструктивной хирургии дефектов лица / М. А. Хассан, А. А. Ховрин, П. Н. Митрошенков [и др.] // Head and neck/Голова и шея. — 2017. — № 1. — С. 13–17.
167. Успенская, О. А. Рентгенологическое исследование в стоматологии / О. А. Успенская. — Н. Новгород : Изд-во ПИМУ, 2020 — 52 с.
168. Устранение обширного дефекта в эстетически значимой зоне с помощью хирургических и ортопедических методов / И .К. Молина, К. Стенли, Д. К. Молина [и др.] // QDT Квинтэссенция зубного протезирования : ежегодник / гл. ред. С. Дуарте-младший. — М. : Квинтэссенция, 2017. — С. 191–206.
169. Феррари, Е. Цифровое решение в съемном протезировании / Е. Феррари, Л. Катин, Э. Джюни // Зубной техник. — 2018 — № 3. — С. 46–52.
170. Фильчев, Д. Сравнительная оценка полных зубных протезов на имплантатах, литых гибридных с изготовленными по CAD/CAM. Новый подход к полной ортопедической реабилитации полости рта / Д. Фильчев // Зубной техник. — 2017. — № 3. — С. 30–36.
171. Фотопротокол в современной стоматологии / И. Н. Мартьянов, С. В. Апресян, А. В. Акулович, Н. В. Тиунова, С. К. Матело. — Москва: «Поли Медиа Пресс», 2018. — 80 с.
172. Фрезерованные капы для функциональной и эстетической оценки новых окклюзионных соотношений / Д. Эдельхофф, Й. Швайгер, О. Прандтнер [и др.]

- др.] // QDT Ежегодник квинтэссенция зубного протезирования : ежегодник / гл. ред. С. Дуарте-младший. — М. : Квинтэссенция, 2019. — С. 191–206.
173. Ханахмедов, В. А. Уникальная технология CAD-CAM систем в ортопедической стоматологии для изготовления каркасов несъёмных зубных протезов. Анализ различных CAD-CAM систем / В. А. Ханахмедов // Бюллетень медицинских интернет-конференций : электронный журнал. — 2018. — Т. 8, № 2. — С. 46–47. — URL: medconfer.com/files/archive/Bulletin-of-MIC-2018-02.pdf. — Дата публикации: 01.02.2018.
174. Хасасна, М. М. Сравнительная характеристика инструментальных и аппаратных методов определения цвета зубов / М. М. Хасасна, А. В. Акулович // Российский стоматологический журнал. — 2020. — Т. 24, № 5. — С. 344–354.
175. Хватова, В. А. Функциональная диагностика и лечение в стоматологии / В. А. Хватова. — М. : Медицинская книга, 2007. — 294 с. — ISBN 978-5-86093-243-2.
176. Цифровая методика RAW / Ф. Кофар, И. Кофар, Л. Штумпф [и др.] // QDT Квинтэссенция зубного протезирования : ежегодник / гл. ред. С. Дуарте-младший. — М. : Квинтэссенция, 2017. — С. 7–25.
177. Цифровая окклюзионная шина для комплексного лечения пациентов с декомпенсированной формой генерализованной патологической стираемости зубов и дисфункцией височно-нижнечелюстного сустава / М.А. Постников, Р.Р. Габдрафиков, Н.В. Панкратова // Ортодонтия. — 2021. — Т. 95, № 3. — С. 69.
178. Цифровое планирование как метод профилактики осложнений при операции синус-лифтинга / А. П. Куценко, Д. С. Алешин, А. А. Долгалев [и др.] // Медицинский алфавит. — 2020. — №3. — С. 5–7.
179. Цифровые решения для стоматологической практики / Д. А. Трунин [и др.]. — Самара : ООО «Издательско-полиграфический комплекс «Право», 2022. — 120 с.
180. Цифровые технологии в стоматологии / Р. Ш. Гветадзе, Д. Е. Тимофеев, В. Г. Бутова [и др.] // Российский стоматологический журнал. — 2018. — Т. 22, № 5. — С. 224–228.

181. Цифровые технологии в хирургическом лечении посттравматических деформаций скулоорбитального комплекса / Н. Е. Хомутичкина, Е. А. Дурново, Ю. В. Высельцева, Р. О. Горбатов // Современные технологии в медицине. — 2020. — Т. 12, № 3. — С. 55–63.
182. Цой, А. Р. Клиническое применение хирургического навигационного шаблона в дентальной имплантологии при полной вторичной адентии нижней челюсти. Часть I. Предоперационный этап / А. Р. Цой, А. В. Адашов, А. Ж. Жантаев // Вестник КГМА им. И. К. Ахунбаева. — 2017. — № 6. — С. 101–105.
183. Шахбазова, Э. Э. Трехмерная печать / Э. Э. Шахбазова // Центральный научный вестник. — 2017. — № 11. — С. 19–20.
184. Шкрум, А. С. Тенденции применения аддитивных технологий в различных предметных областях и в медицинской сфере / А. С. Шкрум, Г. Р. Катасонова // Уральский медицинский журнал. — 2020. — № 5. — С. 216–220.
185. Шкуро, А.Е. Технологии и материалы 3D-печати / А. Е. Шкуро, П. С. Кривоногов. — Екатеринбург : Уральский государственный лесотехнический университет, 2017. — ISBN 978-5-94984-616-2. — URL: <https://elar.usfeu.ru/bitstream/123456789/6617/1/Shkuro.pdf>. (дата обращения: 23.03.2022).
186. Шувалова, В. А. Значение дентальной фотографии в стоматологии / В. А. Шувалова, Л. А. Ермолаева, М. А. Чибисова // Институт Стоматологии. — 2021. — 91, № 2. — С. 90-91.
187. Шустова, В. А. Применение 3D-технологий в ортопедической стоматологии / В. А. Шустова, М. А. Шустов. — СПб. : СпецЛит, 2016. — 159 с. — ISBN: 978-5-299-00772-5.
188. Эртесян, А. Р. Сравнительная оценка экономического обоснования и эффективности изготовления полных съемных пластиночных протезов, полученных с помощью традиционных и 3D-технологий / А. Р. Эртесян, М. И. Садыков, А. М. Нестеров // Современная наука: актуальные проблемы теории и практики. Серия: естественные и технические науки. — 2020. — № 11. — С. 209–213.

189. Эффективность применения навигационных шаблонов при проведении ден- тальной имплантации / С. И. Гажва, В. В. Айвазян, Ю. В. Гажва, и [др.] // 3D-Технологии в медицине : сборник трудов VI Всероссийской научно- практической конференции (Нижний Новгород, 6 ноября 2020 г.) / редкол.: Н. Н. Карякин, С. И. Гажва, С. Г. Млявых, Р. О. Горбатов. — Нижний Нов- город : Издательство Приволжского исследовательского медицинского уни- верситета, 2020. — С. 19-21.
190. Янушевич, О. О. Десневая жидкость. Неинвазивные исследования в стома- тологии / О. О. Янушевич, Т. П. Вавилова, И. Г. Островская — Москва : ГЭОТАР-Медиа. — 2019. — 160 с. — ISBN 978-5-9704-5101-4.
191. Янушевич, О. О. Современные методы компьютерной диагностики наруше- ний окклюзии и функции височно-нижнечелюстного сустава / О. О. Януше- вич, С. Д. Арутюнов, М.М. Антоник // Ученые записки СПбГМУ им. акад. И. П. Павлова. — 2015. — Т. 22, №. 2. — С. 43-45.
192. Яременко, А. И. Планирование подготовки полости рта к протезированию с использованием компьютерного моделирования / А. И. Яременко, С. П. Алие- ва // Современная наука: актуальные проблемы теории и практики. Серия: естественные и технические науки. — 2019. — № 4. — С. 208–211.
193. 3D-bioprinting for biomedical devices and tissue engineering: a review of recent trends and advances / S. Derakhshanfar, R. Mbeleck, K. Xu [et al.] // Bioactive materials : electronic journal. — 2018. — Vol. 3, № 2. — P. 144–156. — URL: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC5935777/>. — Дата публикации: 20.02.2018.
194. 3D-printing-encompassing the facets of dentistry / G. Oberoi, S. Nitsch, M. Edelmayr [et al.] // Frontiers in bioengineering and biotechnology : electronic journal. — 2018. — Vol. 6. — P. 172. — URL: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC6262086/>. — Дата публикации: 22.11.2018.
195. A comparative study of additive and subtractive manufacturing for dental restora- tions / E.-J. Bae, I.-D. Jeong, W.-C. Kim, J.-H. Kim // The Journal of prosthetic dentistry. — 2017. — Vol. 118, № 2. — P. 187–193.

196. A long-term retrospective and clinical follow-up study of in-ceram alumina FPDs / K.-G. Olsson, B. Furst, B. Andersson, G. E. Carlsson // *The International journal of prosthodontics*. — 2003. — Vol. 16, № 2. — P. 150–156.
197. A method to evaluate the trueness of reconstructed dental models made with photo-curing 3D-printing technologies / N. Xiao, Y. C. Sun, Y. J. Zhao, Y. Wang // *Journal of Peking University. Health sciences*. — 2019. — Vol. 51, № 1. — P. 120–130.
198. A preliminary study on the forming quality of titanium alloy removable partial denture frameworks fabricated by selective laser melting / Y. F. Liu, H. Yu, W. N. Wang, B. Gao // *Chinese journal of stomatology*. — 2017. — Vol. 52, № 6. — P. 351–354.
199. A validation study of reconstructed rapid prototyping models produced by two technologies / C. A. Dietrich, A. Ender, S. Baumgartner, A. Mehl // *The Angle orthodontist*. — 2017. — Vol. 87, № 5. — P. 782–787.
200. Accuracy and precision of polyurethane dental arch models fabricated using a three-dimensional subtractive rapid prototyping method with an intraoral scanning technique / J.-H. Kim, K.-B. Kim, W.-C. Kim [et al.] // *Korean journal of orthodontics*. — 2014. — Vol. 44, № 2. — P. 69–76.
201. Accuracy and retention of denture base fabricated by heat curing and additive manufacturing / A. Tasaka, S. Matsunaga, K. Odaka [et al.] // *Journal of prosthodontic research*. — 2019. — Vol. 63, № 1. — P. 85–89.
202. Accuracy of 3D-printed models created by two technologies of printers with different designs of model base / O. Rungrojwittayakul, J. Y. Kan, K. Shiozaki [et al.] // *Journal of prosthodontics*. — 2020. — Vol. 29, № 2. — P. 124–128.
203. Accuracy of 3-dimensional printed dental models reconstructed from digital intraoral impressions / G. B. Brown, G. F. Currier, O. Kadioglu, J. P. Kierl // *American journal of orthodontics and dentofacial orthopedics*. — 2018. — Vol. 154, № 5. — P. 733–739.
204. Accuracy of 6 desktop 3D-printers in dentistry: a comparative in vitro study / F. G. Mangano, O. Admakin, M. Bonacina [et al.] // *The European journal of prosthodontics and restorative dentistry*. — 2020. — Vol. 28, № 2. — P. 75–85.

205. Accuracy of a digital removable partial denture fabricated by casting a rapid prototyped pattern: a clinical study / J.-W. Lee, J.-M. Park, E.-J. Park [et al.] // *The Journal of prosthetic dentistry*. — 2017. — Vol. 118, № 4. — P. 468–474.
206. Accuracy of additively manufactured zirconia four-unit fixed dental prostheses fabricated by stereolithography, digital light processing and material jetting compared with subtractive manufacturing / J. Lüchtenborg, E. Willems, F. Zhang [et al.] // *Dental Materials Journal*. — 2022 — Vol. 38, № 9. — P. 1459-1469.
207. Accuracy of CAD-CAM-fabricated removable partial dentures / C. Arnold, J. Hey, R. Schweyen, J. M. Setz // *The Journal of prosthetic dentistry*. — 2018. — Vol. 119, № 4. — P. 586–592.
208. Accuracy of computer-assisted template-based implant placement using two different surgical templates designed with or without metallic sleeves: a randomized controlled trial / M. Tallarico, M. Martinolli, Y. Kim [et al.] // *Dentistry journal : electronic journal*. — 2019. — Vol. 7, № 2. — P. 41. — URL: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC6631019/>. — Дата публикации: 02.04.2019.
209. Accuracy of computer-guided implantation in a human cadaver model / G. Yatzkair, A. Cheng, S. Brodie [et al.] // *Clinical oral implants research*. — 2015. — Vol. 26, № 10. — P. 1143–1149.
210. Accuracy of dental replica models using photopolymer materials in additive manufacturing: in vitro three-dimensional evaluation / S.-J. Jin, D.-Y. Kim, J.-H. Kim, W.-C. Kim // *Journal of prosthodontics : electronic journal*. — 2019. — Vol. 28, № 2. — P. e557–e562. — URL: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC7328798/>. — Дата публикации: 02.07.2018.
211. Accuracy of dies captured by an intraoral digital impression system using parallel confocal imaging / S. Kim, M.-J. Kim, J.-S. Han [et al.] // *The International journal of prosthodontics*. — 2013. — Vol. 26, № 2. — P. 161–163.
212. Accuracy of dies captured by an intraoral digital impression system using parallel confocal imaging / S.-Y. Kim, M.-J. Kim, J.-S. Han [et al.] // *The International journal of prosthodontics*. — 2013. — Vol. 26, № 2. — P. 161–163.

