

**ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ  
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
«ВОРОНЕЖСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ МЕДИЦИНСКИЙ  
УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ Н.Н. БУРДЕНКО»  
МИНИСТЕРСТВА ЗДРАВООХРАНЕНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**

*На правах рукописи*

**БАРАНОВ ИЛЬЯ АЛЬБЕРТОВИЧ**

**ВОЗМОЖНОСТИ КОНУСНО-ЛУЧЕВОЙ КОМПЬЮТЕРНОЙ  
ТОМОГРАФИИ В ДИАГНОСТИКЕ ХРОНИЧЕСКОГО ПАРОДОНТИТА**

3.1.25. Лучевая диагностика (медицинские науки)

**ДИССЕРТАЦИЯ**

на соискание ученой степени  
кандидата медицинских наук

**Научный руководитель:**  
доктор медицинских наук, доцент  
**Титова Лилия Александровна**

**Воронеж – 2026 г.**

## ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	4
ГЛАВА 1. СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ ВОПРОСА В ЛУЧЕВОЙ ДИАГНОСТИКЕ ХРОНИЧЕСКОГО ПАРОДОНТИТА (ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ). .....	12
1.1. Современные представления об определении и эпидемиологии хронического пародонтита.....	12
1.2. Методы оценки степени тяжести хронического пародонтита .....	13
1.3. Методы диагностики хронического пародонтита .....	21
1.4. Сравнительная характеристика методов оценки тканей пародонта.....	26
ГЛАВА 2. МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ .....	33
2.1. Общая характеристика исследования .....	33
2.2. Методы обследования.....	36
2.3. Методы разработки программного обеспечения.....	47
2.4. Статистические методы оценки результатов .....	48
ГЛАВА 3. СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ РЕЗУЛЬТАТОВ КОНУСНО-ЛУЧЕВОЙ КОМПЬЮТЕРНОЙ ТОМОГРАФИИ С РЕЗУЛЬТАТАМИ КЛИНИКО-ИНСТРУМЕНТАЛЬНОГО ОБСЛЕДОВАНИЯ.....	50
3.1. Ретроспективный анализ историй болезни пациентов с хроническим пародонтитом.....	50
3.2. Результаты ретроспективного сравнительного анализа изучаемых признаков хронического пародонтита.....	52
3.3. Результаты обследования пациентов с хроническим пародонтитом .....	57
3.4. Стадирование степени тяжести хронического пародонтита по данным клинико-лучевых методов исследования .....	80
3.5. Клинический пример стадирования степени тяжести хронического пародонтита.....	83
ГЛАВА 4. ВОЗМОЖНОСТИ СПЕЦИАЛЬНОГО ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ПРИ ДИАГНОСТИКЕ ХРОНИЧЕСКОГО ПАРОДОНТИТА ..	90

ОБСУЖДЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ И ЗАКЛЮЧЕНИЕ .....	95
ВЫВОДЫ .....	107
ПРАКТИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ .....	108
ПЕРСПЕКТИВЫ ДАЛЬНЕЙШЕЙ РАЗРАБОТКИ ТЕМЫ .....	109
СПИСОК УСЛОВНЫХ СОКРАЩЕНИЙ.....	110
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ.....	111

## ВВЕДЕНИЕ

### Актуальность темы исследования

Хронический пародонтит – широко распространенное воспалительное заболевание тканей пародонта с прогрессирующим разрушением альвеолярной кости [107, 124, 133]. Данное заболевание связано со сложными динамическими процессами взаимодействия между специфическими бактериальными патогенами, деструктивными иммунными реакциями организма и факторами окружающей среды. Все это приводит к образованию зубной биопленки [36, 37, 137]. К признакам данного заболевания относятся кровоточивость, воспаление десен, резорбция альвеолярной кости с образованием костных карманов и, как следствие, подвижность зубов [70, 108].

По данным Всемирной организации здравоохранения, заболевания тканей пародонта (включая пародонтит) встречаются у значительной части взрослого населения, по разным оценкам поражая от 50 % до 100 % у пожилых людей, при этом распространенность тяжелых форм хронического пародонтита может достигать 12 % [26, 33, 36, 67].

