

На правах рукописи

Апресян Самвел Владиславович

**КОМПЛЕКСНОЕ ЦИФРОВОЕ ПЛАНИРОВАНИЕ
СТОМАТОЛОГИЧЕСКОГО ЛЕЧЕНИЯ**

14.01.14 – «Стоматология» (медицинские науки)

АВТОРЕФЕРАТ

диссертации на соискание ученой степени

доктора медицинских наук

Москва 2020

Работа выполнена в Федеральном государственном автономном образовательном учреждении высшего образования «Российский университет дружбы народов».

Научный консультант:

доктор медицинских наук, профессор **Лебеденко Игорь Юльевич**

Официальные оппоненты:

Олесова Валентина Николаевна — д.м.н., профессор, профессор кафедры клинической стоматологии и имплантологии Академия постдипломного образования Федеральное Государственное Бюджетное Учреждение «Федеральный научно-клинический центр специализированных видов медицинской помощи и медицинских технологий» Федерального Медико-Биологического Агентства России

Гажва Светлана Иосифовна - доктор медицинских наук, профессор, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования "Приволжский исследовательский медицинский университет" Министерства здравоохранения Российской Федерации, заведующая кафедрой стоматологии факультета дополнительного профессионального образования.

Стафеев Андрей Анатольевич - доктор медицинских наук, профессор, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Омский государственный медицинский университет» Министерства здравоохранения Российской Федерации, заведующий кафедрой ортопедической стоматологии.

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

Защита состоится «24» декабря 2020 г. в 10-00 часов на заседании Диссертационного совета (Д. 208.111.01) при Федеральном государственном бюджетном учреждении «Национальный медицинский исследовательский центр стоматологии и челюстно-лицевой хирургии» Министерства здравоохранения Российской Федерации по адресу: 119021, Москва, ул. Тимура Фрунзе д. 16 (конференц-зал).

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке и на сайте www.cniis.ru Федерального государственного бюджетного учреждения «Национальный медицинский исследовательский центр стоматологии и челюстно-лицевой хирургии» Министерства здравоохранения Российской Федерации.

Автореферат разослан «20» ноября 2020 г.

Ученый секретарь
Диссертационного совета
кандидат медицинских наук

Гусева Ирина Евгеньевна

Общая характеристика работы

Актуальность темы исследования и степень ее разработанности

В настоящий момент использование цифровых возможностей на этапах диагностики и планирования лечения не является каким-нибудь новшеством, а скорее рассматривается как уже достаточно аргументированный подход к реабилитации стоматологических пациентов (Coachman C., 2012; Masri R., Driscoll F. C., 2018; Стафеев А. А., 2019).

На этапах планирования стоматологического лечения ключевым моментом является получение оптических оттисков (Davis N. C., 2012; Ряховский А. Н., 2017). Прямые копии зубов и смежных анатомических структур визуализируются сразу же после проведения процедуры сканирования, а высокое разрешение полученных изображений позволяет оценить состояние существующих реставраций, дефектов зубов и зубных рядов, их размер и форму, тип окклюзионных контактов и даже воспроизвести артикуляционные движения нижней челюсти пациента (Kordass B., 2002; Holyoak M., 2013; Лебеденко И. Ю., 2018).

Данные технологии помогают точно воспроизводить цифровые макеты зубных протезов, характеристики которых отработаны и утверждены врачом-стоматологом и пациентом на этапе цифрового планирования (Krishnan V., 2008; Coachman Ch., 2018).

Однако данная процедура не позволяет оценить состояние костной ткани и внутрикостных структур, для чего, в свою очередь, используется компьютерная томография. Соединение рентгенографических данных с объемными изображениями зубных рядов и челюстей, полученных при сканировании, позволяет не только определять состояние видимых и невидимых структур зубочелюстной системы, но и планировать качественное стоматологическое лечение (Ряховский А. Н., 2010; Наумович С. С., 2012; Олесова В. Н., 2018; Lanis A., Álvarez Del Canto O., 2015).

Помимо компьютерных программ моделирования зубных протезов появляются новые компьютерные технологии, в том числе работающие по принципу искусственного интеллекта (нейронных сетей), позволяющие как диагностировать стоматологические патологии, так и схематично визуализировать их для понимания пациентом (Апресян С. В., 2020).

Одновременно с диагностическими цифровыми методами в современной стоматологии активно внедряются и методы машинного производства съемных и несъемных зубных протезов, такие как компьютерное фрезерование и аддитивные технологии (Арутюнов С. Д., Степанов А. Г., 2018; Гажва С. И., 2017).

Принципиально новые возможности для прорыва в медицине за счет прогнозирования и оценки рисков в будущем открывают достижения прикладной математики и информатики (Игнатъева Д. Н., 2010). Для построения математической модели зубочелюстной системы основными необходимыми параметрами являются физико-механические и геометрические характеристики задействованных в указанной системе объектов, которые можно получить при соединении результатов сканирования и данных компьютерной томографии в единое объемное изображение (Наумович С. С., 2011; Иванов Д. В., 2013). Возможность внедрения математического моделирования в стоматологическую практику может обеспечить персонализированный подход в лечении профильных пациентов и позволит оценить долгосрочный прогноз зубного протезирования (Олесова В. Н., 2018).

Недостаточно изученным в практическом здравоохранении остается вопрос экономической доступности и эффективности современных цифровых технологий в планировании и обеспечении лечения стоматологических пациентов (Леонтьев В. К., 2017).

Повышение эффективности ортопедической стоматологической реабилитации путем разработки универсального цифрового комплекса диагностики, планирования и коррекции ранее проведенного стоматологического лечения и изготовления зубных протезов с использованием

современных высокоточных компьютерных технологий является актуальной проблемой современной стоматологии, что определило цель планируемого исследования.

Степень разработанности темы исследования

Большое количество исследований проблемы цифрового планирования стоматологического лечения посвящено, посвящено качеству получения оптических слепков и их соединению с данными компьютерной томографии (Рховский А.Н. 2010, Наумович С.С. 2012, Олесова В.Н., 2018, Lanis A., Álvarez Del Canto O. 2015).

В доступной литературе достаточно освещен вопрос цифрового планирования хирургического стоматологического лечения, а именно, дентальной имплантации с использованием навигационных шаблонов и ортодонтического планирования стоматологического лечения (Стафеев, Зиновьев, Матешук, 2012, Жолудев С.Е. 2016, Chung и др., 2017,).

Отдельно говорится о цифровом дизайне улыбки при планировании эстетической стоматологической реабилитации пациентов (Ittipuriphat, Leevailoj, 2013; Machado, 2014, Zanardi и др., 2016, Coachman, Calamita, Sesma, 2017; Frizzera и др., 2017, Ряховский А.Н., 2019).

Однако, научно обоснованные рекомендации по комплексному цифровому планированию стоматологического лечения и оценки его клинико-экономической эффективности на сегодняшний день, в мировой специализированной литературе отсутствуют.

Цель исследования

Повышение эффективности ортопедической стоматологической реабилитации пациентов путем разработки и внедрения комплекса цифрового планирования стоматологического лечения.

Задачи исследования

1) По данным специальной литературы и других информационных ресурсов провести анализ и сравнение современных компьютерных стоматологических технологий и предложить оптимальный комплекс цифрового планирования стоматологического лечения.

2) Разработать способ и компьютерную программу для 2D-создания виртуального образа улыбки и обосновать целесообразность практического применения на начальном этапе цифрового планирования комплексного стоматологического лечения.

3) Определить эффективность отечественной стоматологической компьютерной диагностической программы анализа рентгенограмм, работающей по принципу искусственного интеллекта, для планирования санационного этапа комплексного стоматологического лечения.

4) Предложить модуль компьютерной программы для устранения функциональной перегрузки челюстной кости вокруг дентальных имплантатов, путем оптимизации окклюзионной поверхности фиксированных на них искусственных коронок, и оценить эффективность его клинического применения.

5) Изучить по показателям качества жизни удовлетворенность пациентов результатами планирования стоматологического лечения с применением разработанного цифрового комплекса на этапе изготовления прототипа эстетических реставраций.

6) Предложить классификатор услуг в области стоматологии, инструментарий его использования и методику оценки клинико-экономической эффективности лечебных технологий в стоматологической практике.

7) Оценить клинико-экономическую эффективность разработанного комплекса цифрового планирования стоматологического лечения в сравнении с традиционной технологией.

Научная новизна работы

Разработаны система и способ виртуального прототипирования улыбки на базе тактильного компьютерного устройства (Патент РФ №2610911 от 01.07.2016).

Разработан способ компьютерного моделирования восстановления биомеханических показателей зуба для равномерного распределения жевательной нагрузки на опорные ткани зуба и костную ткань (Патент РФ №2693993 от 8.07.2019).

Разработан алгоритм коррекции окклюзионной поверхности искусственной коронки с применением программ математического моделирования и планирования стоматологического лечения с опорой на внутрикостные имплантаты и подтверждена его клиническая эффективность.

Предложен комплекс цифрового планирования стоматологического лечения с применением отечественных компьютерных технологий, положительный эффект от практического внедрения которого убедительно доказан по показателям качества жизни пациентов.

В соответствии с действующей редакцией Номенклатуры медицинских услуг предложен классификатор услуг в области стоматологии и инструментарий его использования в стоматологической практике (клинико-экономический протокол).

Предложена усовершенствованная методика оценки клинико-экономической эффективности стоматологической услуги в соответствии с номенклатурой медицинских услуг.

Получены новые данные о клинико-экономических преимуществах практического внедрения комплекса цифрового планирования стоматологического лечения в сравнении с традиционной методикой.

Теоретическая и практическая значимость

Предложен комплекс цифрового планирования стоматологического лечения пациента с применением отечественных компьютерных технологий,

позволяющий, не используя инвазивные методы стоматологического вмешательства, дать визуализированное представление пациенту об ожидаемых результатах реабилитации.

Практическое внедрение разработанного комплекса цифрового планирования стоматологического лечения пациента с применением отечественных компьютерных технологий позволяет сократить временные и стоимостные затраты и получить клинико-экономический эффект.

Получены убедительные доказательства целесообразности практического внедрения отечественной стоматологической диагностической программы на базе искусственного интеллекта для повышения эффективности и снижения частоты ошибок на санационном этапе комплексного стоматологического лечения.