213. Accuracy of flapless immediate implant placement in anterior maxilla using computer-assisted versus freehand surgery: a cadaver study / Z. Chen, J. Li, K. Sinjab [et al.] // *Clinical oral implants research*. — 2018. — Vol. 29, № 12. — P. 1186–1194.
214. Accuracy of implant position when placed using static computer-assisted implant surgical guides manufactured with two different optical scanning techniques: a randomized clinical trial / P. Kiatkroekkrai, C. Takolpuckdee, K. Subbalekha [et al.] // *International journal of oral and maxillofacial surgery*. — 2020. — Vol. 49, № 3. — P. 377–383.
215. Accuracy of implants placed with surgical guides: thermoplastic versus 3D-printed / C. K. Bell, E. F. Sahl, Y. J. Kim, D. D. Rice // *The International journal of periodontics and restorative dentistry*. — 2018. — Vol. 38, № 1. — P. 113–119.
216. Accuracy of provisional crowns made using stereolithography apparatus and subtractive technique / S.-Y. Kang, J.-H. Park, J.-H. Kim, W.-C. Kim // *The journal of advanced prosthodontics*. — 2018. — Vol. 10, № 5 — P. 354–360.
217. Accuracy of removable partial denture framework fabricated by casting with a 3D printed pattern and selective laser sintering / A. Tasaka, T. Shimizu, Y. Kato [et al.] // *Journal of prosthodontic research*. — 2020. — Vol. 64, № 2. — P. 224–230.
218. Accuracy of three-dimensional dental resin models created by fused deposition modeling, stereolithography and polyjet prototype technologies: a comparative study / R. E. Rebonga, K. T. Stewart, A. Utreja, A. A. Ghoneima // *The Angle orthodontist*. — 2018. — Vol. 88, № 3. — P. 363–369.
219. Accuracy, reproducibility, and dimensional stability of additively manufactured surgical templates / L. Chen, W.-S. Lin, W. D. Polido [et al.] // *The Journal of prosthetic dentistry*. — 2019. — Vol. 122, № 3. — P. 309–314.
220. Additive biomanufacturing: an advanced approach for periodontal tissue regeneration / S.-S. Carter, P. F. Costa, C. Vaquette [et al.] // *Annals of biomedical engineering*. — 2017. — Vol. 45, № 1. — P. 12–22.
221. Additive manufacturing for guided bone regeneration: a perspective for alveolar ridge augmentation / P. Rider, Z. P. Kačarević, S. Alkildani [et al.] // *International journal of molecular sciences : electronic journal*. — 2018. — Vol. 19,

- № 11. — URL: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC6274711/>. — Дата публикации: 24.10.2018.
222. Additive technology: update on current materials and applications in dentistry / A. Barazanchi, K. C. Li, B. Al-Amlem [et al.] // *Journal of prosthodontics*. — 2017. — Vol. 26, № 2. — P. 156–163.
223. Advances in materials and concepts in fixed prosthodontics: a selection of possible treatment modalities / D. Edelhoff, M. Stimmelmayer, J. Schweige [et al.] // *British dental journal*. — 2019. — Vol. 226, № 10. — P. 739–748.
224. Advantages of surgical simulation in the surgical reconstruction of oncological patients / F. Iglesias-Martín, L.-G. Oliveros-López, A. Fernández-Olavarría [et al.] // *Medicina oral, patología oral y cirugía bucal : electronic journal*. — 2018. — Vol. 23, № 5. — P. e596–e601. — URL: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC6167105/>. — Дата публикации: 28.09.2018.
225. Al-Fouzan, A. F. Adherence of *Candida* to complete denture surfaces in vitro: a comparison of conventional and CAD/CAM complete dentures / A. F. Al-Fouzan, L. A. Al-Mejrad, A. M. Albarrag // *The journal of advanced prosthodontics*. — 2017. — Vol. 9, № 5. — P. 402–408.
226. Alifui-Segbaya, F. Additive manufacturing: a novel method for fabricating cobalt-chromium removable partial denture frameworks / F. Alifui-Segbaya, R. J. Williams, R. George // *The European journal of prosthodontics and restorative dentistry*. — 2017. — Vol. 25, № 2. — P. 73–78. — URL: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/28590092/> (дата обращения: 21.03.2022).
227. All-ceramic or metal-ceramic tooth-supported fixed dental prostheses (FDPs)? A systematic review of the survival and complication rates. Part I: single crowns (SCs) / I. Sailer, N.A. Makarov, D.S. Thoma [et al.] // *Dental Materials Journal*. — 2015. — Vol. 31, № 6. — P. 603–623.
228. An in vitro investigation of accuracy and fit of conventional and CAD/CAM removable partial denture frameworks / P. Soltanzadeh, M. S. Suprono, M. T. Kattadiyil [et al.] // *Journal of prosthodontics*. — 2019. — Vol. 28, № 5. — P. 547–555.

229. An in vitro model to evaluate the accuracy of guided surgery systems / M. M. Soares, N. D. Harari, E. S. Cardoso [et al.] // The International journal of oral and maxillofacial implants. — 2012. — Vol. 27, № 4. — P. 824–831.
230. Application and success of two stereolithographic surgical guide systems for implant placement with immediate loading / M. Abboud, G. Wahl, J. L. Calvo-Guirado, G. Orentlicher // The International journal of oral and maxillofacial implants. — 2012. — Vol. 27, № 3. — P. 634–643.
231. Application of FDM three-dimensional printing technology in the digital manufacture of custom edentulous mandible trays / H. Chen, X. Yang, L. Chen [et al.] // Scientific reports : electronic journal. — 2016. — Vol. 6. — URL: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4725876/>. — Дата публикации: 14.01.2016.
232. Application of negative molds technology based on three-dimensional printing in digital maxillofacial prostheses / X. Y. Gu, X. B. Chen, T. Jiao [et al.] // Chinese journal of stomatology. — 2017. — Vol. 52, № 6. — P. 336–341.
233. Arisan, V. Implant surgery using bone — and mucosa — supported stereolithographic guides in totally edentulous jaws: surgical and post-operative outcomes of computer-aided vs. standard techniques / V. Arisan, C. Z. Karabuda, T. Ozdemir // Clinical oral implants research. — 2010. — Vol. 21, № 9. — P. 980–988.
234. Aspert, N. MESH: measuring errors between Surfaces using the Hausdorff distance / N. Aspert, D. Santa-Cruz, T. Ebrahimi // Proceedings. IEEE International conference on multimedia and expo : electronic journal. — 2002. — Vol. 1. — P. 705–708. — URL: <https://ieeexplore.ieee.org/document/1035879/metrics#metrics>. — Дата публикации: 07.11.2002).
235. Baba, N. Z. Materials and processes for CAD/CAM complete denture fabrication / N. Z. Baba // Current oral health reports : electronic journal. — 2016. — Vol. 3. — P. 203–208. — URL: <https://link.springer.com/article/10.1007/s40496-016-0101-3>. — Дата публикации: 15.06.2016.

236. Bachmann, D. Изготовление комбинированного протеза с использованием цифровых технологий [пер. с нем.] / D. Bachmann, T. Kasseckert // *Dental labor.* — 2016. — № 2. — С. 8–19.
237. Belser, U. C. Fit of three porcelain-fused-to-metal marginal designs in vivo: a scanning electron microscope study / U. C. Belser, M. I. MacEntee, W. A. Richter // *The Journal of Prosthetic Dentistry.* — 1985. — Vol. 53, № 1. — P. 24–29.
238. Beuer, F. Marginal fit of 14-unit zirconia fixed dental prosthesis retainers / F. Beuer, P. Neumeier, M. Naumann // *The Journal of oral rehabilitation.* — 2009. — Vol. 36, № 2. — P. 142–149.
239. Brill N., Krasse B. Passage of tissue fluid into the clinically healthy gingival pocket // *Acta Odontol. Scand.* — 1958. — Vol. 16. — P. 233–245.
240. Buttermann, D. Двухкомпонентная реставрация с опорой на имплантат в области передних зубов, изготовленная с помощью CAD/CAM-технологий / D. Buttermann // *Новое в стоматологии.* — 2019. — № 6. — С. 59–60.
241. CAD/CAM milled removable complete dentures: an in vitro evaluation of trueness / M. Srinivasan, Y. Cantin, A. Mehl [et al.] // *Clinical oral investigations.* — 2017. — Vol. 21, № 6. — P. 2007–2019.
242. CAD/CAM produces dentures with improved fit / O. Steinmassl, H. Dumfahrt, I. Grunert, P.-A. Steinmassl // *Clinical oral investigations.* — 2018. — Vol. 22, № 8. — P. 2829–2835.
243. CAD-CAM milled versus rapidly prototyped (3D-printed) complete dentures: An in vitro evaluation of trueness / N. Kalberer, A. Mehl, M. Schimmel [et al.] // *The Journal of prosthetic dentistry.* — 2019. — № 121, № 4. — P. 637–643.
244. Camardella, L. T. Accuracy of printed dental models made with 2 prototype technologies and different designs of model bases / L. T. Camardella, De Vasconcellos Vilella O., H. Breuning // *American journal of orthodontics and dentofacial orthopedics.* — 2017. — Vol. 151, № 6. — P. 1178–1187.
245. Chmielewski, K. Комфортное лечение [пер. с нем.] / K. Chmielewski, B. Roland // *Новое в стоматологии.* — 2019. — № 7. — С. 28–38.

246. Clinical evaluation of all-ceramic crowns fabricated from intraoral digital impressions based on the principle of active wavefront sampling / A. Syrek, G. Reich, D. Ranftl [et al.] // *Journal of dentistry*. — 2010. — Vol. 38, № 7. — P. 553–559.
247. Clinical fit of Procera AllCeram crowns / K. W. Boening, B. H. Wolf, A. E. Schmidt, K. Kästner, M. H. Walter // *The Journal of prosthetic dentistry*. — 2000. — Vol. 84, № 4. — P. 419–424.
248. Clinical marginal and internal adaptation of CAD/CAM milling, laser sintering, and cast metal ceramic crowns / E. Tamac, S. Toksavul, M. Toman // *The Journal of prosthetic dentistry*. — 2014. — Vol. 112, № 4. — P. 909–913.
249. Clinical marginal and internal fit of metal ceramic crowns fabricated with a selective laser melting technology / Z. Huang, L. Zhang, J. Zhu, X. Zhang // *The Journal of prosthetic dentistry*. — 2015. — № 113, № 6. — P. 623–627.
250. Coachman, C. Dynamic Documentation of the Smile and the 2D/3D Digital Smile Design Process / C. Coachman, M. A. Calamita, N. Sesma // *The International Journal Periodontics And Restorative Dentistry*. — 2017. — Vol. 37, N 2. — P. 183-193. — DOI: 10.11607/prd.2911
251. Comparing accuracy of denture bases fabricated by injection molding, CAD/CAM milling, and rapid prototyping method / S. Lee, S.-J. Hong, J. Paek [et al.] // *The journal of advanced prosthodontics*. — 2019. — Vol. 11, № 1. — P. 55–64.
252. Comparison and evaluation of marginal and internal gaps in cobalt-chromium alloy copings fabricated using subtractive and additive manufacturing / D. Y. Kim, J.-H. Kim, H.-Y. Kim, W.-C. Kim // *Journal of prosthodontic research*. — 2018. — Vol. 62, № 1. — P. 56–64.
253. Comparison of denture base adaptation between CAD-CAM and conventional fabrication techniques / B. J. Goodacre, C. J. Goodacre, N. Z. Baba, M. T. Kattadiyil // *The Journal of prosthetic dentistry*. — 2016. — Vol. 116, № 2. — P. 249–256.
254. Comparison of denture tooth movement between CAD-CAM and conventional fabrication techniques / B. J. Goodacre, C. J. Goodacre, N. Z. Baba,