Данное заболевание часто выявляют в запущенной форме, так как традиционные методы диагностики не всегда точно обнаруживают болезнь на ранней стадии [133]. Классическая рентгенография недостоверно отражает размер внутрикостных дефектов, а пародонтальное зондирование может быть субъективно. Ряд исследователей отмечают сложности в оценке сложных костных дефектов, присущие зондированию и внутриоральной рентгенография, что требует поиска трехмерных методов диагностики [22, 41, 43, 115].

Существующие варианты классификации хронического пародонтита определяют тяжесть заболевания, на основании глубины десневых карманов, уровня резорбции костной ткани и числа утраченных зубов [18, 34, 133]. Современный подход к диагностике требует сопоставлять клинические проявления с данными, полученными при лучевом обследовании и анамнезом. Важно учесть недостатки ряда критериев, которые могут отражать активность патологического

процесса, например рентгенография показывает резорбцию костной ткани только при потере ее в большом объеме.

В последние годы в стоматологии активно используется конусно-лучевая компьютерная томография (КЛКТ). Данный метод позволяет получать трехмерные изображения зубочелюстной системы с высоким разрешением, точно определяющие наличие дефектов в костной ткани, неопределяемые при обычных рентгенологических методах [102, 136].

Использование КЛКТ в диагностике хронического пародонтита может повысить точность диагностики ранних проявлений заболевания. Множественные исследования указывают на возможности конусно-лучевой компьютерной томографии в определении дефектов костной ткани и точно измерять уровень убыли пародонта, что важно для выбора тактики лечения [52, 71, 85, 157]. Отсутствие широкого внедрения трехмерных методов визуализации в повседневную практику пародонтологии часто связывают с необходимостью специальных знаний в интерпретации томограмм и соблюдения критериев показаний [80, 113]. Учитывая роль хронического пародонтита в потере зубов и его распространенность, тема использования КЛКТ в пародонтологии является актуальной. Она требует изучения возможностей метода в определении степени тяжести хронического пародонтита, а также его преимуществ и ограничений. Кроме того, современные технологии в области медицинской визуализации и обработки данных открывают широкие возможности для повышения точности диагностики и персонализации лечения. В условиях стремительного роста объемов медицинской информации особенно актуальной становится разработка специализированного программного обеспечения (ПО), способного автоматизировать обработку и интерпретацию диагностических данных. В стоматологии и пародонтологии внедрение такого ПО может быть ориентировано на анализ данных конусно-лучевой компьютерной томографии и одонтопародонтограммы, что позволяет существенно упростить и ускорить постановку диагноза, минимизировать влияние человеческого фактора и повысить достоверность оценки степени тяжести хронического пародонтита.

## **Цель работы**

Определить возможности конусно-лучевой компьютерной томографии в комплексной диагностике хронического пародонтита с применением специального программного обеспечения.

## **Задачи исследования**

1. Разработать новую методику оценки резорбции тканей пародонта по данным конусно-лучевой компьютерной томографии.
2. Определить новые критерии для постановки степени тяжести хронического пародонтита на основании данных новой методики.
3. Провести сравнительный анализ диагностической эффективности конусно-лучевой компьютерной томографии и данных зондирования пародонта.
4. Разработать программное обеспечение, позволяющее провести автоматическую обработку результатов новой методики с определением степени тяжести и автоматизированным анализом одонтопародонтограммы пациента.

## **Научная новизна**

По результатам диссертационного исследования впервые:

1. Разработана новая методика оценки резорбции пародонта по данным конусно-лучевой компьютерной томографии (патент RU2778598C1).
2. Определены новые критерии постановки степени тяжести хронического пародонтита (патент RU2819658C1).
3. Уточнены возможности конусно-лучевой компьютерной томографии в диагностике хронического пародонтита с последующим анализом эффективности лучевых и инструментальных методов диагностики пародонтита.
4. Разработано новое программное обеспечение для автоматизированного анализа одонтопародонтограммы пациента (свидетельство о государственной регистрации программы ЭВМ №2024619312).

## **Теоретическая и практическая значимость работы**

Комплексное обследование пациентов с различной степенью тяжести хронического пародонтита показало высокую информативность метода конусно-лучевой компьютерной томографии при определении объема резорбции пародонта, установлении степени тяжести хронического пародонтита и контроле лечения этого заболевания.