Внедрение в практику отечественного тактильного компьютерного устройства и авторского способа виртуального прототипирования улыбки повышает мотивацию пациентов к стоматологическому лечению.

Разработана методика нивелирования ошибок позиционирования дентальных имплантатов путем интеграции файлов зубочелюстного сканирования и результатов компьютерной томографии, их конвертации в программу математического моделирования методом конечных элементов и перераспределения жевательной нагрузки на зубные протезы и костную ткань челюсти за счет оптимизации окклюзионной поверхности искусственной коронки.

Дана оценка экономической доступности внедрения в стоматологическую практику компьютерных программ для трехмерного планирования зубных рядов, формы, размера и положения зубов в эстетически значимой зоне с применением зарубежных и отечественных компьютерных технологий в сравнительном аспекте.

Предложены для практического внедрения классификатор услуг в области стоматологии, инструментарий его использования и методика оценки клинико-экономической эффективности лечебных стоматологических технологий.

Методология и методы исследования

Диссертация выполнена в соответствии с принципами и правилами доказательной медицины. Используются лабораторные – математический анализ методом конечных элементов, клинические, рентгенологические, функциональные (перитестометрия, компьютерный анализ окклюзии) и статистические методы исследования с проведением корреляционного анализа по Пирсону. Объектом изучения были 12, 48 и 24 пациента в трех клинических исследованиях, с осложнениями имплантологического лечения и эстетическими дефектами зубных рядов. Предметами исследования явились клиническая эффективность протезирования зубов с опорой на дентальные имплантаты с предварительным моделированием конструкции цифровыми методами, эффективность которых, подтверждалась математическим моделированием. И удовлетворенность пациентов с оценкой качества жизни по результатам предложенного комплексного цифрового планирования стоматологического лечения на этапе макетирования будущих конструкций зубных протезов.

Положения, выносимые на защиту

1. Способ создания виртуального образа улыбки на начальных этапах комплексного планирования увеличивает мотивацию пациента на стоматологическую реабилитацию.
2. Комплексное цифровое планирование стоматологического лечения позволяет оправдать ожидание пациентов в идентичности запланированных и итоговых результатов.
3. Разработанная методика коррекции окклюзионной поверхности искусственных коронок посредством современных компьютерных технологий позволяет спрогнозировать повышение функциональности и долговечности зубных протезов с опорой на дентальные имплантаты.

4. Внедрение разработанного комплекса цифрового планирования стоматологического лечения на базе отечественной компьютерной платформы позволяет повысить клинико-экономическую эффективность работы клиники.

Степень достоверности и апробация результатов

Степень достоверности определяется достаточным количеством пациентов в исследовании по оценке эффективности клинико-цифрового протокола планирования и коррекции стоматологического лечения с персонализированной объективизацией, адекватными и современными лабораторными, клиническими, рентгенологическими и функциональными методами исследования.

Исследованиями по определению удовлетворённости проведенным стоматологическим лечением и оценки качества жизни 48 пациентов с эстетическими дефектами зубных рядов для подтверждения клинической эффективности разработанного комплекса цифрового планирования стоматологического лечения и в его рамках компьютерной программы виртуального прототипирования улыбки.

Анализом рентгенологической картины 638 зубов 24 пациентов для валидации компьютерной программы диагностики стоматологического статуса профильного пациента с привлечением искусственного интеллекта по данным КЛКТ. Статистической обработкой данных с корреляционным анализом по Пирсону. Добровольное участие пациентов в исследовании подтверждалось их письменным согласием.

Основные положения диссертационного исследования доложены, обсуждены и одобрены на: Конференции «Цифровые технологии в стоматологической практике» (4.04.2015, г. Новосибирск); Конференции «Цифровая реальность» (5-6 июня 2015 г., г. Петропавловск-Камчатский); Конференции «Цифровая стоматология» (3-4 октября 2015 г., г. Махачкала); «II Международном съезде специалистов цифровой стоматологии» , г. Москва, (03.11.15); Конференции «Цифровые принципы лечения стоматологических

пациентов» (22.12.15, г. Саратов); Конференции «Цифровые технологии в стоматологии» (16.09.16, г. Москва); IV Международном съезде специалистов цифровой стоматологии, г. Москва (03.11.17); Международном Конгрессе цифровой стоматологии, г. Ереван, Армения (14.04.2018); Конференции по цифровой стоматологии, г. Омск, (09.10.19); совместном заседании кафедры ортопедической стоматологии Медицинского института Федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Российский университет дружбы народов», кафедры ортопедической стоматологии ФГАОУ ВО Первый МГМУ им. И.М. Сеченова Минздрава России (Сеченовский Университет), кафедры проведения стоматологических заболеваний ФГБОУ ВО Московский Государственный Медико-Стоматологический Университет им. А. И. Евдокимова (09.06.2020).

Внедрение результатов исследования

Результаты исследования используются в учебном процессе на кафедре ортопедической стоматологии Медицинского института ФГАОУ ВО «Российский университет дружбы народов», а также внедрены в лечебный процесс в Центре Цифровой Стоматологии «МарТи», ГБУЗ «ДСП №6 ДЗ Москвы».

Личное вклад автора в выполнение работы

Автором разработаны система и способ создания виртуального образа улыбки на базе тактильного компьютерного устройства, способ восстановления биомеханических показателей зуба для равномерного распределения жевательной нагрузки на имплантат и костную ткань, виды зубных протезов и способы протезирования с использованием современных стоматологических методов компьютерного моделирования и изготовления, что отражено в 5 патентах РФ на изобретения.

Предложена и апробирована универсальная методика оценки экономической эффективности стоматологической услуги в соответствии с номенклатурой медицинских услуг. Предложена методика коррекции ранее проведенного стоматологического лечения с персонализированной объективизацией математическими расчетами методом конечных элементов.

Автор обследовал и протезировал пациентов, самостоятельно проводил все виды исследований, осуществлял систематизацию и статистическую обработку клинико-лабораторных данных и готовил публикации по теме диссертации.

Автор является номинантом премии правительства г. Москвы в области медицины 2019 г. «За наиболее эффективные, отличающиеся новизной, оригинальностью и надежностью работы, способствующие развитию практического здравоохранения и медицинской науки в городе Москве и получившие общественное признание».

Публикации

По материалам исследования опубликована 21 печатная работа, в том числе 5 патентов РФ на изобретения, 14 статей в журналах, рекомендованных ВАК Минобрнауки РФ, из них 1 публикация в международной базе научных статей Scopus, и 2 практических руководства для врачей-стоматологов.

Объем и структура работы

Диссертационная работа содержит «Введение», «Обзор литературы», «Материалы и методы исследования», «Результаты собственных исследований», «Обсуждение результатов исследований и заключение», «Выводы», «Практические рекомендации» и «Список литературы». Обзор литературы включает 313 источников, в том числе 91 отечественных авторов и 202 иностранных. Диссертация изложена на 218 страницах компьютерного текста. Диссертация иллюстрирована 30 таблицами, 69 рисунками и фотографиями.

СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Материалы и методы исследований

Первым этапом достижения поставленной цели диссертационного исследования явился детальный анализ известных возможностей диагностики и планирования стоматологического лечения для их оптимизации и объединения в единый цифровой комплекс.

Информационный поиск проводили по запросу «виртуальное планирование стоматологического лечения» (Virtual Planning of Dental Treatment) в научных базах eLIBRARY, PubMed и Scopus, глубиной в 11 лет с 2008 по 2019. Для анализа были выбраны публикации, в которых описаны алгоритмы компьютерного моделирования лечения стоматологического пациента, дана характеристика программного обеспечения и необходимого оборудования, а также ближайшие и отдаленные результаты лечения с использованием указанных методов.

По данному поисковому запросу нами было проанализировано 235 статей, из них 41 статья выявлена в базе системы eLIBRARY, остальные в базах сайтов PubMed и Scopus. Статей, подходящих по уточнённому запросу, касающихся непосредственно планирования стоматологического лечения, было отобрано 76; из них отечественные – 4 и 72 зарубежные. В годовом порядке статьи расположились следующим образом: 2 статьи – 2008 года; 1 – 2009; 4 – 2010; 5 статей – 2011 года; по 4 опубликованы в 2012 и 2013 годах; 8 – в 2014; 12 – в 2015; 14 – в 2016; 2 – в 2017; 17 статей в 2018 году и 34 статьи в 2019; – что, безусловно, свидетельствует о постоянном росте интереса в решении данного вопроса.

В результате проведенного анализа информационных источников нами была предложена следующая методология создания комплекса цифрового планирования стоматологического лечения пациента:

1. Методология планирования санационного этапа.
2. Методика 2D-виртуального планирования зубных рядов в зоне улыбки.

3. Методика 3D-виртуального планирования (макетирования) зубов в эстетически значимой зоне.

4. Методика компьютерного изготовления протезов-прототипов, согласно 3D-виртуальному функционально-эстетическому макету.

Методология санационного этапа

При планировании санационного этапа комплексного лечения стоматологического пациента первоочередным мы считали выполнение в полном объёме и последовательно стоматологических диагностических мероприятий, в том числе с использованием современных цифровых методик.

Для полноценного комплексного цифрового планирования стоматологического лечения каждому пациенту проводили конусно-лучевую компьютерную томографию головы с максимальным разрешением на аппарате Vatech 'PaX-i3D Smart' (Vatech, Корея).

Описание КЛКТ требует профессиональных навыков и занимает немалое количество времени. При проведении анализа имеющихся на стоматологическом рынке диагностических программ наше внимание привлекла отечественная стоматологическая диагностическая технология, работающая на базе искусственного интеллекта – Diagnocat. Технология Diagnocat работает с сервера компании производителя. Нейронная сеть анализирует 3D-изображение черепа на КЛКТ и распознает состояние зубочелюстной системы пациента, составляет подробный графический отчёт, в котором в автоматическом режиме отмечает найденные патологии.

Для включения технологии Diagnocat в комплекс цифрового планирования стоматологического лечения мы сочли необходимым провести валидизацию указанной программы. Для этого нами была применена методика экспертной оценки. За основу была взята функция «Рентгенологический отчет». В качестве экспертов выступили 5 врачей-стоматологов, имеющих дополнительное профессиональное образование по специальности «рентгенология».