- M. T. Kattadiyil // *The Journal of prosthetic dentistry*. — 2018. — Vol. 119, № 1. — P. 108–115.
255. Comparison of prosthetic models produced by traditional and additive manufacturing methods / J. Y. Park, H. Y. Kim, J. H. Kim [et al.] // *The Journal of Advanced Prosthodontics*. — 2015. — Vol. 7, № 4. — P. 294-302.
256. Comparison of retention between maxillary milled and conventional denture bases: A clinical study / A. AlHelal, H. S. AlRumaih, M. T. Kattadiyil [et al.] // *The Journal of prosthetic dentistry*. — 2017. — Vol. 117, № 2. — P. 233–238.
257. Comparison of the fit of cast gold crowns fabricated from the digital and the conventional impression techniques / M. J. Yun, Y.-C. Jeon, C.-M. Jeong, J.-B. Huh // *The journal of advanced prosthodontics*. — 2017. — Vol. 9, № 1. — P. 1–13.
258. Comparison of internal fit of metal-ceramic crowns in CAD/CAM and lost-wax techniques in all fabrication stages through replica weighting, triple scanning, and scanning electron microscope / S. M. Sadr, E. Ahmadi, M. H. Tabatabaei [et al.] // *Clinical and Experimental Dental Research*. — 2022. — Vol. 8, № 3. — P. 763-770.
259. Comparison of marginal and internal fit of 3-unit zirconia frameworks fabricated with CAD-CAM technology using direct and indirect digital scans / A. Arezoo-bakhsh, S. S. Shayegh, A. J. Ghomi [et al.] // *The Journal of prosthetic dentistry*. — 2020. — Vol. 123, № 1. — P. 105–112.
260. Computer aided design and 3-dimensional printing for the production of custom trays of maxillary edentulous jaws based on 3-dimensional scan of primary impression / H. Chen, T. Zhao, Y. Wang, Y. C. Sun // *Journal of Peking University Health sciences*. — 2016. — Vol. 48, № 5. — P. 900–904.
261. Conejo, J. Протезирование на имплантатах: коронки на имплантатах из гибридной керамики [пер. с англ.] / J. Conejo // *Новое в стоматологии*. — 2019. — № 3. — С. 64–65.
262. Cristache, C. M. Accuracy evaluation of a stereolithographic surgical template for dental implant insertion using 3D superimposition protocol / C. M. Cristache, S. Gurbanescu // *International journal of dentistry*. — 2017. — Vol. 2017. —

- URL: <https://www.hindawi.com/journals/ijd/2017/4292081/> (дата обращения: 21.03.2022).
263. Current state of the art of computer-guided implant surgery / J. D'haese, J. Ackhurst, D. Wismeijer [et al.] // *Periodontology* 2000. — 2017. — Vol. 73, № 1. — P. 121–133.
264. Damato, S. Цифровой имедиант-протез — сдвиг парадигмы [пер. с англ.] / S. Damato // *Зубной техник*. — 2017. — № 3. — С. 50–53.
265. Daou, E. E. Comparison of fit accuracy of three-unit fixed ceramic-CoCr dental prostheses fabricated by three different techniques // *The International journal of prosthodontics*. — 2021 — Vol. 34, № 5. — P. 642–649.
266. Dental ceramics: a review of new materials and processing methods / L. H. Da Silva, E. De Lima, R. B. De Paula Miranda [et al.] // *Brazilian oral research*. — 2017. — Vol. 31. — Suppl. 1. — P. 133–146.
267. Dental Robotics: A Disruptive Technology / P. Ahmad, M. K. Alam, A. Aldajani [et al.] // *Sensors (Basel)*. — 2021. — Vol. 21, № 10. — P. 3308. — URL: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC8151353/>. Дата публикации: 11.05.2021.
268. Design and fabrication of complete dentures using CAD/CAM technology / W. Han, Y. Li, Y. Zhang [et al.] // *Medicine : electronic journal*. — 2017. — Vol. 96, № 1. — URL: https://journals.lww.com/md-journal/Fulltext/2017/01060/Design_and_fabrication_of_complete_dentures_using.6.aspx. — Дата публикации: 01.01.2017.
269. Effect of cement space on stress distribution in Y-TZP based crowns / C.E. Rezende, A.F. Borges, C.C. Gonzaga [et al.] // *Dental Materials Journal*. — 2017. — Vol. 33, № 2. — P. 144-151.
270. Effect of different wax pattern manufacturing techniques on the marginal fit of lithium disilicate crowns / H. A. Alshehri, S. M. Altaweel, R. Alshaibani [et al.] // *Sensors (Basel)*. — 2022. — Vol. 15, № 14. — P. 4774. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC9319464/>. Дата публикации: 07.08.2022.

271. Effect of print layer height and printer type on the accuracy of 3-dimensional printed orthodontic models / C. S. Favero, J. D. English, B. E. Cozad [et al.] // American journal of orthodontics and dentofacial orthopedics. — 2017. — Vol. 152, № 4. — P. 557–565.
272. Ellenbrock, С. Возможности и ограничения цифрового изготовления теле-скопов из сплавов неблагородных металлов (NEM). Успешное фрикционное сцепление! [пер. с англ.] / С. Ellenbrock, Т. Jobst // Зубной техник. — 2017. — № 3. — С. 56–59.
273. Evaluation of marginal and internal gap of three-unit metal framework according to subtractive manufacturing and additive manufacturing of CAD/CAM systems / D.-Y. Kim, E.-B. Kim, H.-Y. Kim [et al.] // The Journal of Advanced Prosthodontics. — 2017. — Vol. 9, № 6. — P. 463-469.
274. Evaluation of one-piece polyetheretherketone removable partial denture fabricated by computer-aided design and computer-aided manufacturing / X. X. Li, Y. S. Liu, Y. C. Sun [et al.] // Journal of Peking University. Health sciences. — 2019. — Vol. 51, № 2. — P. 335–339.
275. Evaluation of patient experience and satisfaction with CAD-CAM-fabricated complete dentures: A retrospective survey study / P. C. Saponaro, B. Yilmaz, W. Johnston [et al.] // The Journal of prosthetic dentistry. — 2016. — Vol. 116, № 4. — P. 524–528.
276. Evaluation of the fit of metal copings fabricated using stereolithography / S.-B. Kim, N.-H. Kim, J.-H. Kim, H.-S. Moon // The Journal of prosthetic dentistry. — 2018. — Vol. 120, № 5. — P. 693–698.
277. Evaluation of the marginal and internal fit of a single crown fabricated based on a three-dimensional printed model / Y. Jang, J.-Y. Sim, J.-K. Park [et al.] // The journal of advanced prosthodontics. — 2018. — Vol. 10, № 5. — P. 367–373.
278. Fischer, С. Изготовление временных конструкций с использованием цифровых технологий [пер. с нем.] / С. Fischer, А. Bettendorf // Новое в стоматологии. — 2018. — № 7. — С. 12–19.
279. Fit of pressed crowns fabricated from two CAD-CAM wax pattern process plans: a comparative in vitro study / L. Shamseddine, R. Mortada, K. Rifai, J. J. Chidiac // The Journal of prosthetic dentistry. — 2017. — Vol. 118, № 1. — P. 49–54.

280. Fracture resistance of partial indirect restorations made with CAD/CAM technology. A systematic review and meta-analysis / A. Amesti-Garaizabal, R. Agustín-Panadero, B. Verdejo-Solá [et al.] / *Journal of clinical medicine : electronic journal*. — 2019. — Vol. 8, № 11. — URL: <https://doi.org/10.3390/jcm8111932>. — Дата публикации: 09.11.2019.
281. Fransson, B. The fit of metal-ceramic crowns, a clinical study / B. Fransson, G. Oilo, R. Gjeitanger // *Dental materials : official publication of the Academy of dental materials*. — 1985. — Vol. 5, № 1. — P. 197–199.
282. Fully digital fabrication of an occlusal device using an intraoral scanner and 3D-printing: a dental technique / M. Waldecker, M. Leckel, P. Rammelsberg, W. Bömicke // *The Journal of prosthetic dentistry*. — 2019. — Vol. 121, № 4. — P. 576–580.
283. Gutierrez, J. C. Vitablocs Reallife. Максимальная эстетика за одно посещение [пер. с англ.] / J. C. Gutierrez // *Зубной техник*. — 2016. — № 5. — С. 12–13.
284. Hazeveld, A. Accuracy and reproducibility of dental replica models reconstructed by different rapid prototyping techniques / A. Hazeveld, J. H. Slater, Y. Ren // *American journal of orthodontics and dentofacial orthopedics*. — 2014. — Vol. 145, № 1. — P. 108–115.
285. Heintze, S. D. Survival of zirconia- and metal-supported fixed dental prostheses: a systematic review / S. D. Heintze, V. Rousson // *The International journal of prosthodontics*. — 2010. — Vol. 23, № 6. — P. 493–502.
286. Hoffman, M. Interproximal distance analysis of stereolithographic casts made by CAD-CAM technology: An in vitro study / M. Hoffman, S.-H. Cho, N. K. Bansal // *The Journal of prosthetic dentistry*. — 2017. — Vol. 118, № 5. — P. 624–630.
287. Huettig, F. Early complications and performance of 327 heat-pressed lithium disilicate crowns up to five years / F. Huettig, U. P. Gehrke // *The Journal of Advanced Prosthodontics*. — 2016. — Vol. 8, № 3. — P. 194–200.
288. Hu, F. Using intraoral scanning technology for three-dimensional printing of Kennedy class I removable partial denture metal framework: a clinical report /

- F. Hu, Z. Pei, Y. Wen // Journal of prosthodontics. — 2019. — Vol. 28, № 2. — P. 473–476.
289. Hutsky, A. Эффективно и «аккуратно» [пер. с англ.] / A. Hutsky, D. Ellmann // Новое в стоматологии. — 2020. — № 6. — С. 38–44.
290. Impact of digital impression techniques on the adaption of ceramic partial crowns in vitro / O. Schaefer, M. Decker, F. Wittstock [et al.] // Journal of dentistry. — 2014. — Vol. 42, № 6. — P. 677–683.
291. In vitro evaluation of marginal and internal adaptation of three-unit fixed dental prostheses produced by stereolithography / K.-B. Kim, J.-H. Kim, W.-C. Kim, J.-H. Kim // Dental materials journal. — 2014. — Vol. 33, № 4. — P. 504–509.
292. In vitro evaluation of the marginal integrity of CAD/CAM interim crowns / K. Y. K. Khng, R. L. Ettinger, S. R. Armstrong [et al.] // The Journal of prosthetic dentistry. — 2016. — Vol. 115, № 5. — P. 617–623.
293. In vitro marginal and internal adaptation of metal-ceramic crowns with cobalt-chrome and titanium framework fabricated with CAD/CAM and casting technique / K. Gurel, S. Toksavul, M. Toman, E. Tamac // Nigerian journal of clinical practice. — 2019. — Vol. 22, № 6. — P. 812–816.
294. In vivo accuracy of implant placement using a full digital planning modality and stereolithographic guides / H. Skjerven, U. H. Riis, B. B. Herlofsson, J. E. Ellingsen // The International journal of oral and maxillofacial implants. — 2019. — Vol. 34, № 1. — P. 124–132.
295. In vivo tooth-supported implant surgical guides fabricated with desktop stereolithographic printers: fully guided surgery is more accurate than partially guided surgery / S. Bencharit, A. Staffen, M. Yeung [et al.] // Journal of oral and maxillofacial surgery. — 2018. — Vol. 76, № 7. — P. 1431–1439.
296. In-office fabrication of dental implant surgical guides using desktop stereolithographic printing and implant treatment planning software: a clinical report / D. Whitley, R. S. Eidson, I. Rudek, S. Bencharit // The Journal of prosthetic dentistry. — 2017. — Vol. 118, № 3. — P. 256–263.

297. Intraoral scanning to fabricate complete dentures with functional borders: a proof-of-concept case report / A. Unkovskiy, E. Wahl, A. T. Zander [et al.] // BMC oral health : electronic journal. — 2019. — Vol. 19, № 1. — URL: <https://bmcoralhealth.biomedcentral.com/articles/10.1186/s12903-019-0733-5>. — Дата публикации: 13.03.2019.
298. Janeva, N. Complete dentures fabricated with CAD/CAM technology and a traditional clinical recording method / N. Janeva, G. Kovacevska, E. Janev // Open access Macedonian journal of medical sciences : electronic journal. — 2017. — Vol. 5, № 6. — P. 785–789. URL: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC5661720/>. — Дата публикации: 06.10.2017.
299. Javaid, M. Current status and applications of additive manufacturing in dentistry: a literature-based review / M. Javaid, A. Haleem // Journal of oral biology and craniofacial research. — 2019. — Vol. 9, № 3. — P. 179–185.
300. Jeong, Y.-G. Accuracy evaluation of dental models manufactured by CAD/CAM milling method and 3D-printing method / Y.-G. Jeong, W.-S. Lee, K.-B. Lee // The journal of advanced prosthodontics. — 2018. — Vol. 10, № 3. — P. 245–251.
301. Kessler, A. 3D-printing in dentistry-state of the art / A. Kessler, R. Hickel, M. Reymus // Operative dentistry. — 2019. — Vol. 45, № 1. — P. 30–40.
302. Keul, C. Accuracy of full-arch digital impressions: an in vitro and in vivo comparison / C. Keul, J. F. Güth // Clinical oral investigations. — 2020. — Vol. 24, № 2. — P. 735–745.
303. Kim, T. Esthetic rehabilitation of an edentulous arch using a fully digital approach / T. Kim, F. Varjão, S. Duarte // Quintessence of dental technology. — 2018. — № 1. — P. 227–236.
304. Кноор, Ч. Хирургический шаблон из 3D-принтера [пер. с англ.] / Ч. Кноор // Новое в стоматологии. — 2020. — № 4. — С. 22–29.
305. Krempf, Ch. Минимально инвазивный и легкий в уходе [пер. с англ.] / Ch. Krempf // Новое в стоматологии. — 2018. — № 4. — С. 22–27.