Полученные результаты позволяют рекомендовать метод конусно-лучевой компьютерной томографии в качестве основного метода диагностики у пациентов с хроническим пародонтитом.

## **Методология и методы исследования**

Диссертационное исследование выполнено в два этапа.

Первый этап исследования представлял собой одноцентровое ретроспективное аналитическое исследование по изучению возможных различий в результатах лучевого и клинического обследований у пациентов с хроническим пародонтитом. На данном этапе были проанализированы данные 100 историй болезни пациентов с диагнозом «хронический пародонтит», проходивших лечение в стоматологическом отделении №1 стоматологической клиники ФГБОУ ВО «ВГМУ им. Н.Н. Бурденко» Минздрава России в период за 2022–2023 год. Кроме того, была проведена систематизация научной литературы по теме исследования. Всего был проанализирован 162 литературных источника, из которых 48 принадлежали отечественным авторам, а 114 – зарубежным.

Второй этап представлял собой проспективное, когортное исследование, в рамках которого осуществлялось комплексное обследование пациентов, включавшее клинико-инструментальные методы (в том числе зондирование пародонта) и лучевые методы (цифровая панорамная томография и конусно-лучевая компьютерная томография). Диагностический этап исследования был одобрен этическим комитетом ФГБОУ ВО «ВГМУ им. Н.Н. Бурденко» Минздрава России (протокол № 3 от 30.05.2023).

Целью этапа было сравнительное изучение диагностической информативности указанных методов. В процессе работы была разработана и внедрена новая методика количественной оценки объема резорбции пародонта на основе данных КЛКТ. По завершении обследования и внедрения новой методики был проведен статистический анализ собранных данных. На основании полученных результатов предложены уточненные критерии стадирования хронического пародонтита по степени тяжести. Заключительной частью второго этапа исследования стала разработка нового программного обеспечения для автоматизированного анализа одонтопародонтограммы пациента, обеспечивающего комплексное применение результатов клинико-инструментального и лучевого методов обследования.

### **Основные положения, выносимые на защиту**

1. Разработана методика количественной оценки резорбции пародонта, основанная на данных конусно-лучевой компьютерной томографии, обеспечивающая более точное и объективное выявление деструктивных изменений тканей пародонта.

2. На основании разработанной методики предложены объективные критерии определения степени тяжести хронического пародонтита, которые обеспечивают повышение точности стадирования и стандартизацию диагностических подходов.

3. Диагностическая эффективность КЛКТ достоверно превосходит традиционное зондирование благодаря более высокой точности, воспроизводимости и визуализации патологических изменений, особенно на ранних и скрытых стадиях заболевания.

4. Разработанное программное обеспечение для автоматизированного анализа одонтопародонтограммы позволяет в автоматическом режиме рассчитывать объем резорбции пародонта и определять степень тяжести

заболевания, тем самым повышая диагностическую эффективность и снижая трудозатраты специалистов.

### **Соответствие диссертации паспорту научной специальности**

Цель, задачи, методы и методики, а также научные положения исследования соответствуют паспорту специальности 3.1.25. Лучевая диагностика (медицинские науки).

### **Степень достоверности полученных данных**

Достоверность результатов исследования подтверждается значительным и репрезентативным объемом выборки пациентов, которые прошли обследование ( $n = 81$ ), использованием современных методов диагностики (КЛКТ), а также применением современных методов математической статистики для обработки полученных данных.

### **Апробация работы**

Заслушивание диссертационной работы состоялось на межкафедральном заседании кафедры инструментальной диагностики и кафедры терапевтической стоматологии ФГБОУ ВО ВГМУ им. Н. Н. Бурденко Минздрава России 20.01.2026 года, протокол № 6.