Обязательными условиями привлечения экспертов являлись непрерывный стаж работы по специальности не менее 10 лет и наличие высшей врачебной квалификационной категории. Сравнивали число и точность диагностированных стоматологических проблем, а также время, которое было затрачено на описание КЛКТ экспертной группой и программой Diagnocat. Всего был проведен анализ 24 КЛКТ.

Методика 2D-визуализации для комплексного цифрового планирования стоматологического лечения

С целью мотивации на последующее комплексное лечение и для ознакомления пациента в доступной форме с клинической картиной в комплекс цифрового планирования стоматологического лечения мы включили дополнительно этап 2D-визуализации.

Данный процесс мы разделили на 2 подэтапа – 2D-визуализация имеющихся стоматологических проблем, требующих санации, и 2D-планирование виртуального образа улыбки (зубных рядов в зоне улыбки). Для выполнения этих подэтапов мы включили в комплекс цифрового планирования дентальную фотографию и специально разработанную нами программу для выбора самим пациентом желаемого образа улыбки в режиме 2D.

Существует большое число стоматологических фотопротоколов. В своей работе мы унифицировали известные методики дентальной фотографии, выявленные по результатам проведенного анализа информационных источников.

Создание виртуального 2D-образа улыбки на начальных этапах исследования проводили по технологии Digital Smile Design (DSD, Бразилия). Полученный 2D-дизайн улыбки использовали на первичной консультации для мотивации пациента на комплексное стоматологическое лечение. Процедура подбора макета зубных рядов в зоне улыбки совместно с пациентом в условиях клиники достаточно длительна и утомительна для пациента. Важно также отметить, что для интеграции полученных

изображений в компьютерную программу DSD и построения адекватной модели зубного ряда в процессе съемки пациенту следует соблюдать ряд условий, что зачастую приводит к усталости пациента, снижению внимательности. В итоге пациент испытывает большие сложности с правильным выбором дизайна зубов, наиболее точно соответствующего его эстетическим требованиям, из-за чего в дальнейшем приходилось переделывать готовый прототип зубного протеза, а пациент оставался неудовлетворенным результатом лечения.

Анализ указанных проблем побудил нас разработать специальное приложение виртуального планирования улыбки для тактильных цифровых устройств с возможностью его самостоятельного использования пациентом – iSmileStudio. Технический результат изобретения был определен нами как создание при зубном протезировании виртуального зубного ряда пациента в эстетически значимой зоне, интегрированного в изображение улыбки пациента, что позволяет в режиме реального времени оценить ее с эстетической стороны. Совмещение в одном устройстве фото-, видеокамеры и программы для подбора «дизайна улыбки» позволяет ускорить и упростить процесс виртуального макетирования улыбки. Это связано с тем, что наличие в одном устройстве всех указанных компонентов позволяет сразу делать неограниченное число фотографий и сразу же проводить необходимое макетирование, в отличие от использования цифрового фотоаппарата, когда каждую новую фотографию необходимо экспортировать в компьютер. В процессе работы с программой пациент может до визита к врачу или в период консультации у врача-стоматолога самостоятельно в комфортных для себя условиях, используя разработанную систему, подобрать размер, форму и положение будущих зубов в зоне улыбки. Это позволит избежать часто возникающих конфликтных ситуаций, касающихся различных аспектов готовых зубных протезов, а также значительно сокращает время, необходимое для создания «дизайна улыбки».

Методика 3D-визуализации

3D-визуализация в стоматологии включает в себя объединенные объемные изображения, характеризующие анатомические особенности пациента, а именно данные компьютерной томографии, сканы лица, зубов и зубных рядов.

В рамках данного диссертационного исследования для сканирования лица мы использовали программу Bellus3D FaceApp (Bellus3D, США), которая по своим производственным характеристикам не уступает стационарным лицевым сканерам. К тому же нет необходимости покупать дорогостоящее оборудование. 3D-изображения могут быть использованы для демонстрации пациентам стоматологического статуса, а 3D-модели, созданные приложением, могут быть экспортированы в форматы файлов, совместимых с другими стоматологическими программами для дальнейшего моделирования зубных протезов. Приложение Face App Pro может быть интегрировано с ведущими стоматологическими программами по моделированию, такими как Dental System, Exocad, Avantis 3D и др.

Для сканирования зубных рядов использовали внутриротовые сканеры: CEREC Omnicam (Dentsply Sirona, Германия) и 3Shape Trios (3Shape, Дания). Получали виртуальные оттиски верхнего и нижнего зубных рядов, а также регистрировали смыкания зубных рядов в привычной окклюзии пациента.

Методика 3D-планирования (макетирования) зубов и зубных рядов

Полученные двухмерные и трехмерные данные о стоматологическом статусе пациента позволяют перейти к созданию 3D-сцены, являющейся основополагающим этапом комплексного цифрового планирования стоматологического лечения. В рамках диссертационной работы были использованы сервис DSD 3D (Бразилия) и программы Exocad (Германия) и Avantis 3D (Россия). Данные программы были выбраны по результатам анализа информационных источников.

Важной особенностью программы Avantis 3D является возможность визуализации не только коронковых частей зубов в случае ортодонтических

перемещений, но и корней. Визуализация положения корней зубов является важной информацией для прогнозирования окклюзионных нагрузок и планирования ортопедических конструкций.

Для подтверждения эффективности работы в программе Avantis 3D нами был проведён анализ ранее установленных у пациентов дентальных имплантатов разных имплантационных систем в разных стоматологических учреждениях города Москвы. Всего было обследовано 54 пациента с включенными дефектами зубных рядов в боковом отделе, ранее (сроком не более 1 года) протезированных искусственными коронками с опорой на дентальные имплантаты без использования навигационных шаблонов. По результатам проведенного анализа компьютерных томограмм в 22 % случаях было выявлено апикальное смещение имплантатов до уровня кортикальной кости в язычном или вестибулярном направлении. Из общего числа обследованных пациентов для клинического исследования было выбрано 12 человек в соответствии с критериями включения, не включения и исключения, одобренными Комитетом по этике медицинского института РУДН.

Данные пациенты были разделены на 2 равные клинические группы по 6 человек.

Пациентам *I группы* корректировали ранее проведенное стоматологическое лечение изготовлением и фиксацией новой керамической коронки с оптимизированной окклюзионной поверхностью с применением программы Avantis 3D.

Пациентам *II группы* замену коронки на этапах клинического наблюдения не проводили.

Для оценки функциональности искусственной коронки, смоделированной в программе Avantis 3D, нами был предложен клинико-цифровой протокол планирования и коррекции стоматологического лечения с персонализированной объективизацией. Основной задачей разработанного протокола явилось создание цифрового комплекса, обеспечивающего долговечность зубного

протезирования за счет коррекции жевательных поверхностей с обеспечением равномерного распределения напряжения на зубочелюстной сегмент.

Разработанный протокол планирования и коррекции стоматологического лечения с персонализированной объективизацией требует использования цифровых моделей каждого элемента зубочелюстного сегмента, включающего зубы, корни, дентальные имплантаты, ВНЧС, регистрацию окклюзионных и артикуляционных движений. Единственной доступной 3D-программой, способной выделить все вышеперечисленные элементы с построением замкнутой триангуляционной сетки, к моменту начала диссертационного исследования была отечественная программа Avantis 3D.

На первом этапе для осуществления предложенной методики 3D-объект, полученный путем совмещения трехмерных изображений результатов КЛКТ и сканирования зубных рядов, конвертировали в цифровой формат .stl. На полученном изображении выделяли интересующий участок зубочелюстного сегмента для дальнейшей его конвертации в программу для математического моделирования. Выделенные изображения включали: сегмент верхней челюсти с зубами антагонистами; сегмент нижней челюсти с установленным имплантатом, искусственной коронкой и 2 рядом расположенными зубами. При этом зубные ряды находятся в состоянии привычной для пациента окклюзии и каждый элемент системы имеет замкнутую цифровую сеть объемного изображения. Для определения вектора нагрузки при жевании и имитации динамической нагрузки в математических расчетах были выделены перемещения нижней челюсти пациента. А именно правая и левая латеротрузия и протрузия. После построения 3D-сцены исходной ситуации производили построение новой искусственной коронки поверх существующей по рекомендациям программы, контролируя окклюзионные контакты протрузионными и латеротрузионными движениями нижней челюсти. Далее проводилось выделение зубочелюстного сегмента по ранее описанной технологии для проведения расчетов в программе математического моделирования. После чего виртуальные изображения зубочелюстных

сегментов с исходной и скорректированной коронками вместе с зарегистрированными контактами и векторами артикуляционных движений конвертировали в программу для проведения математических расчетов. Исходные файлы в формате .stl, полученные при цифровой конвертации и интеграции файлов зубочелюстного сканирования и результатов компьютерной томографии по описанному выше методу, соответствующие центральному положению (сомкнутые челюсти), были преобразованы в тела (solid body) и импортированы в модуль подготовки геометрии DesignModeler. При преобразовании были убраны дефекты – разрывы в сетках, убраны области самопересечения, а также уменьшено число узлов – путём выполнения последовательно операции редуцирования на 20% шесть раз подряд. Искусственная коронка была импортирована в двух различных конфигурациях, соответствующих изначальной клинической коронке, установленной по завершению ортопедического стоматологического лечения, и искусственной коронке с скорректированной окклюзионной поверхностью по результатам проведенного моделирования в программе Avantis 3D. Для описанных выше геометрий было построено сеточное разбиение, наибольшую часть которого составляли элементы «SOLID187»; в модели также присутствовали элементы «CONTA174», «TARGE170» и «SURF154». Для модели с скорректированной окклюзионной поверхностью число элементов составило 779029, для модели с скорректированной окклюзионной поверхностью – 783033.

Свойства объектов были заданы при помощи коэффициента Пуассона, модуля Юнга E , предела текучести σ , а также участка линейного упрочнения с тангенсом наклона, равным $E/10$. Значения параметров E и σ приведены и значение модуля Юнга эмали (90 ГПа или 9184 кг/мм²) были получены на основании данных работы [Halgaš R. et al.], коэффициента Пуассона – на основании работы [Muslov S. A.]. Известно [Chun K. J., Choi H. H., Lee J. Y.].