306. Lee, W.-S. Evaluation of internal fit of interim crown fabricated with CAD/CAM milling and 3D-printing system / W.-S. Lee, D.-H. Lee, K.-B. Lee // *The journal of advanced prosthodontics*. — 2017. — Vol. 9, № 4. — P. 265–270.
307. Lichtmanegger, A. Новый путь [пер. с англ.] / A. Lichtmanegger // *Новое в стоматологии*. — 2018. — № 8. — С. 30–38.
308. Mangano, F. G. Full in-office guided surgery with open selective tooth-supported templates: a prospective clinical study on 20 patients / F. G. Mangano, U. Hauschild, O. Admakin // *International journal of environmental research and public health : electronic journal*. — 2018. — Vol. 15, № 11. — URL: <https://www.mdpi.com/1660-4601/15/11/2361>. — Дата публикации: 25.10.2018.
309. Mardis, N. J. Emerging technology and applications of 3D-printing in the medical field / N. J. Mardis // *Missouri medicine*. — 2018. — Vol. 115, № 4. — P. 368–373.
310. Marginal and internal fit of pressed lithium disilicate inlays fabricated with milling, 3D-printing, and conventional technologies / F. R. Homsy, M. Özcan, M. Khoury, Z. A. Majzoub // *The Journal of prosthetic dentistry*. — 2018. — Vol. 119, № 5. — P. 783–790.
311. Marginal and internal gap of handmade, milled and 3D-printed additive manufactured patterns for pressed lithium disilicate onlay restorations / M. Revilla-León, M. Olea-Vielba, A. Estesó-Saiz [et al.] // *The European journal of prosthodontics and restorative dentistry*. — 2018. — Vol. 26, № 1. — P. 31–38.
312. McLaughlin, J. B. Comparison of fit of dentures fabricated by traditional techniques versus CAD/CAM technology / J. B. McLaughlin, V. Ramos Jr, D. P. Dickinson // *Journal of prosthodontics : official journal of the American College of prosthodontists*. — 2019. — Vol. 28, № 4. — P. 428–435.
313. McLean, J. W. The estimation of cement film thickness by an in vivo technique / J. W. McLean, J. A. von Fraunhofer // *British dental Journal*. — 1971. — Vol. 131, № 3. — P. 107–111.
314. Medical applications for 3D-printing: recent developments / G. M. Paul, A. Rezaenia, P. Wen [et al.] // *Missouri medicine*. — 2018. — Vol. 115, № 1. — P. 75–81.

315. Metal-ceramic-fixed dental prosthesis with CAD/CAM-fabricated substructures: 6-year clinical results / J. Hey, F. Beuer, T. Bense, A. F. Boeckler // *Clinical oral investigations*. — 2013. — Vol. 17, № 5. — P. 1447–1451.
316. Modular preoperative planning software for computer-aided oral implantology and the application of a novel stereolithographic template: a pilot study / X. Chen, J. Yuan, C. Wang [et al.] // *Clinical implant dentistry and related research*. — 2010. — Vol. 12, № 3. — P. 181–193.
317. Munoz, S. Comparison of margin discrepancy of complete gold crowns fabricated using printed, milled, and conventional hand-waxed patterns / S. Munoz, V. Ramos Jr, D. P. Dickinson // *The Journal of prosthetic dentistry*. — 2017. — Vol. 118, № 1. — P. 89–94.
318. Nedelcu, R. G. Scanning accuracy and precision in 4 intraoral scanners: an in vitro comparison based on 3-dimensional analysis / R. Nedelcu, A. S. Persson // *The Journal of prosthetic dentistry*. — 2014. — Vol. 112, № 6. — P. 1461–1471.
319. Nelson, N. Marginal accuracy and internal fit of dental copings fabricated by modern additive and subtractive digital technologies / N. Nelson, K. S. Jyothi, K. Sunny // *The European journal of prosthodontics and restorative dentistry*. — 2017. — Vol. 25, № 1. — P. 20–25.
320. Ng, J. A comparison of the marginal fit of crowns fabricated with digital and conventional methods / J. Ng, D. Ruse, C. Wyatt // *The Journal of prosthetic dentistry*. — 2014. — Vol. 112, № 3. — P. 555–560.
321. Ng, J. A comparison of the marginal fit of crowns fabricated with digital and conventional methods / J. Ng, D. Ruse, C. Wyatt // *The Journal of prosthetic dentistry*. — 2014. — Vol. 112, № 3. — P. 555–560.
322. Omar, D. The application of parameters for comprehensive smile esthetics by digital smile design programs: A review of literature / D. Omar, C. Duarte // *The Saudi Dental Journal* — 2018. — Vol. 30, N 1. — P. 7-12. — DOI:10.1016/j.sdentj.2017.09.001
323. Oniga, E. Hausdorff distance for the differences calculation between 3D-surfaces / E. Oniga, C. Chirila // *Journal of geodesy and cadastre RevCAD*. — 2013. — № 15. — P. 193–202.

324. Park, M.-E. Three-dimensional comparative study on the accuracy and reproducibility of dental casts fabricated by 3D-printers / M.-E. Park, S.-Y. Shin // *The Journal of prosthetic dentistry*. — 2018. — Vol. 119, № 5. — P. 861.e1–861.e7.
325. Pascual, D. Guided and computer-assisted implant surgery and prosthetic: the continuous digital workflow / D. Pascual, J. Vaysse // *Revue de stomatologie, de chirurgie maxillo-faciale et de chirurgie orale*. — 2016. — Vol. 117, № 1. — P. 28–35.
326. Peng, C.C. Assessment of the adaptation of interim crowns using different measurement techniques / C.C. Peng, K. H.Chung, V. Ramos Jr // *Journal of Prosthodontics*. — 2020. — Vol. 29, № 1. — P. 87–93.
327. Pfeiffer, В. Двойное решение двойной задачи [пер. с нем.] / В. Pfeiffer, M. G. Pillich // *Новое в стоматологии*. — 2019. — № 2. — С. 2–31.
328. Plaster, U. Диагностика и планирование лечения. Часть 1 [пер. с нем.] / U. Plaster, S. Hrezkuw // *Новое в стоматологии*. — 2020. — № 2. — С. 2–19.
329. Plaster, U. Диагностика и планирование лечения. Часть 2 / U. Plaster, S. Hrezkuw [пер. с нем.] // *Новое в стоматологии*. — 2020. — № 3. — С. 26–34.
330. Plaster, U. Цифровой и аналоговый [пер. с нем.] / U. Plaster, S. Hrezkuw, P. Kessler // *Новое в стоматологии*. — 2018. — № 3. — С. 12–37.
331. Possibility of reconstruction of dental plaster cast from 3D-digital study models / M. Kasparova, L. Grafova, P. Dvorak [et al.] // *Biomedical engineering online : electronic journal*. — 2013. — Vol. 12. — URL: <https://biomedical-engineering-online.biomedcentral.com/articles/10.1186/1475-925X-12-49>. — Дата публикации: 31.05.2013.
332. Precision and accuracy of four current 3D-printers to achieve models for fixed dental prosthesis / B. S. Reis, F. F. Portella, E. G. Rivaldo // *Acta odontológica latinoamericana : AOL : electronic journal*. — 2020. — Vol. 33, № 1. — P. 3–5. — URL: <http://www.scielo.org.ar/pdf/aol/v33n1/1852-4834-aol-33-1-3.pdf>. — Дата публикации: 31.05.2013.
333. Precision and trueness of dental models manufactured with different 3-dimensional printing techniques / S. Y. Kim, Y.-S. Shin, H.-D. Jung [et al.] //

- American journal of orthodontics and dentofacial orthopedics. — 2018. — Vol. 153, № 1. — P. 144–153.
334. Preliminary clinical application of removable partial denture frameworks fabricated using computer-aided design and rapid prototyping techniques / H. Ye, J. Ning, M. Li [et al.] // The International journal of prosthodontics. — 2017. — Vol. 30, № 4. — P. 348–353.
335. Production tolerance of conventional and digital workflow in the manufacturing of glass ceramic crowns / D. J. Mahmood, M. Braian, C. Larsson, A. Wennerberg // Dental materials : official publication of the Academy of dental materials. — 2019. — Vol. 35, № 3. — P. 486–494.
336. Prospective observation of CAD/CAM titanium ceramic single crowns: a three-year follow up / A. F. Boeckler, H. Lee, A. Stadler, J. M. Setz // The Journal of prosthetic dentistry. — 2009. — Vol. 102, № 5. — P. 290–297.
337. Quantitative evaluation of tissue surface adaption of CAD-designed and 3D-printed wax pattern of maxillary complete denture / H. Chen, H. Wang, P. Lv [et al.] // BioMed research international : electronic journal. — 2015. — Vol. 2015. — URL: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4637052/>. — Дата публикации: 25.10.2015.
338. Reliability and accuracy of skin-supported surgical templates for computer-planned craniofacial implant placement, a comparison between surgical templates: with and without bony fixation / J. P. Dings, L. Verhamme, T. J. Maal [et al.] // Journal of cranio-maxillo-facial surgery : official publication of the European Association for Cranio-Maxillo-Facial Surgery. — 2019. — Vol. 47, № 6. — P. 977–983.
339. Reliability of a CAD/CAM surgical guide for implant placement: An in vitro comparison of surgeons' experience levels and implant sites / S.-J. Park, R. Leesungbok, T. Cui [et al.] // The International journal of prosthodontics. — 2017. — Vol. 30, № 4. — P. 367–369.
340. Revilla-León, M. Additive manufacturing technologies used for processing polymers: current status and potential application in prosthetic dentistry / M. Revilla-

- León, M. Özcan // *Journal of prosthodontics : official journal of the American College of prosthodontists.* — 2019. — Vol. 28, № 2. — P. 146–158.
341. Rousset, M. Практика и технологии — рука об руку / M. Rousset // *Новое в стоматологии.* — 2019. — № 1. — С. 2–18.
342. Schweiger, J. 3D-печать в стоматологии / J. Schweiger, J. F. Guth, J. Timpl // *Новое в стоматологии.* — 2018. — № 1. — С. 12–17.
343. Schweiger, J. Цифровые миры / J. Schweiger, J.-F. Güth // *Новое в стоматологии.* — 2020. — № 1. — С. 18–33.
344. Selective laser sintering versus selective laser melting and computer aided design — computer aided manufacturing in double crowns retention / L. Goguta, D. Lungeanu, R. Negru [et al.] // *Journal of prosthodontic research.* — 2021. — Vol. 65, № 3. — P. 371–378.
345. Single crowns with CAD/CAM-fabricated copings from titanium: 6-year clinical results / J. Hey, F. Beuer, T. Bensele, A. F. Boeckler // *The Journal of prosthetic dentistry.* — 2014. — Vol. 112, № 2. — P. 150–154.
346. Spielau, T. Computer-assisted, template-guided immediate implant placement and loading in the mandible: a case report [art. 55] / T. Spielau, U. Hauschild, J. Katsoulis // *BMC oral health : electronic journal.* — 2019. — Vol. 19, № 1. — URL: <https://bmcoralhealth.biomedcentral.com/articles/10.1186/s12903-019-0746-0>. — Дата публикации: 11.04.2019.
347. Stock versus CAD/CAM customized zirconia implant abutments — clinical and patient-based outcomes in a randomized controlled clinical trial / U. Schepke, H. J. Meijer, W. Kerdijsk [et al.] // *Clinical implant dentistry and related research.* — 2017. — Vol. 19, № 1. — P. 74–84.
348. Suese, K. Progress in digital dentistry: The practical use of intraoral scanners / K. Suese // *Dental materials journal.* — 2020. — Vol. 39, № 1. — P. 52–56.
349. Su, T.-S. Comparison of marginal and internal fit of 3-unit ceramic fixed dental prostheses made with either a conventional or digital impression / T.-S. Su, J. Sun // *The Journal of prosthetic dentistry.* — 2016. — Vol. 116, № 3. — P. 362–367.

350. Tatakis, D. N. Guided implant surgery risks and their prevention / D. N. Tatakis, H. H. Chien, A. O. Parashis // *Periodontology* 2000. — 2019. — Vol. 81, № 1. — P. 194–208.
351. Tamac , E. Clinical marginal and internal adaptation of CAD/CAM milling, laser sintering, and cast metal ceramic crowns / E. Tamac , S. Toksavul, M. Toman / *The Journal of prosthetic dentistry*. — 2014. — Vol. 112, № 4. — P. 909-913.
352. The accuracy of a 3D-printing surgical guide determined by CBCT and model analysis / B. Ma, T. Park, I. Chun, K. Yun // *The journal of advanced prosthodontics*. — 2018. — Vol. 10, № 4. — P. 279–285.
353. The accuracy of computer-guided implant surgery with tooth-supported, digitally designed drill guides based on CBCT and intraoral scanning. A prospective cohort study / W. Derksen, D. Wismeijer, T. Flügge [et al.] // *Clinical oral implants research*. — 2019. — Vol. 30, № 10. — P. 1005–1015.
354. The accuracy of fit of crowns made from wax patterns produced conventionally (hand formed) and via CAD/CAM technology / H. M. Fathi, A. H. Al-Masoody, N. El-Ghezawi, A. Johnson // *The European journal of prosthodontics and restorative dentistry*. — 2016. — Vol. 24, № 1. — P. 10–17.
355. The clinical use of 3D-printing in surgery / L. Pugliese, S. Marconi , E. Negrello [et al.] // *Updates in surgery : electronic journal*. — 2018. — Vol. 70, № 3. — P. 381–388. — URL: <https://link.springer.com/article/10.1007/s13304-018-0586-5>. — Дата публикации: 30.08.2018.
356. The effect of internal roughness and bonding on the fracture resistance and structural reliability of lithium disilicate ceramic / P. De Kok, G.K.R. Pereira, S. Fraga, [et al.] // *Dental Materials Journal*. — 2017. — Vol. 33, № 12. — P. 1416–1425.
357. The role of 3D-printing in treating craniomaxillofacial congenital anomalies / C. D. Lopez, L. Witek, A. Torroni [et al.] // *Birth defects research : electronic journal*. — 2018. — Vol. 110, № 13. — P. 1055–1064. — URL: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/bdr2.1345>. — Дата публикации: 20.05.2018.