### **Основные результаты и положения проведенного исследования были представлены и обсуждены на следующих научных конференциях:**

1. Межрегиональная научно-практическая конференция «Клинико-междисциплинарный подход в решении стоматологических проблем у пациентов с соматическими заболеваниями» (Воронеж, 2022);
2. XVIII международная Бурденковская научная конференция (Воронеж, 2022);

3. XIV Международный конгресс «Невский радиологический форум-2023» (Санкт-Петербург, 2023);

4. 107 Конгресс Российского Общества Рентгенологов и Радиологов (Санкт-Петербург, 2023);

5. XV Международный конгресс «Невский радиологический форум-2024» (Санкт-Петербург, 2024).

### **Внедрение результатов исследования в практическую деятельность**

Результаты исследования внедрены в практическую деятельность стоматологической клиники ФГБОУ ВО «ВГМУ им. Н.Н. Бурденко» Минздрава России, а также в программы специалитета по специальности 31.05.03 «Стоматология». Кроме того, результаты исследования используются в программах последиplomной подготовки клинических ординаторов и врачей-слушателей по специальности 31.08.09 «Рентгенология» на базе кафедры инструментальной диагностики ФГБОУ ВО «ВГМУ им. Н.Н. Бурденко» Минздрава России.

### **Публикации**

По теме диссертационного исследования написаны и опубликованы 6 научных работ (полнотекстовых статей – 3, тезисов – 3). Из них 3 статьи опубликованы в журналах, входящих в перечень изданий ВАК Минобрнауки России.

Разработаны и получены 2 патента на изобретение: RU2778598C1 – «Способ определения объема атрофии пародонта», RU2819658C1 – «Способ определения степени тяжести хронического пародонтита».

Также получено 1 свидетельство о государственной регистрации программы ЭВМ: №2024619312 – «Автоматизированный анализ одонтопародонтограммы пациента».

## **Личный вклад диссертанта**

Тема и план диссертации, а также ее основные идеи и содержание были разработаны совместно с научным руководителем. Диссертант самостоятельно обосновал актуальность темы диссертации, поставил цели и задачи исследования, разработал индивидуальную карту обследования пациентов. Автор провел полный детальный анализ литературных источников по изучаемой теме отечественных и зарубежных авторов. Самостоятельно провел подбор и обследование пациентов методом цифровой панорамной томографии и конусно-лучевой компьютерной томографии, принимал участие в клинико-инструментальном обследовании пациентов врачом-стоматологом. Автор самостоятельно выполнил статистическую обработку и анализ полученных результатов.

## **Структура и объем диссертации**

Диссертационная работа изложена на 131 странице компьютерно-печатного текста и состоит из следующих частей:

- введение;
- четыре главы, включающие обзор литературы, материалы и методы, результаты собственного исследования;
- обсуждение результатов и заключение;
- выводы;
- практические рекомендации;
- перспективы дальнейшей разработки темы;
- список условных сокращений;
- список использованной литературы.

Работа проиллюстрирована 32 рисунками и документирована 11 таблицами. В список литературы, используемый для написания диссертационного исследования, включен 162 источника, из которых 48 принадлежат отечественным авторам, а 114 – зарубежным.

# ГЛАВА 1. СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ ВОПРОСА В ЛУЧЕВОЙ ДИАГНОСТИКЕ ХРОНИЧЕСКОГО ПАРОДОНТИТА (ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ)

## 1.1. Современные представления об определении и эпидемиологии хронического пародонтита

Заболевания пародонта включают множество различных патологических состояний, которые поражают ткани пародонта, такие как: десна, периодонтальная связка, цемент корня и альвеолярная костная ткань. Некоторые из этих тканей являются мягкими (десна, периодонтальная связка), тогда как другие являются твердыми тканями (корневой цемент и альвеолярная кость) [36, 37, 46, 47].

Хронический пародонтит – это хроническое воспаление, которое поражает твердые ткани пародонта [107, 124, 133]. Исследователи считают, что его развитие связано со сложными процессами взаимодействия между специфическими бактериальными патогенами, курением и другими факторами окружающей среды, а также с деструктивными иммунными реакциями в организме человека [37, 137]. Это многофакторное воспалительное заболевание, связанное с образованием зубного налета (или биопленки на зубах). При хроническом пародонтите постепенно разрушается аппарат, который поддерживает зубы, включая периодонтальную связку и альвеолярную кость [36, 37, 125, 133, 137]. Для этого заболевания характерны такие общие симптомы, как кровоточивость десен, их воспаление, уменьшение уровня костной ткани и разрушение ее кортикальных пластинок определяемых при рентгенологическом обследовании, образование глубоких зубодесневых карманов, патологическая подвижность зубов и потеря некоторых из них [70, 108].