Граничные условия задавались в виде закрепления по всем степеням свободы в области А, а также в виде нагрузки (20Н), распределённой по области В (рисунок 1).

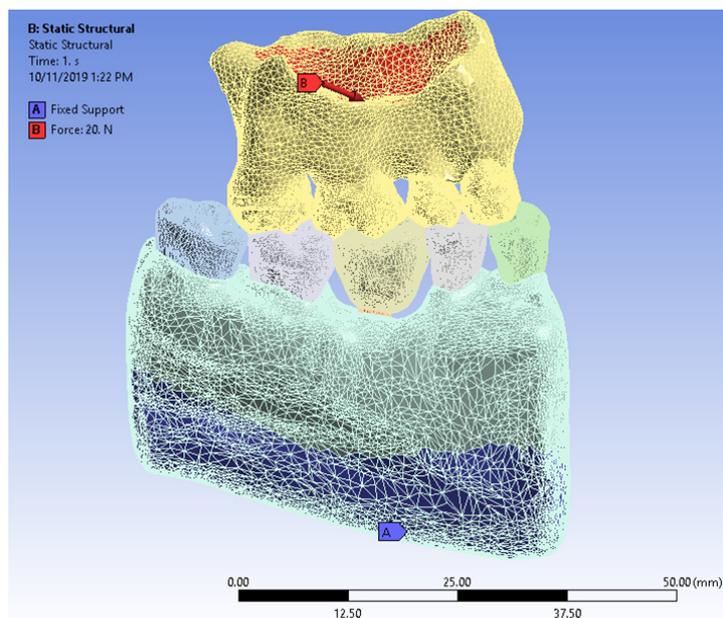


Рисунок 1. Граничные условия, заданные для математического моделирования

Для выбора направления вектора нагрузки были рассмотрены 3 варианта смыкания зубов: левая и правая латеротрузия и протрузия. Для каждой из 3-х сеток (две для латеротрузия и одна для протрузии) были найдены векторы, совмещающие её положение с центральным вектором. Все контакты, за исключением возможных взаимных контактов между зубами одной челюсти (верхней или нижней), были заданы как связанные (bonded): при такой формулировке скольжение или разъединение поверхностей, находящихся в контакте, запрещено. Возможные взаимные контакты между зубами одной челюсти были заданы как контакты без трения. Далее рассчитывались зоны напряжения, возникающие при жевательных нагрузках пациента в кости вокруг имплантата, в самом дентальном имплантате и в искусственной коронке.

На этапе формирования клинических групп проводили общее клиническое обследование пациентов по классическому протоколу. В собеседовании выясняли жалобы, наличие аллергических реакций, инфекционных и общих соматических заболеваний. При оценке внешнего вида внимание уделяли наличию лицевой асимметрии. Определяли высоту нижнего отдела лица, проводили обследование регионарных лимфатических узлов для исключения возможных патологий воспалительного характера и пальпацию жевательных мышц на предмет наличия гипертонуса. Височно-нижнечелюстной сустав

обследовали пальпаторно и аудиометрически, уделяя внимание возможным щелчкам и крепитации, смещению межрезцово́й срединной линии. Возможные негативные последствия нейро-мышечно-суставной дисфункции диагностировали проведением краткого «Гамбургского» теста. При осмотре полости рта оценивали состояние зубных рядов, их целостность и положение при артикуляционных движениях; отдельно фиксировали состояние каждого зуба и окружающих тканей. Проводили оценку гигиенического и пародонтального статусов, используя индексы ОНI-S, РМА.

На сроках наблюдения 3, 6 и 12 месяцев каждому пациенту проводили динамическую оценку состояния тканей пародонта и гигиенического состояния рта, используя индексы ОНI-S, РМА. Пародонтальным зондом измеряли глубину десневой борозды вокруг коронки на имплантате.

Рентгенологическое исследование включало конусно-лучевую томографию, проводимую на этапе формирования клинических групп и через 12 месяцев после коррекции окклюзионных взаимоотношений.

Жесткость закрепления дентальных имплантатов в костной ткани определяли аппаратом Periotest® М (Periotest, Германия) на этапе формирования клинических групп и в сроки наблюдений через 3, 6, 12 месяцев после коррекции окклюзионных взаимоотношений.

Методика компьютерного изготовления протезов-прототипов

Завершающим этапом предложенного протокола комплексного цифрового планирования стоматологического лечения пациентов является изготовление протезов-прототипов будущих функционально-эстетических реставраций.

Протезы-прототипы с применением 3D-принтера могут изготавливаться прямым и косвенным способами. Косвенный способ является более затратным и требует использования оттисковой массы, прямой – более простой и комфортной для пациента. Полученное изображение конвертировали в печатный модуль стоматологического 3D-принтера, далее изготавливали полимерные виниры-

прототипы методом 3D-печати. Совпадение размера и формы зубов и зубных рядов оценивали путем сопоставления STL-файлов, используемых для создания макета с результатами сканирования изготовленных полимерных протезов-прототипов в программе Avantis 3D. Совпадение планируемых результатов с окончательными значительно повышает удовлетворенность пациента предоставляемой стоматологической услугой, что является основной задачей разрабатываемого цифрового комплекса.

Материалы и методы оценки эффективности разработанного комплекса цифрового планирования стоматологического лечения

Для подтверждения клинической эффективности разработанного комплекса цифрового планирования стоматологического лечения и в рамках компьютерной программы виртуального прототипирования улыбки нами было обследовано 109 человек, желающих установить на зубы верхней челюсти эстетические керамические конструкции. В соответствии с одобренными Комитетом по этике медицинского института РУДН критериями включения, не включения и исключения из исследования нами были отобраны 48 человек и рандомизированно разделены на 2 равные группы – основную и контрольную – по 24 человека.

Пациентам основной группы проводили диагностику и планирование стоматологического лечения по предложенному в рамках диссертационного исследования цифровому протоколу, включающему использование разработанной программы для самостоятельного цифрового планирования улыбки iSmileStudio, с завершающим этапом прототипирования улыбки конструкциями, изготовленными с применением компьютерной технологии 3D-печати.

Контрольную группу составили пациенты, диагностику, планирование и прототипирование улыбки которых проводили аналоговым методом с получением физических оттисков, воскового моделирования, внутриротового изготовления протезов-прототипов прямым методом через силиконовый ключ.

На начальном этапе визуального согласования 2D-виртуального образа улыбки применяли компьютерную программу Digital Smile Design 2D.

Оценку функциональности изготовленных полимерных прототипов будущих реставраций оценивали с помощью аппарата T-Scan 3, применяя технику сканирования «Multi-Bite».

По завершении этапа планирования стоматологического лечения пациентам исследуемых групп проводили анкетирование на предмет удовлетворенности качеством оказанной стоматологической услуги.

В проведенном исследовании, для достоверности оценки разработанного комплекса цифрового планирования стоматологического лечения была использована специальная анкета, опубликованная на портале независимой оценки качества условий оказания услуг медицинскими организациями по городу Москве на сайте Министерства здравоохранения (<http://anketa.rosminzdrav.ru/staticogvjstank/30/1>), переменная часть которой была расширена, а общие вопросы, не относящиеся к качеству именно медицинской технологии, упразднены.

Также всем пациентам основной и контрольной групп по окончании прототипирования – изготовления полимерного макета будущих реставраций – было проведено анкетирование для оценки качества жизни с использованием опросника OHIP-14 (Slade G. D., Spenser A. J., 1997).

Анкетирование пациентов проводили на двух этапах – до прототипирования и через 7 дней после фиксации полимерных прототипов будущих реставраций.

Методология оценки клинико-экономической эффективности разработанного комплекса цифрового планирования стоматологического лечения

В рамках выполнения диссертационного исследования проведена систематизация всех номенклатурных позиций по видам медицинских услуг на основе анализа преискурантов 69-ти стоматологических клиник Москвы. По

результатам систематизации из общей совокупности медицинских услуг в составе Номенклатуры (около 12 тысяч) были отобраны номенклатурные позиции (видов услуг), обладающие сущностным сходством по признаку отраслевой (функциональной) принадлежности к стоматологической практике. Каждая позиция (код) – это вид медицинской услуги, имеющей законченное диагностическое или лечебное значение. Для каждого вида выбраны подвиды (при наличии), которые делят услуги одного вида в зависимости от способов (методик) их выполнения. Далее избранные виды услуг были сгруппированы в классы.

На основе классификатора был предложен инструмент его использования в стоматологической практике в формате клинико-экономического протокола. Методика оценки клинико-экономической эффективности способа лечения основана на сопоставлении клинических эффектов и затрат, необходимых для достижения этих эффектов, полученных в результате применения альтернативных медицинских технологий, для обоснованного выбора и дальнейшего использования в стоматологической практике наилучшей из сравниваемых технологий. Методика разработана в соответствии со стандартизированной методологией Минздрава (см. Приказ Минздрава РФ от 27.05.2002 N 163) и базируется на комплексном взаимосвязанном учете результатов медицинского вмешательства и затрат на его выполнение.

Для оценки статичной клинико-экономической эффективности комплексного цифрового планирования стоматологического лечения выбран метод «затраты-эффективность» и предложена формула расчета коэффициента клинико-экономической эффективности (Кк-э), определяемого как соотношение затрат и достигнутых эффектов (1):

$$K = \frac{З}{Э}, \text{ рубли} / \text{условные единицы} \quad (1)$$

Э – клинические эффекты в условных единицах измерения;

З – затраты в рублях.