358. Three-dimensional printing model as a tool to assist in surgery for large mandibular tumour: a case report / K. Yusa, H. Yamanochi, A. Takagi, M. Iino // *Journal of oral & maxillofacial research : electronic journal*. — 2017. — Vol. 8, № 2. — URL: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC5541989/>. — Дата публикации: 30.06.2017.
359. Total CAD/CAM supported method for manufacturing removable complete dentures / A. F. de Mendonça, M. F. de Mendonça, G. S. White [et al.] // *Case reports in dentistry*. — 2016. — Vol. 2016. — URL: <https://www.hindawi.com/journals/crid/2016/1259581/> (дата обращения: 24.03.2022).
360. Wan Hassan, W. N. Comparison of reconstructed rapid prototyping models produced by 3-dimensional printing and conventional stone models with different degrees of crowding / W. N. Wan Hassan, Y. Yusoff, N. A. Mardi // *American journal of orthodontics and dentofacial orthopedics*. — 2017. — Vol. 151, № 1. — P. 209–218.
361. Wang, H. Metal-ceramic bond strength of a cobalt chromium alloy for dental prosthetic restorations with a porous structure using metal 3D-printing / H. Wang, J. Y. Lim. — DOI 10.1016/j.compbio.2019.103364 // *Computers in biology and medicine*. — 2019. — Vol. 112. — URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0010482519302410?via%3Dihub> (дата обращения: 28.03.2022).
362. Wu, J. Evaluation of internal fit and marginal adaptation of provisional crowns fabricated with three different techniques / J. Wu, H. Xie, A. Sadr, K. H. Chung // *Sensors (Basel)*. — 2021. — Vol. 21, № 3. — P. 740. — URL: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC7865833/> Дата публикации: 22.01.2021.
363. Wu, J. Use of intraoral scanning and 3-dimensional printing in the fabrication of a removable partial denture for a patient with limited mouth opening / J. Wu, Y. Li, Y. Zhang // *Journal of the American Dental Association*. — 2017. — Vol. 148, № 5. — P. 338–34.

364. Yang, J. Accuracy of CAD-CAM milling versus conventional lost-wax casting for single metal copings: A systematic review and meta-analysis / J. Yang, H. Li // The Journal of prosthetic dentistry. — 2022. — Дата печати 01.07.2022.
365. Yazigi, C. Influence of various bonding techniques on the fracture strength of thin CAD/CAM-fabricated occlusal glass-ceramic veneers / C. Yazigi, M. Kern, M. S. Chaar // Journal of the Mechanical Behavior of Biomedical Materials. — 2017. — Vol. 75. — P. 504-511.

Приложение А

Патент на изобретение №2784783

«Способ оценки окклюзионных взаимоотношений зубных рядов»

РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ



ПАТЕНТ

НА ИЗОБРЕТЕНИЕ

№ 2784783

Способ оценки окклюзионных взаимоотношений зубных рядов

Патентообладатель: *Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования "Приволжский исследовательский медицинский университет" Министерства здравоохранения Российской Федерации (ФГБОУ ВО "ПИМУ" Минздрава России) (RU)*

Авторы: *Жулев Евгений Николаевич (RU), Вельмакина Ирина Владимировна (RU), Вокулова Юлия Андреевна (RU), Храмушев Григорий Николаевич (RU)*

Заявка № 2021139912

Приоритет изобретения 30 декабря 2021 г.

Дата государственной регистрации в Государственном реестре изобретений

Российской Федерации 29 ноября 2022 г.

Срок действия исключительного права на изобретение истекает 30 декабря 2041 г.

Руководитель Федеральной службы
по интеллектуальной собственности

Документ подписан электронной подписью
Сертификат 69b80077e14e40f0a94e6bd24145d5c7
Владелец **Зубов Юрий Сергеевич**
Действителен с 20.05.2022 по 26.05.2023

Ю.С. Зубов



Приложение Б

Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ
№2023611371 «Индексная оценка эффективности стоматологического
ортопедического лечения»

РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ



СВИДЕТЕЛЬСТВО

о государственной регистрации программы для ЭВМ

№ 2023611371

Индексная оценка эффективности стоматологического
ортопедического лечения

Правообладатель: *федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение высшего образования
«Приволжский исследовательский медицинский
университет» Министерства здравоохранения
Российской Федерации (RU)*

Авторы: *Жулев Евгений Николаевич (RU), Вокулова Юлия
Андреевна (RU), Бухнин Алексей Викторович (RU)*

Заявка № 2022686309

Дата поступления 28 декабря 2022 г.

Дата государственной регистрации

в Реестре программ для ЭВМ 19 января 2023 г.



Руководитель Федеральной службы
по интеллектуальной собственности

Ю.С. Зубов

Приложение В

Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ
№2023611371 «Цифровая методика определения показаний
к применению мостовидных протезов»

РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ



СВИДЕТЕЛЬСТВО

о государственной регистрации программы для ЭВМ

№ 2023611030

Цифровая методика определения показаний к
применению мостовидных протезов

Правообладатель: *федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Приволжский исследовательский медицинский университет» Министерства здравоохранения Российской Федерации (RU)*

Авторы: *Жулев Евгений Николаевич (RU), Вокулова Юлия Андреевна (RU), Бухнин Алексей Викторович (RU)*

Заявка № 2022686318

Дата поступления 28 декабря 2022 г.

Дата государственной регистрации

в Реестре программ для ЭВМ 16 января 2023 г.



Руководитель Федеральной службы
по интеллектуальной собственности

Ю.С. Зубов

Приложение Г

**Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ
№2023611371 «Проверка точности установки дентальных имплантатов»**

РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ



СВИДЕТЕЛЬСТВО

о государственной регистрации программы для ЭВМ

№ 2021665044

Проверка точности установки дентальных имплантатов

Правообладатель: *федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Приволжский исследовательский медицинский университет» Министерства здравоохранения Российской Федерации (RU)*

Авторы: *Жулев Евгений Николаевич (RU), Вокулова Юлия Андреевна (RU), Бухнин Алексей Викторович (RU)*

Заявка № **2021663639**

Дата поступления **02 сентября 2021 г.**

Дата государственной регистрации

в Реестре программ для ЭВМ **17 сентября 2021 г.**



*Руководитель Федеральной службы
по интеллектуальной собственности*

ДОКУМЕНТ ПОДПИСАН ЭЛЕКТРОННОЙ ПОДПИСЬЮ
Сертификат Ф02256FBC00B1ACF69A0A2F08092E9A118
Владелец **Ивлиев Григорий Петрович**
Действителен с 15.01.2021 по 15.01.2035

Г.П. Ивлиев

Приложение Д

Патент на изобретение № 2792389 «Способ изготовления индивидуальной
оттискной ложки беззубой челюсти»

РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ



ПАТЕНТ

НА ИЗОБРЕТЕНИЕ

№ 2792389

Способ изготовления индивидуальной оттискной ложки
беззубой челюсти

Патентообладатель: *федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение высшего образования
"Приволжский исследовательский медицинский
университет" Министерства здравоохранения
Российской Федерации (RU)*

Авторы: *Жулев Евгений Николаевич (RU), Вокулова Юлия
Андреевна (RU)*

Заявка № 2022118045

Приоритет изобретения 01 июля 2022 г.

Дата государственной регистрации

в Государственном реестре изобретений

Российской Федерации 21 марта 2023 г.

Срок действия исключительного права

на изобретение истекает 01 июля 2042 г.

Руководитель Федеральной службы
по интеллектуальной собственности

ДОКУМЕНТ ПОДПИСАН ЭЛЕКТРОННОЙ ПОДПИСЬЮ
Сертификат 68b80077e14e4f010a94eedbd24145d5c7
Владелец: **Зубов Юрий Сергеевич**
Действителен с 20.05.2022 по 26.05.2023

Ю.С. Зубов



Приложение Е

Индексная оценка эффективности стоматологического ортопедического лечения

Таблица Е.1 — Критерии оценки ортопедического лечения с применением нового несъемного протеза

№	Критерии оценки несъемных протезов	Оценка	Балл
1	Субъективные ощущения пациента (жалобы)	отсутствие дискомфортных явлений, быстрое привыкание	6
		наличие легкого дискомфорта, ощущения непривычности	3
		непреодолимый дискомфорт	0
2	Цветовое соответствие	не отличается от соседних зубов по цвету и прозрачности	6
		немного отличается, но клинически приемлемо	3
		сильно отличается	0
3	Качество поверхности	поверхность гладкая, блестящая, сходная с эмалью	6
		поверхность слегка матовая, не блестит, имеет легкие шероховатости, устраняемые полировкой	3
		неприемлемая шероховатость поверхности	0
4	Соответствие анатомической форме зубных рядов	полностью соответствует форме зубных рядов	6
		слегка нарушает форму, объем или размер, но это эстетически приемлемо	3
		выделяется в зубном ряду, выглядит неестественно, рекомендуется замена	0
5	Состояние слизистой оболочки, контактирующей с протезом	слизистая оболочка здорова	6
		гингивит, декубитальные язвы, пролежни	0
6	Состояние десневого края по данным Ассоциированного пародонтального индекса	нет заболеваний пародонта	6
		легкая степень тяжести	4
		средняя степень тяжести	2
		тяжелая степень тяжести	0
7	Пальпация ВНЧС	безболезненная	6
		болезненная	0
8	Аускультация ВНЧС	звуки отсутствуют	6
		крепитация, хруст, щелканье	0

Окончание таблицы Е.1

№	Критерии оценки несъемных протезов	Оценка	Балл
9	Характер движения нижней челюсти	плавное, равномерное, синхронное, без смещений	6
		толчкообразное, со смещением в сторону	0
10	Состояние жевательных мышц	нормальное	6
		гипертонус	0
11	Пальпация жевательных мышц	безболезненная, не вызывающая спазма	6
		при пальпации возникают боль, спазм, напряжение	0
12	Необходимость коррекции протеза при затрудненном его наложении на опорный зуб	отсутствие	6
		наличие	0
13	Качество интерпроксимальных контактов	плотный контакт	6
		слабый контакт	3
		отсутствие контакта	0
14	Окклюзионные контакты	равномерные множественные	6
		неравномерные множественные	3
		неравномерные одиночные, не поддающиеся коррекции без снижения межальвеолярного расстояния	0
15	Краевое прилегание	хорошее, граница краевого прилегания не видна и не определяется при зондировании	6
		плохое, граница краевого прилегания видна	0

Таблица Е.2 — Критерии оценки ортопедического лечения с применением уже имеющегося у пациента несъемного протеза

№	Критерии оценки несъемных протезов	Оценка	Балл
1	Субъективные ощущения пациента (жалобы)	отсутствие дискомфортных явлений, быстрое привыкание	6
		наличие легкого дискомфорта, ощущения непривычности	3
		непреодолимый дискомфорт	0
2	Цветовое соответствие	не отличается от соседних зубов по цвету и прозрачности	6
		немного отличается, но клинически приемлемо	3
		сильно отличается	0

Продолжение таблицы Е.2

№	Критерии оценки несъемных протезов	Оценка	Балл
3	Качество поверхности	поверхность гладкая, блестящая, сходная с эмалью	6
		поверхность слегка матовая, не блестит, имеет легкие шероховатости, устраняемые полировкой	3
		неприемлемая шероховатость поверхности, сколы, трещины	0
4	Соответствие анатомической форме зубных рядов	полностью соответствует форме зубных рядов	6
		слегка нарушает форму, объем или размер, но это эстетически приемлемо	3
		выделяется в зубном ряду, выглядит неестественно, рекомендуется замена	0
5	Состояние слизистой оболочки, контактирующей с протезом	слизистая оболочка здорова	6
		гингивит, декубитальные язвы, пролежни	0
6	Состояние десневого края по данным Ассоциированного пародонтального индекса	нет заболеваний пародонта	6
		легкая степень тяжести	4
		средняя степень тяжести	2
		тяжелая степень тяжести	0
7	Кариес опорного зуба	отсутствие	6
		наличие	0
8	Рентгенография опорного зуба	нет периапикальных очагов деструкции костной ткани и костных карманов	6
		нет периапикальных очагов деструкции костной ткани, наличие костных карманов	3
		наличие периапикальных очагов деструкции костной ткани и глубоких костных карманов	0
10	Пальпация ВНЧС	безболезненная	6
		болезненная	0
11	Аускультация ВНЧС	звуки отсутствуют	6
		крепитация, хруст, щелканье	0
12	Характер движения нижней челюсти	плавное, равномерное, синхронное, без смещений	6
		толчкообразное, со смещением в сторону	0
13	Состояние жевательных мышц	нормальное	6
		гипертонус	3
14	Пальпация жевательных мышц	безболезненная, не вызывающая спазма	1
		при пальпации возникают боль, спазм, напряжение	0
15	Ретенция протеза	отсутствие расцементировки	6
		расцементировка или подвижность протеза	0