Поскольку данное заболевание крайне отрицательно влияет на жевательную функцию и эстетику, оно потенциально может привести к потере зубов и инвалидности [123, 133]. Хронический пародонтит является источником социального неравенства и значительно ухудшает качество жизни пациента. Это заболевание часто становится причиной потери зубов и нарушения жевательной

функции. А потеря зубов и проблемы с жеванием, в свою очередь, негативно влияют на общее состояние здоровья человека и становятся причиной значительных затрат на стоматологические услуги [36, 131, 146].

Известно, что хронический пародонтит является серьезной проблемой общественного здравоохранения из-за его высокой распространенности. Согласно ряду исследований можно сделать вывод, что хронический пародонтит является наиболее распространенным хроническим воспалительным неинфекционным заболеванием человека. В исследовании Global Burden of Disease 2015 распространенность тяжелого пародонтита оценивалась в 7,4 %, в то время как распространенность более легких форм пародонтита может достигать 50 % [67, 98 105]. Ряд авторов согласны с оценками Кассебаума и Билингса, в которых во всем мире около 11 % населения мира может иметь тяжелый пародонтит, от которого страдают 743 миллиона человек [83, 88].

Распространение хронического пародонтита является важной проблемой и для России. Согласно отечественным исследованиям, здоровый пародонт встречается только у 10-12 % населения России [26, 40]. Российские авторы считают, что распространенность хронического пародонтита в России с возрастом стремится к 100 %, при этом распространенность тяжелых форм пародонтита может достигать 12 % [24, 26, 33, 36].

## **1.2. Методы оценки степени тяжести хронического пародонтита**

Прогрессирование хронического пародонтита сопровождается потерей поддержки ткани пародонта, что обычно оценивается с помощью определения степени убыли тканей пародонта на рентгенологических методах исследования или потери клинического прикрепления, измеряемой с помощью зондирования. К другим значимым характеристикам пародонтита можно отнести: количество и пропорции зубов с глубиной кармана при зондировании, превышающей определенные пороговые значения; количество зубов, утраченных из-за

периодонтита; количество зубов с внутрикостными поражениями и количество зубов с поражениями фуркаций [18, 47, 133].

Каждый отдельный случай хронического пародонтита следует дополнительно охарактеризовать с помощью матрицы, описывающей стадию и степень заболевания. Стадия во многом зависит от тяжести заболевания при поступлении, а также от ожидаемой сложности ведения случая и, кроме того, включает описание распространенности заболевания в зубочелюстной системе. Матрица предоставляет дополнительную информацию о биологических особенностях заболевания, включая анализ скорости прогрессирования пародонтита на основе анамнеза; оценку риска дальнейшего прогрессирования; анализ возможных неблагоприятных исходов лечения и оценку риска того, что заболевание или его лечение могут негативно повлиять на общее состояние здоровья пациента. Стадирование, которое зависит от степени тяжести заболевания и ожидаемой сложности ведения случая, должно быть основой для плана лечения пациента, основанного на научных доказательствах различных терапевтических вмешательств. Однако степень тяжести, поскольку она предоставляет дополнительную информацию о факторах риска для пациента и скорости прогрессирования заболевания, должна быть основой для индивидуального планирования лечения [10, 18, 133, 147, 149].

В клинических рекомендациях по лечению пародонтита EFP S3 [133] глубина зондирования пародонта и потеря костной массы используются для определения степени тяжести хронического пародонтита. При этом зондирование производится по стандартной технике для данного заболевания.

Определение потери костной массы происходит с помощью внутриротовой рентгенографии. Выполняют серию снимков для полного исследования полости рта, чтобы определить место наибольшей потери альвеолярной кости. Используя значок линейки в программном обеспечении, измеряют расстояние от цементно-эмалевого соединения до вершины корня в месте наибольшей потери костной ткани. Затем измеряется текущий уровень костной ткани в этом месте (высота кости до вершины корня). Далее вычитается текущий уровень костной ткани из

числа уровня здоровой костной ткани, в результате вычисляется уровень потери кости. Как только будет получен показатель потери костной ткани, его необходимо разделить на показатель уровня здоровой костной ткани, а затем умножить на 100. В результате будет получен процент потери костной массы для определения степени тяжести хронического пародонтита. При этом стадия I имеет потерю костной массы < 15 %, стадия II от 15 % до 33 %, стадия III и IV > 33 % [69, 149].