Для сравнительной оценки затрат и результатов (эффектов) альтернативных технологий комплексного цифрового планирования стоматологического лечения выбран метод «затраты-полезность (утилитарность)» и предложена формула расчета коэффициента сравнительной клинико-экономической эффективности (Кэ), так называемого коэффициента приращения затрат (дополнительные затраты, приходящиеся на достижение дополнительного эффекта) (2):

$$K = \frac{\Delta Z}{\Delta \mathcal{E}}, \text{ рубли} / \text{условные единицы} \quad (2)$$

Для обеспечения надлежащего уровня достоверности при выполнении сравнительной оценки стремились к максимально полному учету прямых затрат за фиксированный период времени (технологический цикл). От косвенных расходов старались абстрагироваться, принимая во внимание, что их величина устанавливается посредством расчета и применения поправочного коэффициента, что в конечном итоге нивелирует их влияние на эффективность той или иной технологии. *Под прямыми затратами* в настоящем исследовании понимали затраты, непосредственно связанные с оказанием медицинской помощи конкретному пациенту. В этом случае формула расчета прямых затрат (3) может иметь вид (3):

$$Z = Z_{\text{ЗП}} + Z_{\text{НЗП}} + Z_{A_o} + Z_m + Z_{\text{прочие}}, \quad (3), \text{ рублей} \quad (3)$$

где $Z_{\text{ЗП}}$ – затраты на оплату труда персонала, задействованного в оказании медицинской помощи, измеряются в рублях и могут быть определены по формуле (4):

$$Z_{\text{ЗП}} = \sum_{i=1}^n \left(\frac{OK_{\text{vi}}}{\text{ФРВ}_{\text{vi}}} \cdot \mathcal{C}_{\text{vi}} + \frac{OK_{\text{aci}}}{\text{ФРВ}_{\text{aci}}} \cdot \mathcal{C}_{\text{aci}} \right) \cdot t_i = \sum_{i=1}^n \left(OK_{\text{vi}}^{\text{мин}} \cdot \mathcal{C}_{\text{vi}} + OK_{\text{aci}}^{\text{мин}} \cdot \mathcal{C}_{\text{aci}} \right) \cdot t_i = \sum_{i=1}^n \left(OK_{\text{vi}}^{\text{м/у}} \cdot \mathcal{C}_{\text{vi}} + OK_{\text{aci}}^{\text{м/у}} \cdot \mathcal{C}_{\text{aci}} \right) = \sum_{i=1}^n OK_i^{\text{умого}} \quad (4)$$

где ФРВ_{vi} , ФРВ_{aci} – фонд рабочего времени персонала (врачей и ассистентов), минут в месяц; OK_{vi} , OK_{aci} – оклад персонала (врачей и ассистентов), рублей в месяц; \mathcal{C}_{vi} и \mathcal{C}_{aci} – численность персонала (врачей и ассистентов), человек; n – число манипуляций/услуг в составе стоматологического лечения; t_i – продолжительность

манипуляции/оказания услуги, минут; $OK_{ei}^{мин}$ и $OK_{aci}^{мин}$ – оклад персонала (врачей и ассистентов), рублей в минуту; $OK_{ei}^{м/у}$ и $OK_{aci}^{м/у}$ – оклад персонала (врачей и ассистентов), рублей за манипуляцию/услугу; $OK_i^{итого}$ – суммарный оклад персонала (врачей и ассистентов), итого по i -ой манипуляции/услуге.

$Z_{НЗП}$ – отчисление в фонды медицинского, социального страхования, пенсионного обеспечения, измеряются в рублях и могут быть определены по формуле (5):

$$Z_{НЗП} = \sum_{i=1}^n (OK_i^{итого} \cdot \frac{C_{ПФ}}{100} + OK_i^{итого} \cdot \frac{C_{ОМС}}{100} + OK_i^{итого} \cdot \frac{C_{СС}}{100}) \quad (5)$$

где $C_{ПФ}$, $C_{ОМС}$, $C_{СС}$ – налоговые ставки в пенсионный фонд, фонд обязательного медицинского страхования, фонд социального страхования, %.

Z_{Ao} – амортизационные отчисления измеряются в рублях и могут быть определены по формуле (6):

$$Z_{Ao} = \sum_{i=1}^n \frac{C_{OK_i}}{T_{OK_i}} \cdot t_i \quad (6)$$

где C_{OK_i} – первоначальная стоимость основного капитала;

Z_M – материальные затраты измеряются в рублях и могут быть определены по формуле (7):

$$Z_M = \sum_{i=1}^n C_{mi} \quad (7)$$

где C_{mi} – стоимость расходных материалов, лекарственных средств, прочих материалов, рублей.

$Z_{пр}$ – стоимость прочих затрат, например, услуг лаборатории на аутсорсинге, рублей.

В целях недопущения необоснованного исключения отдельных видов затрат на результаты расчетов показатель Z включает все прямые затраты. Такой подход позволил выявить удельный вес отдельных статей затрат в их общей совокупности, отследить изменения в составе затрат при переходе от традиционных технологий к цифровым, выявить позиции экономии и перерасхода, обеспечить надлежащий уровень достоверности выполненных расчетов.

Соотношение клинических эффектов и затрат образует системы показателей статичной и сравнительной клинико-экономической эффективности стоматологического лечения.

Материал и методика сравнительной оценки экономической доступности программ 3D-планирования дизайна улыбки

В рамках диссертационного исследования было выполнено сравнение экономической доступности компьютерных программ для трехмерного планирования зубных рядов в зоне улыбки. Оценивали в сравнительном аспекте отечественную программу Avantis 3D и импортные программы Exocad (Германия) и сервис DSD 3D (Бразилия). При расчетах учитывали стоимость программ в базовой версии, стоимость отдельных модулей планирования, себестоимость моделирования виртуального образа одного зуба и зубного ряда одной челюсти самостоятельно и стоимость этого же моделирования с привлечением цифровой зуботехнической лаборатории. Число рабочих часов в месяц рассчитывали исходя из 12-часового рабочего дня.

Статистическую обработку полученного материала проводили методами вариационной статистики с помощью программы Microsoft Excel для персонального компьютера. Вычисляли среднее арифметическое (M), стандартное отклонение (m) и доверительный интервал. Для межгрупповых сравнений использовали t -критерий Стьюдента для независимых выборок. Различия считали статистически достоверными при $p < 0,05$.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Результаты разработки программного обеспечения для 2D-создания виртуального образа улыбки

Результатами разработки программного обеспечения в рамках предлагаемого комплекса цифрового планирования стоматологического лечения явилась регистрация программы для виртуального прототипирования улыбки

ISmile Studio для телефонов и цифровых планшетов, а также получение Патента РФ на изобретение №2610911 «Система и способ виртуального прототипирования улыбки на базе тактильного компьютерного устройства».

Результаты валидации компьютерной программы для диагностики стоматологического статуса пациента *Diagnocat*

Работа по валидации компьютерной программы диагностики стоматологического статуса профильного пациента с привлечением искусственного интеллекта по данным КЛКТ заключалась в сравнении результатов анализа «Рентгенологического статуса» 24 пациентов, а конкретно 638 зубов и околозубных тканей. Сравнивали отчет компьютерной программы с заключениями, полученными экспертной группой врачей-стоматологов, имеющих дополнительную профессиональное образование по специальности «рентгенология». Коэффициент согласованности экспертов в данном исследовании составил 0,89, что свидетельствует об их высокой согласованности. Результаты средних значений оцениваемых позиций приведены в таблице 1.

Таблица 1. Результаты сравнения работы компьютерной программы анализа КЛКТ «*Diagnocat*» и группы экспертов

Исследователь	Исследуемый признак				Время, затраченное на расчеты (мин)	Всего патологий твердых тканей
	Число диагностированных проблем (абс. ед)	Качество диагностики (абс. ед)				
		Не диагностированных проблемы	Не корректная диагностика			
Экспертная группа	428	11	0	2295	439	
Программа « <i>Diagnocat</i> »	441	2	2	243		

Всего по результатам анализа отчетов, составленных экспертной группой и компьютерной программой на основе искусственного интеллекта, было выявлено из 638 зубов 439 патологии.

Экспертная группа отметила 428 патологий и не диагностировала 11, тогда как программа обнаружила 441 проблему, то есть на 2 больше, чем есть на самом деле, что объясняется отсутствием анализа искажения изображения при «свечении» рентгенологических элементов металлической плотности. Но и из этих диагностированных проблем еще 2 оказались неверно диагностированными, по данным экспертной группы. Таким образом, общая погрешность программы составила 4 абсолютные единицы погрешности в качестве диагностики, что в 2,75 раза меньше погрешности, допущенной экспертной группой.

Время, затраченное на анализ рентгенологической ситуации полости рта врачами экспертами, включая описание, составило 1020 минут (17 часов), что в среднем соответствует 42,5 минуты на одно КЛКТ исследование и превосходит время, затраченное компьютерной программой, в 9,4 раза. Время проведения компьютерного анализа, включающее время оформления результатов с описанием рентгенологической ситуации, составило 108 минут (1,8 часа), что в среднем соответствует 4,5 минуты на исследование одного КЛКТ.

Анализируя полученные результаты, можно сделать вывод об очевидном превосходстве программы Diagnocat по времени, затраченному на диагностику, и по качеству описания рентгенологической картины стоматологического больного.

Однако несправедливо было бы не отметить, что компьютерная программа указывает на возможную существующую проблему в процентном соотношении и в любом случае требует уточнения и дальнейшего принятия решения специалистом о возможной патологии и необходимости лечения, тогда как специалист диагностирует проблему сразу в 100% варианте без согласования. Поэтому технологию Diagnocat возможно использовать исключительно как

элемент диагностики в помощь врачу-стоматологу, но не как самостоятельный инструмент для постановки диагноза.

Результаты оценки функционально-экономических возможностей программ для 3D-создания виртуального образа улыбки

Анализ функциональных возможностей сервиса DSD 3D, программ Exocad и Avantis 3D выявил равнозначность исследуемых технологий для получения итогового виртуального образа улыбки, но превосходство последней в определенных клинических ситуациях.

Подтверждение эффективности программного обеспечения хирургического и ортопедического лечения, принятого в комплексе цифрового планирования стоматологического пациента Avantis 3D, проводили используя способ компьютерного моделирования восстановления биомеханических показателей зуба для равномерного распределения жевательной нагрузки на опорные ткани зуба и костную ткань, разработанный в рамках проведенного диссертационного исследования (Патент РФ № 2693993 от 08.07.2019).

В клиническое исследование было принято 12 человек с включенным одиночным дефектом зубного ряда жевательной группы зубов, протезированного искусственной коронкой, с винтовой фиксацией, из диоксида циркония с опорой на ранее установленный дентальный имплантат, апикально смещенный в вестибулярную или оральную сторону до контакта с кортикальной костной тканью челюсти. 6-ти пациентам основной группы корректировали ранее проведенное стоматологическое лечение изготовлением и фиксацией новой керамической коронки, смоделированной и изготовленной с применением программы Avantis 3D, и оценивали ее функциональность конечно-элементным анализом в математическом эксперименте.