Окончание таблицы Е.2

№	Критерии оценки несъемных протезов	Оценка	Балл
16	Качество интерпроксимальных контактов	плотный контакт	6
		слабый контакт	3
		отсутствие контакта	0
17	Окклюзионные контакты	равномерные множественные	6
		неравномерные множественные	3
		неравномерные одиночные, не поддающиеся коррекции без снижения межальвеолярного расстояния	0
18	Краевое прилегание	хорошее, граница краевого прилегания не видна и не определяется при зондировании	6
		плохое, граница краевого прилегания видна	0

Таблица Е.3 — Критерии оценки ортопедического лечения с применением нового частичного съемного протеза

№	Критерии оценки частичных съемных протезов	Оценка	Балл
1	Жалобы при наложении протеза	отсутствие	8
		наличие	0
2	Жалобы при пользовании протезом	отсутствие	8
		наличие	0
3	Ретенция кламмеров	хорошая	8
		средняя	4
		отсутствие	0
4	Плотность прилегания опорно-удерживающих элементов (оценивается при осмотре и с помощью зонда)	окклюзионные накладки и плечи кламмеров визуально плотно прилегают к опорным зубам	8
		ощутимый и визуально заметный зазор, клинически неприемлемо	0
5	Положение дуги / металлического базиса частичного съемного протеза	отвечает требованиям	8
		каркас оказывает давление на слизистую оболочку, мешает движению языка	0
6	Прилегание базиса протеза к слизистой оболочки	плотное	8
		неплотное	0
7	Попадание пищи под базис протеза	нет	8
		иногда	4
		как правило, всегда	0

Окончание таблицы Е.3

№	Критерии оценки частичных съемных протезов	Оценка	Балл
8	Фиксация протеза после наложения	фиксируется хорошо	8
		балансирует	4
		не фиксируется	0
9	Фиксация протеза при жевании	фиксируется хорошо	8
		балансирует	4
		не фиксируется	0
10	Необходимость коррекции съемного протеза	нет	8
		есть	0
11	Оценка высоты нижней трети лица	правильное определение межальвеолярного расстояния	8
		межальвеолярное расстояние снижено	4
		межальвеолярное расстояние увеличено	0
12	Окклюзионные контакты	равномерные множественные	8
		неравномерные множественные	4
		неравномерные одиночные, не поддающиеся коррекции без снижения высоты нижнего отдела лица	0
13	Оценка цвета, формы и размера искусственных зубов	эстетически приемлемо	8
		эстетически неприемлемо	0
14	Оценка речи (дикции) пациента	не нарушена	8
		нарушена	0
15	Ощущение дискомфорта при жевании с протезами	нет	8
		иногда	6
		часто	2
		всегда	0
16	Субъективные ощущения пациента	отсутствие дискомфорта	8
		наличие легкого дискомфорта, ощущения непривычности	4
		непреодолимый дискомфорт	0
17	Оценка адаптации к протезам	полная	8
		неполная	4
		дезадаптация	0
18	Качество жизни при использовании протезом	хорошее, как с естественными зубами	8
		вполне приемлемое	4
		скорее низкое, чем нормальное	2
		низкое	0

Таблица Е.4 — Критерии оценки ортопедического лечения с применением уже имеющегося у пациента частичного съемного протеза

№	Критерии оценки частичных съемных протезов	Оценка	Балл
1	Жалобы при наложении протеза	отсутствие	8
		наличие	0
2	Жалобы при пользовании протезом	отсутствие	8
		наличие	0
3	Ретенция кламмеров	хорошая	8
		средняя	4
		отсутствие	0
4	Плотность прилегания опорно-удерживающих элементов (оценивается при осмотре и с помощью зонда)	окклюзионные накладки и плечи кламмеров визуально плотно прилегают к опорным зубам	8
		ощутимый и визуально заметный зазор, клинически неприемлемо	0
5	Положение дуги / металлического базиса частичного съемного протеза	отвечает требованиям	8
		каркас оказывает давление на слизистую оболочку, мешает движению языка	0
6	Прилегание базиса протеза к слизистой оболочки	плотное	8
		неплотное	0
7	Попадание пищи под базис протеза	нет	8
		иногда	4
		как правило, всегда	0
8	Фиксация протеза после наложения	фиксируется хорошо	8
		балансирует	4
		не фиксируется	0
9	Фиксация протеза при жевании	фиксируется хорошо	8
		балансирует	4
		не фиксируется	0
10	Необходимость коррекции съемного протеза	нет	8
		есть	0
11	Оценка высоты нижней трети лица	правильное определение межальвеолярного расстояния	8
		межальвеолярное расстояние снижено	4
		межальвеолярное расстояние завышено	0

Окончание таблицы Е.4

№	Критерии оценки частичных съемных протезов	Оценка	Балл
12	Состояние слизистой оболочки под протезом	прилежащая к протезу десна здорова	8
		очаговый или разлитой стоматит, аллергические реакции, декубитальные язвы или пролежни	0
13	Окклюзионные контакты	равномерные множественные	8
		неравномерные множественные	4
		неравномерные одиночные, не поддающиеся коррекции без снижения высоты нижнего отдела лица	0
14	Дефекты поверхности протеза	нет	8
		поры, сколы, трещины	4
		перелом протеза, клинически неприемлемо	0
15	Оценка цвета, формы и размера искусственных зубов	эстетически приемлемо	8
		эстетически неприемлемо	0
16	Оценка речи (дикции) пациента	не нарушена	8
		нарушена	0
17	Ощущение дискомфорта при жевании с протезами	нет	8
		иногда	6
		часто	4
		всегда	0
18	Субъективные ощущения пациента	отсутствие дискомфортных явлений, быстрое привыкание	8
		наличие легкого дискомфорта, ощущения непривычности	4
		непреодолимый дискомфорт	0
19	Оценка адаптации к протезам	полная	8
		неполная	4
		дезадаптация	0
20	Качество жизни при пользовании протезом	хорошее как с естественными зубами	8
		вполне приемлемое	6
		скорее низкое, чем нормальное	4
		низкое	0

Таблица Е.5 — Критерии оценки ортопедического лечения с применением нового полного съемного протеза

№	Критерии оценки полного съемного протеза	Оценка	Балл
1	Жалобы при наложении протеза	отсутствие	12
		наличие	0
2	Жалобы при пользовании протезом	отсутствие	12
		наличие	0
3	Необходимость коррекции полного съемного протеза при наложении в полости рта	есть	0
		нет	12
4	Необходимость коррекции протеза при пользовании	есть	0
		нет	12
5	Оценка стабильности съемных протезов при горизонтальной и боковой нагрузке	протез не смещается	12
		смещается в одном направлении	8
		смещается в 2–3 направлениях	4
		смещается во всех направлениях	0
6	Попадание пищи под протез	нет	12
		иногда	6
		как правило, всегда	0
7	Фиксация съемных протезов в покое	хорошая	12
		скорее хорошая, чем слабая	8
		скорее слабая, чем хорошая	4
		слабая	0
8	Фиксация съемных протезов при жевании	хорошая	12
		скорее хорошая, чем слабая	8
		скорее слабая, чем хорошая	4
		слабая	0
9	Затрудненное наложение	наличие	0
		отсутствие	12
10	Затрудненное снятие	наличие	0
		отсутствие	12
11	Оценка адаптации к протезам	полная	12
		неполная	8
		незначительная	4
		дезадаптация	0

Окончание таблицы Е.5

№	Критерии оценки полного съемного протеза	Оценка	Балл
12	Оценка высоты нижней трети лица	правильное определение межальвеолярного расстояния	12
		межальвеолярное расстояние снижено	6
		межальвеолярное расстояние завышено	0
13	Окклюзионные контакты	равномерные множественные	12
		неравномерные множественные	6
		неравномерные одиночные, не поддающиеся коррекции без снижения высоты нижнего отдела лица	0
14	Ощущение дискомфорта при жевании с протезами	нет	12
		очень редко	9
		нечасто	6
		часто	3
		всегда	0
15	Влияние протезов на внешний вид пациента	значительно улучшает	12
		скорее улучшает	9
		мало влияет	6
		скорее ухудшает	3
		значительно ухудшает	0
16	Оценка цвета, формы и размера искусственных зубов	эстетически приемлемо	12
		эстетически неприемлемо	0
17	Оценка речи (дикции) пациента	не нарушена	12
		нарушена	0
18	Оценка адаптации к протезам	полная	12
		неполная	8
		незначительная	4
		дезадаптация	0
19	Качество жизни с протезами	хорошее как с естественными зубами	12
		вполне сносное	8
		скорее низкое, чем нормальное	4
		низкое	0

Таблица Е.6 — Критерии оценки ортопедического лечения с применением уже имеющегося у пациента полного съемного протеза

№	Критерии оценки полного съемного протеза	Оценка	Балл
1	Жалобы при наложении протеза	отсутствие	12
		наличие	0
2	Жалобы при пользовании протезом	отсутствие	12
		наличие	0
3	Необходимость коррекции полного съемного протеза при наложении в полости рта	есть	0
		нет	12
4	Необходимость коррекции протеза при пользовании	есть	0
		нет	12
5	Оценка стабильности съемных протезов при горизонтальной и боковой нагрузке	протез не смещается	12
		смещается в одном направлении	8
		смещается в 2–3 направлениях	4
		смещается во всех направлениях	0
6	Попадание пищи под протез	нет	12
		иногда	6
		как правило, всегда	0
7	Фиксация съемных протезов в покое	хорошая	12
		скорее хорошая, чем слабая	8
		скорее слабая, чем хорошая	4
8	Фиксация съемных протезов при жевании	хорошая	12
		скорее хорошая, чем слабая	8
		скорее слабая, чем хорошая	4
		слабая	0
9	Затрудненное наложение протеза	наличие	0
		отсутствие	12
10	Затрудненное снятие протеза	наличие	0
		отсутствие	12
11	Оценка высоты нижней трети лица	правильное определение межальвеолярного расстояния	12
		межальвеолярное расстояние снижено	6
		межальвеолярное расстояние увеличено	0

Окончание таблицы Е.6

№	Критерии оценки полного съемного протеза	Оценка	Балл
12	Состояние слизистой оболочки под протезом	слизистая оболочка не изменена	12
		очаговый или разлитой стоматит, аллергические реакции, декубитальные язвы или пролежни	0
13	Окклюзионные контакты	равномерные множественные	12
		неравномерные множественные	6
		неравномерные одиночные, не поддающиеся коррекции без снижения высоты нижнего отдела лица	0
14	Дефекты поверхности протеза	нет	12
		поры, сколы, трещины	6
		перелом протеза	0
15	Ощущение дискомфорта при жевании	нет	12
		очень редко	9
		нечасто	6
		часто	3
		всегда	0
16	Влияние протезов на внешний вид лица	значительно улучшает	12
		скорее улучшает	9
		мало влияет	6
17	Оценка цвета, формы и размера искусственных зубов	эстетически приемлемо	12
		эстетически неприемлемо	0
18	Оценка речи (дикции) пациента	не нарушена	12
		нарушена	0
19	Оценка адаптации к протезам	полная	12
		неполная	8
		незначительная	4
		дезадаптация	0
20	Качество жизни с протезами	хорошее как с естественными зубами	12
		вполне удовлетворительное	8
		скорее низкое	4
		низкое	0

Приложение Ж

Результаты экономического обоснования изготовления ортопедических конструкций, полученных с помощью традиционных и цифровых технологий

Таблица Ж.1 — Стоимость затрат на расходные материалы для изготовления модели челюсти в зависимости от метода изготовления

Метод изготовления	Наименование медикаментов	Количество	Стоимость затрат, руб.
Гипсовая модель	А-силиконовый оттисковой материал, базовый слой Express STD, 3M ESPE	50 мл	300,00
	А-силиконовый оттисковой материал, корректирующий слой (Express XT Regular Body)	10 мл	320,00
	Супергипс, IV класс	150 г	222,00
	Гипс формовочный	100 г	1,50
	ВСЕГО		
3D-принтер	Фотополимерный материал	50 мл	1250,00
	ВСЕГО		

Таблица Ж.2 — Стоимость затрат на расходные материалы для изготовления временной искусственной коронки в зависимости от метода изготовления

Метод изготовления искусственных коронок	Наименование медикаментов	Кол-во	Стоимость затрат, руб.
CAD/CAM система	Заготовка Vita CAD Temp	1 шт.	1621,00
	Фрезы для CAD/CAM	0,04	440,00
	ВСЕГО		
3D-принтер	Фотополимерный материал Next Dent	5,0 мл	208,41
	ВСЕГО		
Лабораторный способ	С-силиконовый оттисковой материал, базовый слой Speedex	50 г	83,20
	С-силиконовый оттисковой материал, корректирующий слой Speedex	7 г	33,72

Окончание таблицы Ж.2

Метод изготовления искусственных коронок	Наименование медикаментов	Кол-во	Стоимость затрат, руб.
Лабораторный способ	С-силиконовый оттисковой материал, активатор Speedex	3 г	44,00
	Альгинатный материал (Кроморан)	70 г	76,50
	Супергипс Fujirock EP, IV класс	100 г	74,00
	Гипс формовочный	250 г	3,75
	Воск моделировочный Renfert	1,3 г	30,40
	Лак компенсационный Pico fit	0,4 г	13,20
	Пластмасса для временных коронок	2,3 г	23,30
	ВСЕГО		
Клинический способ	Альгинатный материал (Кроморан)	140 г	153,00
	Супергипс Fujirock EP, IV класс	100 г	74,00
	Гипс формовочный	250 г	3,75
	Компазиционный материал для временных коронок (ProTemp)	2,3 г	248,25
	Силиконовый материал для изготовления ключа (Titanium)	25 г	20,3
	ВСЕГО		

Таблица Ж.3 — Стоимость затрат на расходные материалы для изготовления искусственной коронки из дисиликата лития в зависимости от метода изготовления

Метод изготовления искусственных коронок	Наименование медикаментов	Норма расхода	Стоимость затрат, руб.
CAD/CAM система, материал E.max CAD	Заготовка IPS e.max CAD	1 шт.	2000,00
	Фрезы для CAD/CAM	0,04	440,00
	ВСЕГО		
CAD/CAM система, материал C-CAST	Заготовка C-CAST	0,1 шт.	1500,00
	Фрезы для CAD/CAM	0,04	440,00
	Заготовка IPS e.max® Press	1 шт.	1500,00
	ВСЕГО		
3D-принтер Asiga Max UV	Фотополимерный материал Freeprint cast UV	5,0 мл.	125,00
	Заготовка IPS e.max® Press	1 шт.	1500,00
	ВСЕГО		

Окончание таблицы Ж.3

Метод изготовления искусственных коронок	Наименование медикаментов	Норма расхода	Стоимость затрат, руб.
Традиционная технология прессования	Заготовка IPS e.max® Press	1 шт.	1500,00
	А-силиконовый оттисковой материал, базовый слой Express STD, 3М ESPE	50 г	300,00
	А-силиконовый оттисковой материал, корректирующий слой (Express XT Regular Body, 3М ESPE)	10 г	320,00
	Супергипс Fujirock EP, IV класс	100 г	74,00
	Гипс формовочный	250 г	3,75
	Воск моделировочный Renfert	1,3 г	30,40
	Лак компенсационный Pico fit	0,4 г	13,20
	ВСЕГО		

Таблица Ж.4 — Стоимость затрат на расходные материалы для изготовления каркаса металлокерамической искусственной коронки в зависимости от метода изготовления

Метод изготовления каркаса искусственных коронок	Наименование медикаментов	Количество	Стоимость затрат, руб.
CAD/CAM система	Заготовка KaVo Titan Blank	1 шт.	2000,0
	Фрезы для CAD/CAM	0,04	440,0
	ВСЕГО		
3D-принтер DLP	Фотополимер Freeprint cast UV	6,0 мл	150,0
	Паковочная масса N&V Z4	100,0 г	112,0
	Металл Remanium	6,0 г	120,0
	Песок Cobra	50,0 г	40,0
	Паста полировочная SAPHIR	1,0 г	10,8
	ВСЕГО		
3D-принтер SLS	Металлический порошок Remanium® Star CL	6,0 г	330,0
	ВСЕГО		

Окончание таблицы Ж.3

Метод изготовления каркаса искусственных коронок	Наименование медикаментов	Количество	Стоимость затрат, руб.
Традиционная технология	Металл Remanium	6,0 г	120,0
	Паковочная масса N&V Z4	100,0 г	112,0
	Песок Cobra	50,0 г	40,0
	Паста полировочная SAPHIR	1,0 г	10,8
	Воск моделир Renfert	1,3 г	30,4
	Воск погружной Геодип	0,9 г	12,9
	Восковые проволоки ГЕО	1,3 г	7,8
	Лак компенсационный Pico fit	0,4 г	13,2
	ВСЕГО		

Таблица Ж.5 — Стоимость затрат на расходные материалы для изготовления каркаса дугового протеза в зависимости от метода изготовления

Метод изготовления каркасов дуговых протезов	Наименование медикаментов	Количество	Стоимость затрат, руб.
Традиционная технология	Восковые заготовки для дуговых протезов	20,0 г	249,8
	Металл Remanium GM 380+	60,0 г	909,7
	Паковочная масса N&V Z4	600,0 г	672,0
	Песок Cobra	50,0 г	40,0
	Паста полировочная SAPHIR	1,0 г	10,8
	ВСЕГО		
3D-принтер DLP	Беззольный фотополимерный материал Freerprint cast UV, Detax	30,0 мл	750,0
	Металл Remanium GM 380+	60,0 г	909,7
	Паковочная масса N&V Z4	600,0 г	672,0
	Песок Cobra	50,0 г	40,0
	Паста полировочная SAPHIR	1,0 г	10,8
	ВСЕГО		
3D-принтер SLS	Металлический порошок Remanium® Star CL	30,0 г	1650,0
	ВСЕГО		

Таблица Ж.6 — Стоимость затрат на расходные материалы для изготовления полного съемного протеза в зависимости от метода изготовления

Метод изготовления полных съемных протезов	Наименование медикаментов	Количество	Стоимость затрат, руб.
Традиционная технология	С-силиконовый оттисковой материал, корректирующий слой Speedex	14,0 г	67,4
	С-силиконовый оттисковой материал, активатор Speedex	6,0 г	88,0
	Альгинатный материал, Кроморан	70,0 г	76,5
	Супергипс	100,0 г	74,0
	Гипс формовочный	250,0 г	3,8
	Пластмасса для индивидуальной ложки	20,0 г	100,0
	Пластмасса базисная Vertex	20,0 г	500,0
	Искусственные зубы	1 гарнитура	500,0
	Силикон для окантовки краев индивидуальной ложки Бисико Function	20,0 г	143,4
	Базисный воск	20,0 г	26,0
	Базисный воск для восковых шаблонов	40,0 г	52,0
	ВСЕГО		
3D-принтер	Фотополимерный материал для базиса Next Dent Base	25,0 мл	1041,7
	Фотополимерный материал для искусственных зубов Next Dent	25,0 мл	1041,7
	ВСЕГО		

Таблица Ж.7 — Стоимость затрат на амортизацию оборудования, необходимого для изготовления модели челюсти

Метод изготовления модели челюсти	Наименование медицинской техники, инструментария	Цена, руб.	Срок полезного использования мес.	УЕТ	Амортизация, руб
Гипсовая модель	Отгисная ложка	400,0	84,0	0,49	0,01
	ВСЕГО				
3D-принтер	Внутриротовой сканер iTero Cadent	1000000,0	84,0	3,00	85,89
	Asiga Max UV	1000000,0	84,0	3,00	85,89
	ВСЕГО				

Таблица Ж.8 — Стоимость затрат на амортизацию оборудования, необходимого для изготовления временной искусственной коронки

Метод изготовления искусственных коронок	Наименование медицинской техники, инструментария	Цена, руб.	Срок полезного использования мес.	УЕТ	Амортизация, руб
CAD/CAM система	КаVo ARCTICA	4500000	84	2	257,68
	Внутриротовой сканер iTero Cadent	1000000	84	2	57,26
	ВСЕГО				
3D-принтер	Внутриротовой сканер iTero Cadent	1000000	84	2	57,26
	Asiga Max UV	1000000	84	2	57,26
	ВСЕГО				
Лабораторный способ	Отгисные ложки	800	84	2	0,05
	Полимеризатор	65000	84	2	3,72
	ВСЕГО				
Клинический способ	Отгисные ложки	800	84	1,5	0,03
	Стоматологическая установка	1000000	84	1,5	42,95
	ВСЕГО				

Таблица Ж.9 — Стоимость затрат на амортизацию оборудования, необходимого для изготовления искусственной коронки из дисиликата лития

Метод изготовления искусственных коронок	Наименование медицинской техники, инструментария	Цена, руб.	Срок полезного использования, мес.	УЕТ	Амортизация, руб
CAD/CAM система, материал E.max CAD	КаVo ARCTICA (фрезерный станок, ПО)	4500000	84	10	1288,39
	Внутриротовой сканер iTero Cadent	1000000	84	10	286,31
	Печь Programat EP5010	850000	84	10	243,36
	ВСЕГО				1818,07
CAD/CAM система, материал C-CAST	КаVo ARCTICA (фрезерный станок, ПО)	4500000	84	10	1288,39
	Внутриротовой сканер iTero Cadent	1000000	84	10	286,31
	Печь Programat EP5010	850000	84	10	243,36
	Аппарат пескоструйный	350000	84	10	100,21
	ВСЕГО				1918,3
3D-принтер Asiga Max UV	Внутриротовой сканер iTero Cadent	1000000	84	10	286,31
	Печь Programat EP5010	850000	84	10	243,36
	Asiga Max UV	1000000	84	10	286,31
	Аппарат пескоструйный	350000	84	10	100,21
	ВСЕГО				916,19
Традиционная технология прессования	Печь Programat EP5010	850000	84	10	243,36
	Оттисковые ложки 2 шт.	800	84	10	0,23
	Аппарат пескоструйный	350000	84	10	100,21
	ВСЕГО				343,80

Таблица Ж.10 — Стоимость затрат на амортизацию оборудования, необходимого для изготовления каркаса металлокерамической искусственной коронки

Метод изготовления каркасов искусственных коронок	Наименование медицинской техники, инструментария	Цена, руб.	Срок полезного использования мес.	УЕТ	Амортизация, руб
CAD/CAM система	КаVo ARCTICA	4500000	84	10	1288,4
	Внутриротовой сканер iTero Cadent	1000000	84	10	286,3
	ВСЕГО				1574,7
3D-принтер DLP	Внутриротовой сканер iTero Cadent	1000000	84	10	286,3
	3D-принтер Asiga Max	1000000	84	10	286,3
	Duostar пескоструйный аппарат	350000	84	10	100,2
	Литейная установка BEGO Nautilus CC plus	1714047	84	10	490,7
	Муфельная печь BEGO Miditherm	310299	84	10	88,8
	Вакуумный смеситель Renfert	70000	84	10	20,0
	ВСЕГО				1252,4
3D-принтер SLS	Внутриротовой сканер iTero Cadent	1000000	84	10	286,3
	EP-M150T — 3D-принтер для печати металлами	8500000	84	10	2433,6
	ВСЕГО				2719,9
Традиционная технология	Литейная установка BEGO Nautilus CC plus	1714047	84	10	490,7
	Муфельная печь BEGO Miditherm	310299	84	10	88,8
	Воскотопка Renfert	21724,3	84	10	6,2
	Вакуумный смеситель Renfert	70000	84	10	20,0
	Duostar пескоструйный аппарат	350000	84	10	100,2
	ВСЕГО				706,1

Таблица Ж.11— Стоимость затрат на амортизацию оборудования, необходимого для изготовления каркаса дугового протеза

Метод изготовления каркасов дуговых протезов	Наименование медицинской техники, инструментария	Цена, руб.	Срок полезного использования мес.	УЕТ	Амортизация, руб
3D-принтер DLP	Внутриротовой сканер iTero Cadent	1000000	84	11	314,94
	Вакуумный смеситель Renfert	70000	84	11	22,05
	3D-принтер Asiga Max	1000000	84	11	314,94
	Литейная установка BEGO Nautilus CC plus	1714047	84	11	539,82
	Муфельная печь BEGO Miditherm	310299	84	11	97,73
	Duostar пескоструйный аппарат	350000	84	11	110,23
	ВСЕГО				
3D-принтер SLS	Внутриротовой сканер iTero Cadent	1000000	84	11	314,94
	EP-M150T — 3D-принтер для печати металлами	8500000	84	11	2677,00
	ВСЕГО				

Таблица Ж.12 — Стоимость затрат на амортизацию оборудования, необходимого для изготовления полного съемного протеза

Метод изготовления полных съемных протезов	Наименование медицинской техники, инструментария	Цена, руб.	Срок полезного использования, мес.	УЕТ	Амортизация, руб
3D-принтер	Внутриротовой сканер iTero Cadent	1000000	84	10	286,31
	Asiga Max UV	1000000	84	10	286,31
	ВСЕГО				
Традиционный способ	Оттисковые ложки	800	84	10	0,23
	Воскотопка стоматологическая Renfert	21724,3	84	10	6,22
	Полимеризатор для горячей и холодной полимеризации пластмасс	65000	84	10	18,61
	ВСЕГО				

Таблица Ж.13 — Описательные статистики распределения значений величины затраченного времени для изготовления моделей челюстей различными методами (n — количество комплектов моделей верхней и нижней челюстей)

Время протезирования		n	Медиана	Минимум	Максимум	25-й процентиль	75-й процентиль
Традиционный метод	клиника	10	20,00	15,00	25,00	18,00	20,75
	лаборатория	10	20,50	19,00	25,00	20,00	22,00
	общее время	10	35,00	46,00	37,50	43,50	1,29
Цифровой метод	клиника	10	20,00	15,00	25,00	18,00	20,75
	лаборатория	10	20,50	19,00	25,00	20,00	22,00
	общее время	10	40,00	35,00	46,00	37,50	43,50