Полученные результаты оценивали в сравнении с результатами пациентов группы, ранее протезированных коронками без проведения предложенной коррекции.

Определение гигиенического статуса у пациентов на этапе формирования клинических групп исследования показало низкие результаты. И всем пациентам была проведена профессиональная гигиена полости рта с индивидуальным подбором гигиенических средств и препаратов, а также было проведено обучение методикам чистки зубов. Далее гигиеническое состояние определялось на сроках наблюдения в 3, 6 и 12 месяцев. Результаты определения глубины десневого кармана вокруг имплантатов у пациентов исследуемых групп представлены в таблице 2:

Таблица 2. Среднестатистические данные результатов определения глубины десневого кармана вокруг имплантатов в группах сравнения, мм

Группа пациентов	До исследования	Сроки мониторинга после лечения (месяц)		
		1	6	12
Основная группа	3,8±0,06	3,8±0,20	3,6±0,10	3,7±0,10
Контрольная группа	3,45±0,10	3,5±0,30	3,5±0,05	3,8±0,01

Примечание: достоверность различий рассчитывалась относительно показателей до лечения и составляла $p < 0,01$.

Анализируя полученные данные, можно заключить, что в начале исследования глубина десневых карманов вокруг установленных имплантатов у пациентов обеих групп была равнозначной, однако при динамическом наблюдении у пациентов после коррекции окклюзионных взаимоотношений путем замены керамической конструкции глубина десневых карманов статистически достоверно уменьшилась. Это мы объясняем отсутствием чрезмерного давления на кортикальную кость в маргинальной области из-за равномерного перераспределения давления вдоль оси имплантата при циклических жевательных нагрузках. При оценке локализации десневого кармана у пациентов обеих групп прослеживалась связь с положением имплантата в кости. Так, у пациентов, у которых апикальная часть имплантата была смещена в вестибулярном направлении, карман отмечался с язычной

стороны, а у пациентов с апикальным смещением имплантата в язычную сторону карман диагностировали с вестибулярной поверхности альвеолы.

Рентгенологическое исследование заключалось в проведении конусно-лучевой компьютерной томографии на этапе формирования клинических групп и через 12 месяцев после проведенного лечения. Результаты оценки уровня вертикальной резорбции кости вокруг дентальных имплантатов в динамике на этапах наблюдения представлены в таблице 3.

Таблица 3. Средние значения резорбции костной ткани (мм) вокруг имплантатов ($M \pm m$)

Группа пациентов	До исследования	Сроки мониторинга после лечения (через 12 месяцев)
Основная группа	1,26±0,2*	1,24±0,2*
Контрольная группа	1,24±0,15*	1,98±0,01*

Примечание: достоверность различий рассчитывалась относительно показателей до лечения и составляла $*p < 0,05$.

Анализируя результаты, полученные при измерении вертикальной резорбции, пришли к заключению, что наибольшая резорбция характерна для пациентов контрольной группы и напрямую соответствует показателям глубины десневого кармана. Также характерна и локализация очагов вертикальной резорбции. У группы пациентов, у которых апикальная часть имплантата была смещена в вестибулярном направлении, резорбция отмечалась с язычной стороны, а у пациентов с апикальным смещением имплантата в язычную сторону резорбцию альвеолярной кости диагностировали с вестибулярной поверхности челюсти. Резорбция кости вокруг имплантатов у пациентов контрольной группы в среднем составляла 0,74 мм за год наблюдений, тогда как резорбция вокруг имплантатов у пациентов основной группы составила 0,02 мм по отношению к первоначальным данным. Показанная отрицательная динамика у пациентов

контрольной группы свидетельствует о неравномерно распределенной нагрузке, оказываемой на имплантат, что, безусловно, связано с неправильным его позиционированием в челюстной кости. Наоборот, динамика резорбции у пациентов основной группы стабилизируется и соответствует классическому описанию ежегодной резорбции после нагружения дентального имплантата, принятой на Гарвардской согласительной конференции по имплантологии в 1989 г.

Показатели периотестометрии у пациентов основной и контрольной групп были схожи на начальных этапах и показали лишь достоверные отличия на сроке наблюдений в 12 месяцев (таблица 4).

Таблица 4. Средние значения периотестометрии ($M \pm m$)

Группа пациентов	До исследования	Сроки мониторинга после лечения (месяц)		
		3	6	12
Основная группа	- 3,8±0,01*	- 3,8 ±0,04	- 3,9±0,3	- 4,4±0,01*
Контрольная группа	- 3,9±0,2*	- 3,9 ±0,05	- 3,5±0,5	- 3,0±0,2*

Примечание: достоверность различий рассчитывалась относительно показателей до лечения и составляла $*p < 0,01$.

Динамика показателей периотестометрии у пациентов основной группы заключалась в незначительном повышении жесткости закрепления дентальных имплантатов через 6 месяцев после замены коронки на искусственную коронку с скорректированной по результатам математического моделирования окклюзионной поверхностью, но через 12 месяцев значения жесткости повысились на 0,6 единицы шкалы прибора. Тогда как у пациентов контрольной группы значения периотестометрии понизились на 0,9 единиц значения прибора, что говорит об отрицательной динамике.

Анализируя полученные данные, можно сделать опосредованное заключение о повышении клинической стабилизации дентальных имплантатов с фиксированной коронкой, геометрия окклюзионной поверхности которой оптимизирована с помощью разработанного способа компьютерного моделирования восстановления биомеханических показателей зуба для равномерного распределения жевательной нагрузки на опорные ткани зуба (имплантата) и костную ткань.

Результаты разработки комплекса цифрового планирования стоматологического лечения

Учитывая разработанные в рамках данной диссертации программу и способ виртуального прототипирования улыбки, валидизацию программы автоматизированной диагностики компьютерных томограмм, изучение функциональных возможностей программы планирования стоматологического лечения Avantis 3D, нами был предложен следующий комплекс цифрового планирования стоматологического лечения:

1. Планирование санационного этапа: обязательное применение компьютерной томографии и привлечение в качестве инструмента для планирования санации программы на основе искусственного интеллекта Diagnocat.

2. 2D-виртуальное планирование зубных рядов в зоне улыбки: 2D-визуализация и 2D-создание виртуального образа улыбки.

3. 3D-виртуальное планирование (макетирования) зубов в эстетически значимой зоне: на базе интеграции данных компьютерной томографии, сканирования зубных рядов, сканирования лица.

4. Компьютерное изготовление протезов-прототипов согласно 3D-виртуальному функционально-эстетическому макету.

Результаты оценки клинической эффективности разработанного комплекса цифрового планирования стоматологического лечения и метода виртуального прототипирования улыбки

Оценку эффективности разработанного комплекса цифрового планирования стоматологического лечения и метода виртуального прототипирования улыбки проводили, анализируя результаты анкетирования 48 пациентов, нуждающихся в протезировании эстетических дефектов передних зубов на этапе макетирования.

Оценку баланса окклюзии пациентов проводили до и после mock-up, по техникам сканирования «Multi-Bite», «Right/Left Excursion», «Protrusive Excursion». До проведения mock-up среднее значение распределения относительной окклюзионной нагрузки между правой и левой сторонами у пациентов соответствовало $51,8 \pm 1,20\%$, дисбаланса в процессе смыкания и размыкания зубных рядов, а также участков чрезмерных нагрузок – не выявлено. Среднее время смыкания зубных рядов составило $0,18 \pm 0,04$ с, время размыкания – $0,19 \pm 0,02$ с.

При оценке латеротрузии различия по параметру «время размыкания» левых и правых экскурсий составило в среднем $0,04 \pm 0,02$ с.

Время размыкания при протрузии не превышало 0,4 с ($0,19 \pm 0,04$). Девиаций и экскурсий нижней челюсти не выявлено.

В результате повторного цифрового измерения баланса окклюзии после проведения mock-up определили следующие средние параметры: распределение относительной окклюзионной нагрузки между правой и левой сторонами – $50,7 \pm 0,90\%$; время смыкания зубных рядов – $0,17 \pm 0,04$ с; время размыкания – $0,19 \pm 0,03$ с. Разница времени размыкания зубных рядов левой и правой латеротрузии – $0,03 \pm 0,03$. Время размыкания при протрузии не превышало 0,4 с ($0,17 \pm 0,04$). Полученные данные, а именно значения каждого параметра, до и после mock-up были статистически обработаны с использованием

непараметрического критерия Вилкоксона – достоверно значимых различий не выявлено ($p \geq 0,05$).

На втором этапе сравнивали удовлетворенность пациента качеством оказанной медицинской услуги планирования стоматологического лечения по предложенному цифровому и традиционному аналоговому протоколу.

Отвечая на вопрос об удовлетворенности комфортностью условий предоставления услуг в медицинской организации, 5 пациентов контрольной группы ответили отрицательно, тогда как пациенты основной группы в полном составе дали положительный ответ. Учитывая, что данный контингент лиц, отвечая на вопрос о соответствии ожиданий полученным результатам, также ответили отрицательно, можно предположить, что это часть пациентов, которые остались неудовлетворены итогом проведенного макетирования и не смогли разделить данную неудовлетворенность с общим пониманием комфортности условий предоставления услуг.

Также 13 респондентов контрольной группы, отвечая на вопрос анкеты, указали, что испытывали дискомфорт в процессе диагностических процедур, против 24 пациентов основной группы, не испытывающих никаких неприятных ощущений в процессе аналогичной процедуры. При личном общении выяснилось, что указанный дискомфорт был связан с неоднократным снятием физических оттисков, что вызывало позывы рвоты и страх повреждения зубов при извлечении оттиска после структурирования. 9 человек отметили неприятные ощущения, связанные с неприятным запахом пластмассы и удаления ее остатков из полости рта после фиксации макета и при его шлифовании и полировании в полости рта.