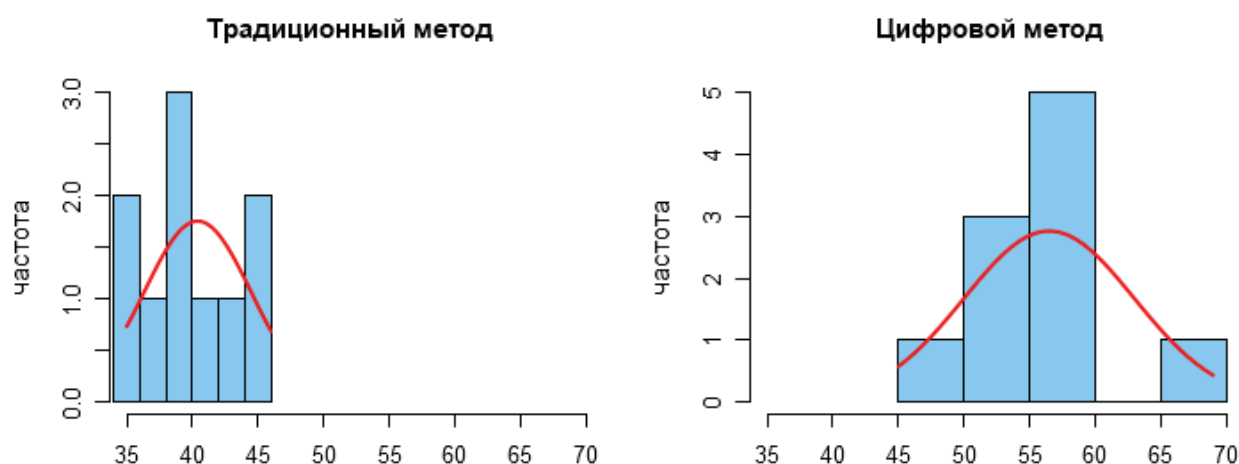


Рисунок Ж.1 — Гистограммы распределения значений величины общего затраченного времени зубным техником и врачом стоматологом ортопедом при изготовлении моделей челюстей различными методами

Таблица Ж.14 — Результаты попарного сравнения традиционного и цифрового методов по времени изготовления моделей челюстей

Время	U	p
Клиника	3	0,0004***
Лаборатория	9,5	0,0022**
Общее время	2	0,0003***

Примечание. *** — различия статистически значимы по критерию Манна — Уитни с уровнем значимости $p < 0,001$, ** — на уровне $p < 0,01$.

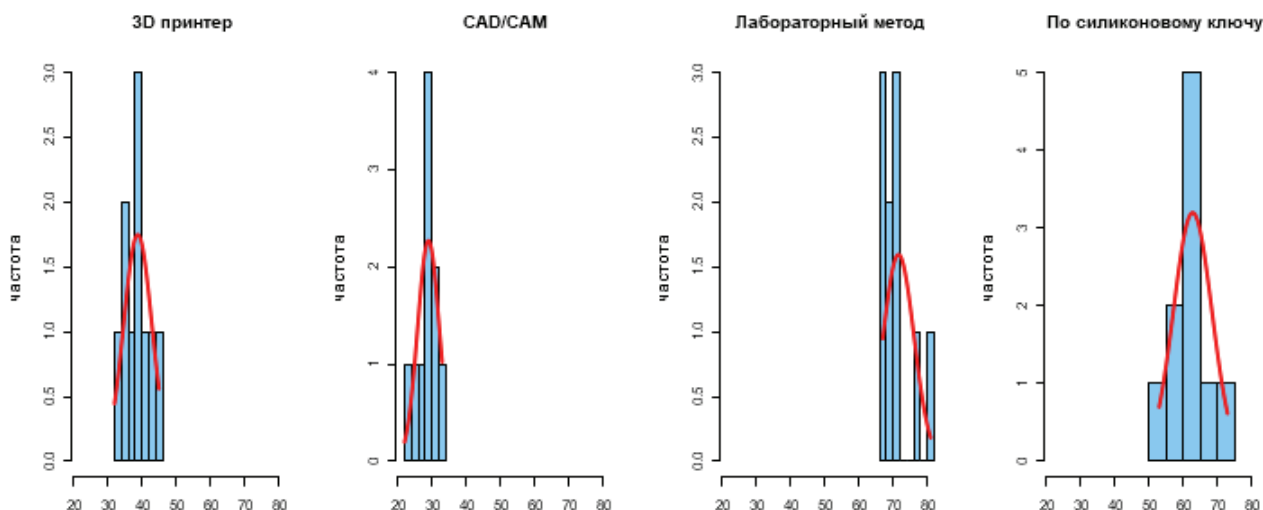


Рисунок Ж.2 — Гистограммы распределения значений величины общего затраченного времени зубным техником в лаборатории и врачом-стоматологом-ортопедом в клинике при изготовлении временной искусственной коронки различными методами

Таблица Ж.15 — Описательные статистики распределения значений величины затраченного времени для изготовления временной искусственной коронки различными методами (n — количество искусственных коронок)

Время протезирования		n	Медиана	Минимум	Максимум	25-й процентиль	75-й процентиль
3D-принтер	клиническое	10	15,00	10,00	18,00	13,00	15,00
	лабораторное	10	25,50	20,00	30,00	22,25	26,00
	общее время	10	39,50	32,00	45,00	35,50	40,75
CAD/CAM	клиническое	10	15,50	12,00	20,00	13,25	17,50
	лабораторное	10	13,50	10,00	17,00	12,25	15,00
	общее время	10	29,50	22,00	33,00	28,25	30,75
Лабораторный метод	клиническое	10	21,00	15,00	27,00	19,00	23,75
	лабораторное	10	49,50	48,00	55,00	48,00	53,25
	общее время	10	70,50	67,00	81,00	68,50	71,75
Клинический метод по силиконовому ключу	клиническое	10	42,00	35,00	46,00	38,50	43,75
	лабораторное	10	21,00	15,00	29,00	18,00	24,75
	общее время	10	62,00	53,00	73,00	60,25	64,00

Таблица Ж.16 — Результаты попарного сравнения традиционных и цифровых методов изготовления временной искусственной коронки

Попарно сравниваемые группы		Клиническое время	Лабораторное время	Общее время
3D-принтер и CAD/CAM	U	36,5	100	98,5
	p	0,3169	0,0002***	0,0003***
3D-принтер и Лабораторный метод	U	4	0	0
	p	0,0005***	0,0002***	0,0002***
3D-принтер и Клинический метод	U	0	69,5	0
	p	0,0002***	0,1492	0,0002***
CAD/CAM и Лабораторный метод	U	10	0	0
	p	0,0027***	0,0002***	0,0002***
CAD/CAM и Клинический метод	U	0	3,5	0
	p	0,0002***	0,0005***	0,0002***
Лабораторный метод и Клинический метод	U	0	100	88
	p	0,0002***	0,0002***	0,0045***

Примечание. *** — различия статистически значимы по критерию Манна — Уитни с уровнем значимости $p < 0,0166667$.

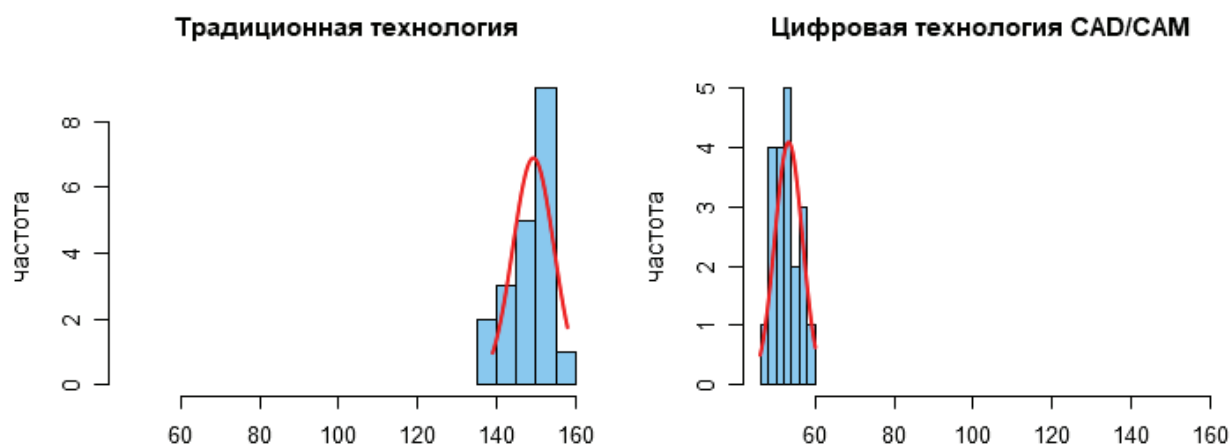


Рисунок Ж.3 — Гистограммы распределения значений величины общего затраченного времени зубным техником в лаборатории и врачом-стоматологом-ортопедом в клинике при изготовлении каркаса металлокерамической искусственной коронки

Таблица Ж.17 — Описательные статистики распределения значений величины затраченного времени для изготовления каркасов металлокерамических коронок различными методами (n — количество искусственных коронок)

Время протезирования		n	Медиана	Минимум	Максимум	25-й процентиль	75-й процентиль
Цифровой метод (CAD/CAM)	клиническое	20	18,50	15,00	22,00	17,00	20,00
	лабораторное	20	35,00	29,00	42,00	33,50	37,00
	общее время	20	53,50	46,00	60,00	50,75	55,25
Традиционный метод	клиническое	20	27,00	23,00	33,00	25,75	29,25
	лабораторное	20	122,50	110,00	127,00	119,80	125,20
	общее время	20	151,00	139,00	158,00	146,20	153,00

Таблица Ж.18 — Результаты сравнения традиционного и цифрового методов изготовления каркаса металлокерамической искусственной коронки

Время протезирования	U	p
Клиническое	400	0,00000006***
Лабораторное	400	0,00000006***
Общее время	400	0,00000006***

Примечание. *** — различия статистически значимы по критерию Манна — Уитни с уровнем значимости $p < 0,0166667$.

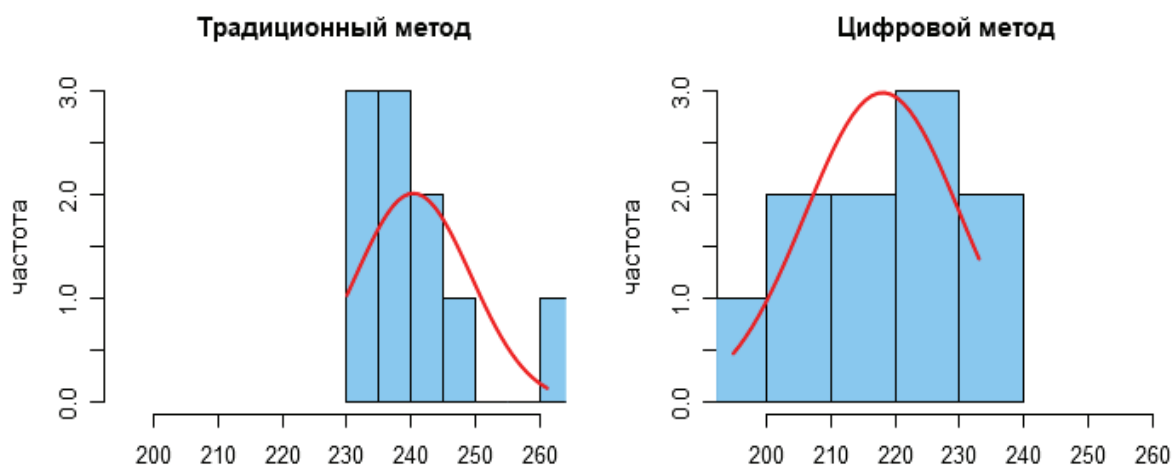


Рисунок Ж.4 — Гистограммы распределения значений величины общего затраченного времени зубным техником и врачом стоматологом ортопедом при изготовлении каркаса дугового протеза различными методами

Таблица Ж.19 — Описательные статистики распределения значений величины затраченного времени для изготовления каркаса дугового протеза различными методами (n — количество каркасов дуговых протезов)

Время протезирования		n	Медиана	Минимум	Максимум	25-й процентиль	75-й процентиль
Традиционный метод	клиника	10	40	33	49	38	44,75
	лаборатория	10	198	192	213	195,2	200
	общее время	10	238,5	230	261	234,5	244
Цифровой метод	клиника	10	42,5	30	48	38,5	44
	лаборатория	10	178	160	190	170,5	185
	общее время	10	220,5	195	233	210,5	226

Таблица Ж.20 — Результаты попарного сравнения традиционного и цифрового методов изготовления каркасов дуговых протезов

Время протезирования	U	p
Клиника	50	1
Лаборатория	100	0,0002***
Общее время	97,5	0,0004***
Примечание. *** — различия статистически значимы по критерию Манна — Уитни с уровнем значимости $p < 0,001$.		