Следующим расхождением во мнениях респондентов исследуемых групп можно считать 12 отрицательных ответов пациентов контрольной группы против 24 положительных ответов пациентов основной группы в восьмом вопросе о соответствии ожиданий и результатов макетирования. При личном разговоре с данными пациентами выяснилось, что форма и положение зубов, согласованные с врачом-стоматологом на этапе воскового моделирования, не

соответствовала их представлениям формы и положения зубных рядов в полости рта по результатам внутриротового макетирования.

Ключевым вопросом, подтверждающим эффективность предложенной в рамках разработанного комплекса цифрового планирования программы для самостоятельного моделирования улыбки iSmileStudio, явился вопрос о достаточном времени для принятия решения на этапе согласования макета. Все пациенты основной группы ответили на него положительно и отметили возможность самостоятельного дистанционного планирования собственной улыбки, не ограниченного во времени. Также они отметили возможность консультации с близкими людьми по вопросу согласования формы, размера, положения и цвета зубов. И, на наш взгляд, именно этот параметр можно считать ключевым в положительной оценке предлагаемого комплексного цифрового протокола планирования ортопедического лечения на этапе мотивации пациента.

Диаметрально противоположные в абсолютных значениях были получены ответы на вопрос о кратности посещения клиники для оказания искомой услуги – планирования стоматологического ортопедического лечения. Пациентам основной группы понадобилось однократное посещение клиники.

На третьем этапе оценки клинической эффективности разработанного комплекса цифрового планирования стоматологического лечения проводили анкетирование по определению показателей качества жизни. Результаты анкетирования пациентов до макетирования реставраций и после по опроснику ОНП-14 оценивались в баллах в соответствии с ответами; никогда – 1; почти никогда – 2; обычно – 3; редко – 4; очень часто – 5: – по позициям качества повседневной жизни, пережевывания пищи, способности общаться. Анализируя полученные данные, можно заключить, что исходная ситуация по уровню качества жизни респондентов двух групп была схожа и указывала на неудовлетворенность в социальном аспекте общения в повседневной жизни, тогда как неудовлетворенность в функции жевания не отмечалась. Что, безусловно, связано с эстетическими нарушениями улыбки, а именно

критериями включения в исследование – диагнозами – флюороз и гипоплазия эмали передней группы зубов. По результатам проведенного макетирования через 7 суток достоверные различия в ответах респондентов основной и контрольной групп также отсутствовали. Однако результаты имели общую тенденцию к улучшению качества жизни. А именно: критерий неудобства из-за проблем с зубами снизился в 2 раза и соответствовал ответу – никогда. Позиция респондентов в вопросе «Ставят ли проблемы с зубами, слизистой оболочкой полости рта или протезами Вас в неловкое положение?» – улучшилась со значений $3,4 \pm 0,05$ до $1,1 \pm 0,5$ в основной и со значений $3,3 \pm 0,2$ до $1,3 \pm 0,1$ в контрольной группах. Аналогичная положительная динамика отмечалась в ответах на вопросы «Испытываете ли Вы затруднения в обычной работе из-за проблем с зубами, слизистой оболочкой полости рта или протезами?» и «Чувствуете ли Вы себя стесненным в общении с людьми из-за проблем с зубами, слизистой оболочкой полости рта или протезами?». Показатели качества жизни в данных вопросах повысились в 2,4 и в 2,6 раз соответственно, и в целом соответствовали ответам – никогда.

Обобщив полученные результаты анкетирования по опроснику ОНIP-14, можно сделать вывод о повышении качества жизни пациентов в 2 раза по результатам проведенного комплекса цифрового планирования стоматологического лечения.

Клинико-экономический протокол услуги в области стоматологии (комплекса цифрового планирования стоматологического лечения)

Для сравнения параметров альтернативных медицинских технологий стоматологического лечения нами разработана *аналитическая табличная форма*, которая позволяет сопоставлять параметры альтернативных медицинских технологий: временные и стоимостные затраты в разрезе по медицинским услугам. Информация в аналитическую форму транспортируется из клинико-экономических протоколов.

Становится очевидным, что изменилась технологическая структура: появились новые услуги и оказались ненужными услуги, которые были необходимы при использовании аналоговой технологии. Сократилось общее число услуг (на пять), и, как следствие, продолжительность клинического цикла (такта). В итоге получили экономию времени ($225-165=60$) и затрат на стоматологическое лечение (16000 минус от $36000 = 20000$ рублей). При этом продолжительность оказания и стоимость четырех услуг остались без изменений. Три услуги претерпели существенное изменение по времени, стоимости и контенту. Две – приобрели комплексный характер, в их составе увеличилось число манипуляций.

Результаты оценки клинико-экономической эффективности комплекса цифрового планирования стоматологического лечения

Сравнение итоговых затрат на стоматологическое лечение при использовании цифровой и аналоговой технологий показывает ощутимое преимущество в пользу цифровизации. Общие затраты на цифровое лечение составили 16 тысяч рублей, на аналоговое – 36 тысяч рублей, таким образом, экономия денежных средств за счет цифровизации – 20 тысяч рублей и более.

В частности, по всем статьям затрат наблюдается такая же тенденция – затраты при использовании цифровой технологии на порядок ниже, чем при аналоговой.

Затраты на оплату труда и отчисления в фонды социального, медицинского страхования, пенсионный фонд при цифровой технологии меньше соответственно на 757 рублей и 227 рублей, что объясняется автоматизацией труда, сокращением трудозатрат и высвобождением рабочего времени.

Амортизационные отчисления при использовании цифровой технологии составили 9100 рублей, а при аналоговом лечении – 11220 рублей. Амортизация рассчитана с условием ее стоимости в 1 минуту использования. В зависимости

от методики меняется и стоимость амортизации, так как идёт сокращение времени ее использования.

При высокой стоимости цифрового оборудования и меньшем сроке его годности (преимущественно из-за морального устаревания, а не физического), производительность цифровой техники, высокая скорость выполнения при ее помощи манипуляций позволили существенно сократить потребляемое число единиц стоматологической техники и получить экономию в размере более 2 тысяч рублей.

Материальные расходы при цифровом методе составили 3100 рублей, а при аналоговом – более 5000 рублей, то есть при использовании новой цифровой техники требуется меньше расходных материалов, лекарственных препаратов, иных материальных ценностей. Экономия по этой статье затрат составила почти 2000 рублей. Кроме того, при использовании цифровой технологии отпадает необходимость приобретения услуг зуботехнической лаборатории, что приводит к дополнительной экономии 15 тыс. рублей.

Согласно полученным данным, в результате цифровизации структура затрат претерпела существенные изменения. Так, при аналоговой технологии наибольший удельный вес в общем составе затрат (более 50%) приходился на аутсорсинг (15 тыс. рублей) и амортизацию стоматологического оборудования (11 тыс. рублей). При использовании цифровой технологии необходимость в услуге аутсорсинга отпала и основной удельный вес (более 80%) приходится на амортизацию (9 тыс. рублей) и материальные затраты (3 тыс. рублей). Это наглядно подтверждает тот факт, что цифровые технологии позволяют существенно экономить время и трудозатраты.

Выполняя подстановку фактических затрат и клинических эффектов, полученных в результате стоматологического лечения, мы рассчитали статические и сравнительные показатели клинико-экономической эффективности.

Таким образом, сравнительный анализ результатов расчетов клинико-экономического обоснования аналоговой и цифровой технологий, выполненный

при помощи предлагаемой нами методики, подтвердил высокий уровень достоверности и сопоставимости расчетных данных.

ВЫВОДЫ

1. По результатам анализа 235 тематических информационных источников за последние 11 лет, выявившего ежегодное увеличения числа публикаций по исследуемой теме, предложен комплекс цифрового планирования стоматологического лечения, включающий следующие этапы: планирование санационного этапа; 2D-виртуальное планирование зубных рядов в зоне улыбки; 3D-виртуальное планирование (макетирование) зубов в эстетически значимой зоне; компьютерное изготовление протезов-прототипов согласно 3D-виртуальному функционально-эстетическому макету.

2. Разработан способ и компьютерная программа 2D-создания виртуального образа улыбки, защищенные патентом РФ на изобретение № 2610911, с возможностью дистанционной работы врача-стоматолога с пациентом при выборе размера, формы, положения зубов в эстетически значимой зоне.

3. Установлена высокая эффективность отечественной компьютерной программы анализа рентгенограмм, работающей по принципу искусственного интеллекта, которая сокращает в 2,75 раза число диагностических ошибок и в 9,4 раза ускоряет описания КЛКТ, что позволяет включить её как обязательный элемент в комплекс цифрового планирования стоматологического лечения для оптимизации санационно-подготовительного этапа.

4. Разработана методика устранения функциональной перегрузки внутрикостных имплантатов с применением программ математического моделирования и планирования стоматологического лечения путем оптимизации окклюзионной поверхности фиксированных на них искусственных коронок, защищенная патентом РФ на изобретение № 2693993, которая может служить эффективным дополнительным модулем отечественной компьютерной

интегративной программы для стоматологической диагностики, моделирования и комплексного лечения.

5. Результаты анкетирования пациентов, обследование и предварительное лечение зубными протезами-прототипами которых проведено с использованием разработанного комплекса цифрового планирования стоматологического лечения, и пациентов, получивших традиционное лечение аналоговыми методами, показало значительное предпочтение (в 2 раза) пациентами компьютерных методик из-за большей комфортности, быстроты, возможности соучастия пациента в лечении, большего соответствия изготовленных протезов ожиданиям пациентов – выбранным виртуальным макетам, улучшение показателей качества жизни согласно критериям опросника ОНIP 14.

6. Предложенный классификатор услуг в области стоматологии представляет собой систему однозначных наименований для каждой классификационной группы. Каждый шаг систематизации выполнен по собственному основанию, отличному от оснований, которые использовались в других шагах группировки.

7. Разработана методика оценки клинико-экономической эффективности ортопедического лечения в соответствии с номенклатурой медицинских услуг, которая позволяет обосновать выбор наилучшей из имеющихся медицинских цифровых технологий.

8. Клинико-экономическая эффективность разработанного комплекса цифрового планирования стоматологического лечения подтверждена ростом клинической эффективности по 5 возможным клиническим эффектам, выявленным в процессе исследования, с экономией денежных средств в 2 раза.

ПРАКТИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ

1. Рекомендуем при стоматологической реабилитации пациентов с жалобами на эстетическую неудовлетворенность в зоне улыбки применять разработанный в ходе диссертационного исследования комплекс цифрового

планирования стоматологического лечения, включающий до изготовления окончательных протезов 4 обязательных подготовительных этапа: санационно-подготовительный, мотивационный, 3D-макетирования виртуального образа улыбки и 3D-компьютерного изготовления прототипов будущих эстетических и функциональных зубных протезов.

2. Считаем целесообразным для повышения эффективности работы стоматологической клиники рекомендовать широко использовать разработанный комплекс цифрового планирования стоматологического лечения пациента с применением отечественных компьютерных технологий, позволяющий, не используя инвазивные методы стоматологического вмешательства, дать визуализированное представление пациенту об ожидаемых результатах реабилитации, что повышает мотивацию пациентов к оптимальному объёму стоматологических диагностических и лечебных процедур, улучшает клинический эффект лечения, благодаря точности совпадения виртуального образа улыбки с результатами реального прототипирования при использовании CAD/CAM технологий.

3. Для безупречного планирования комплексного стоматологического лечения, особенно его санационно-подготовительного этапа, считаем необходимым рекомендовать в качестве обязательных диагностических элементов использование конусно-лучевой компьютерной томографии головы и отечественной компьютерной программы Diagnocat, основанной на технологии искусственного интеллекта, что позволит уменьшить число рентгенодиагностических ошибок, оптимизировать объём планируемых санационных мероприятий, ускорить диагностический процесс.

4. На мотивационном этапе комплексного цифрового планирования стоматологического лечения рекомендуем применять наряду с оптимальным протоколом портретной и внутриротовой дентальной фотографии разработанный способ и компьютерную программу 2D-создания виртуального образа улыбки, с возможностью дистанционной работы врача-стоматолога с

пациентом при выборе размера, формы и положения зубов в эстетически значимой зоне.

5. При планировании стоматологической реабилитации пациентов с некорректной дентальной имплантацией возможно неинвазивное нивелирование перегрузки костной ткани без переустановки имплантата, для чего необходимо использовать методику интеграции файлов 3D-сцены отечественной стоматологической компьютерной программы с программой математического моделирования методом конечных элементов оптимальной окклюзионной поверхности искусственной коронки в модуле CAD/CAM системы. Для персонализированной объективизации клинической ситуации методом конечных элементов необходимо выделить все интересующие объекты по отдельности и в комплексе с виртуальной привязкой к месту расположения в виртуальном пространстве, при этом у каждого объекта должна быть полностью замкнутая триангуляционная сетка объёмного изображения.

6. Предлагаем практическое использование предложенного классификатора услуг в области стоматологии и вспомогательных инструментов (конструктор, протокол) в стоматологических клиниках различных форм собственности, что позволит существенно экономить время на формировании наборов услуг для пациентов и автоматизировать процедуры калькулирования и тарификации сформированных наборов услуг, а также предложенную методику оценки клинико-экономической эффективности новых лечебных стоматологических технологий.

7. С позиции набора функциональных возможностей и экономической доступности внедрения в практику отечественная стоматологическая компьютерная интегративная программа для цифровой диагностики, моделирования и планирования комплексного лечения превосходит широко распространенные в нашей стране зарубежные аналоги.

СПИСОК РАБОТ, ОПУБЛИКОВАННЫХ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ

1. **Апресян С. В.** Цифровое планирование ортопедического стоматологического лечения. // Российский стоматологический журнал. – 2019. – Т:23, № 3-4. – С. 158-164.
2. **Апресян С. В.,** Антоник М. М. Клиническое обоснование эффективности способа коррекции дентальной имплантации с персонализированной объективизацией современными цифровыми методами // Российский вестник дентальной имплантации. – 2019. – №3-4 (45-46). – С. 38-45.
3. **Апресян С. В.,** Акулович А. В., Горяинова К. Э. Цифровые методы определения цвета зубов и способ виртуального планирования цвета ортопедических реставраций // Российская стоматология. – 2019. – Т. 12, №3. – С. 45-46.
4. **Апресян С. В.,** Горяинова К. Э. Виртуальное прототипирование улыбки стоматологического пациента //Актуальные вопросы стоматологии: Сборник научных трудов, посвященный основателю кафедры ортопедической стоматологии КГМУ профессору Оксману. – Казань, 2019. – С. 22-24.
5. **Апресян С. В.,** Забаева М. Н. Индекс цифровизации стоматологической практики. // Российский стоматологический журнал. – 2020. – Т. 24, № 1. – С. 39-43.
6. **Апресян С.В.,** Забаева М. Н., Степанов А. Г., Семенова В. А. Классификатор услуг в области стоматологической практики: нормативно-правовые основы и клиничко-экономический контент.// Российский стоматологический журнал. – 2020. – Т. 24, № 1. – С. 44-50.
7. **Апресян С. В.,** Лебедеенко И. Ю. Цифровое планирование улыбки : Сборник научных трудов, посвященный 30-летию стоматологического факультета Приволжского исследовательского медицинского университета – Выпуск 1. – Нижний Новгород: Изд-во «Ремедиум Приволжье», 2018 – 878 с.)
8. **Апресян С. В.,** Матело С. К., Акулович А. В., Оганян А. И., Саламов М. Я. Цифровое 3D-планирование стоматологического лечения с

использованием тактильного мобильного устройства // Эндодонтия today.– П. – 2017. – №2. – С. 74-76.

9. **Апресян С. В.**, Семенова В. А., Забаева М. Н. Стоматологическая практика как вид экономической деятельности: понятийный аппарат и контент в условиях цифровой конкуренции // Микроэкономика. – 2020. – Т. 91, № 2. – С. 42-49.

10. **Апресян С. В.**, Степанов А. Г., Антоник М. М., Дегтярев Н. Е., Кравец П. Л., Лихненко М. Н., Малазония Т. Т., Саркисян Б. А. Комплексное цифровое планирование стоматологического лечения – практическое руководство / под общей редакцией Апресяна С. В. – Москва: Мозартика, 2020.– 396 с.

11. **Апресян С. В.**, Степанов А. Г., Ретинская М. В. Разработка комплекса цифрового планирования стоматологического лечения и оценка его клинической эффективности // Российский стоматологический журнал. – 2020. – Т. 25, № 2. – С. 37-49.

12. **Апресян С. В.**, Суонио В. К., Степанов А. Г. Оценка функционального потенциала CAD программ в комплексном цифровом планировании стоматологического лечения // Российский стоматологический журнал. – 2020. – Т. 25, № 2. – С. 26-35.

13. Горяинова К. Э., **Апресян С. В.**, Лебеденко И. Ю., Воронов И. А. Сравнительная клиническая оценка качества ортопедического лечения моляров CAD/CAM коронками методикой chairside // Стоматология. – 2019. – Т. 98, № 5. – С. 72-77.

14. Забаева М. Н., **Апресян С. В.**, Степанов А. Г., Семенова В. А. Организационно-экономический механизм функционирования стоматологической клиники // Микроэкономика. – 2020. - Т. 91. № 2. – С. 49-57.

15. Забаева М. Н., Степанов А. Г., **Апресян С. В.**, Семенова В. А. Методика оценки клинико-экономической эффективности стоматологического лечения (на примере ортопедического планирования) // Микроэкономика. – 2020. – Т. 92, №3. – С. 44-55.

16. Першин А. С., **Апресян С. В.**, Акулович А. В. Эстетика керамических реставраций – практическое руководство / под общей редакцией Апресяна С.В. – Москва: Мозартика, 2018.– 324 с.

17. Патент №2610911 Российская Федерация, МПК A61C 13/00(2006.01). Система и способ виртуального прототипирования улыбки на базе тактильного компьютерного устройства : № 2016126393 : заявл. 01.07.2016 : №2016126393 : опубл. 17.02.2017 / **Апресян С. В.**, Матело С. К. – 10 с.

18. Патент № №2463993 Российская Федерация, МПК A61C 13/00(2006.01). Способ изготовления временных зубных протезов методом компьютерного фрезерования : № 2010137391 : заявл. 09.09.2010 : опубл. 20.09.2012 / Арутюнов С. Д., Янушевич О. О., **Апресян С. В.**, Гезалова Н. .К., Трезубов В. В. – 6 с.

19. Патент № №2423948 Российская Федерация, МПК A61C 13/00(2006.01). Способ изготовления временных зубных протезов : № 2010107971/14 : заявл. 03.05.2010 : опубл. 20.07.2011 /Арутюнов С. Д., **Апресян С. В.**, Янушевич О. О., Арутюнов Д. С., Лебеденко И. Ю., Перевезенцева А. А., Золотницкий И. В. – 5 с.

20. Патент № 2693993 Российская Федерация, МПК A61C 13/00(2006.01). Способ компьютерного моделирования восстановления биомеханических показателей зуба для равномерного распределения жевательной нагрузки на опорные ткани зуба и костную ткань : № 2019102211 : заявл. 28.01.2019 : опубл. 08.07.2019 / **Апресян С. В.**, Деев М. С., Лебеденко И. Ю. – 10 с.

21. Патент №2477098 Российская Федерация, МПК A61C 8/02(2006.01). Способ шинирования зубов : № 2011119948 : заявл. 19.05.2011 : опубл. 10.03.2013 / Арутюнов С. Д., Янушевич О. О., **Апресян С. В.**, Петров А. Н., Плескановская Н. В., Пименова М. П., Никурадзе А. Н. – 6 с.

22. Патент №2477098 Российская Федерация, МПК A61C 8/00(2006.01). Фрезерованная зубная шина : № 2011119948/14 : заявл. 19.05.2011 : опубл.

10.03.2013 / Арутюнов С. Д., **Апресян С. В.**, Янушевич О. О., Петров А. Н., Плескановская Н. В., Пименова М. П., Никурадзе А. Н. – 6 с.

23. Патент № 2529392 Российская Федерация, МПК A61C 8/00(2006.01). Фрезерованный трансдентальный имплантат : №2013121854/14 : заявл. 14.05.2013 : опубл. 27.09.2014 / Арутюнов С. Д., Степанов А. Г., **Апресян С. В.**, Абакарова Д. С., Зязиков М. Д. – 6 с.