Данные клинические рекомендации направлены на то, чтобы связать классификацию заболеваний с подходами к профилактике и лечению, поскольку они описывают не только тяжесть и степень заболевания, но также степень сложности и индивидуальный риск [133]. Однако методы, которые используются для определения степени тяжести хронического пародонтита, имеют недостатки. Клиническое зондирование все еще уступает рентгеновскому методу диагностики при оценке состояния тканей пародонта [52, 71, 93, 110], а предлагаемый метод рентгенологической оценки хоть и позволяет оценить убыль костной массы, не отображает изменения вокруг всего зуба из-за эффекта суммации. Кроме того, за счет большого количества выполняемых рентгенограмм данный метод несет относительно высокую лучевую нагрузку на пациента [74, 94].

В соответствии с клиническими рекомендациями Стоматологической Ассоциации России [18] степень тяжести хронического пародонтита в основном определяется тремя основными симптомами: глубиной пародонтального кармана, степенью резорбции костной ткани и, как следствие, патологической подвижностью зубов. Эти признаки являются ключевыми при постановке диагноза и разработке плана лечения.

Для определения степени тяжести стоматологи опираются на данные клинического зондирования и дополнительных методов обследования, таких как рентгенография.

На основании этих данных выделяют несколько степеней тяжести хронического пародонтита:

Степень I (легкая) – резорбция верхушек межзубных перегородок до 1/3 длины корней.

Степень II (средняя) – резорбция верхушек межзубных перегородок до 1/2 длины корней.

Степень III (тяжелая) – резорбция верхушек межзубных перегородок достигает 2/3 длины корней.

Несмотря на изобилие различных схем классификации, с данным стадированием согласны и активно его применяют многие авторы [9, 11, 41, 44, 46, 48].

Есть и более подробные классификации, которые учитывают количество зубов, потерянных из-за прогрессирования пародонтита, то есть степень вторичной адентии. Например, Рogaцкий Д.В. [34] предлагает классификацию, в которой выделяют четыре степени тяжести пародонтита:

- первая степень (I) – начальный пародонтит (легкой степени), ставится в том случае, если уровень кости определяется в пределах корональной трети корня с минимальной потерей костной ткани;

- вторая степень (II) – умеренный пародонтит (средней степени), ставится, когда уровень кости определяется на уровне корональной и средней трети корня;

- третья степень (III) – тяжелый пародонтит с риском дальнейшей потери зубов, соответствует состоянию при утрате до четырех зубов с потерей кости от середины до апикальной трети корня;

- четвертая степень (IV) – тяжелый пародонтит с риском потери всех зубов. При этой степени тяжести утрачено более четырех зубов с потерей кости от середины до апикальной трети корня.

Данный вариант классификации распространен и часто приводится различными авторами, как отечественными, так и зарубежными [12, 14, 34, 124]. Хотя эта классификация и рекомендуется к использованию, определение степени тяжести по результатам лучевого обследования носит субъективный характер. Эта субъективность заключается в определении убыли альвеолярной кости по третям «на глаз», т.е. отсутствуют точные индексы, которые могли бы отражать точный объем убыли тканей пародонта.

В рекомендациях СТАР также отмечена необходимость заполнить одонтопародонтограмму по В.Ю. Курляндскому, руководствуясь результатами клинических и дополнительных методов обследования. Одонтопародонтограмма позволяет наглядно оценить состояние каждого квадранта и зубного ряда в целом. Данный метод отражает состояние опорного аппарата и антагонизирующих соотношений зубных рядов, а также позволяет определить функциональное состояние зубочелюстной системы в целом. Помимо всего прочего одонтопародонтограмма позволяет оценить силовые возможности опорно-удерживающего аппарата зубов для планирования дентальной имплантации и подбора необходимых имплантов [1, 18, 20].

В.Ю. Курляндский установил, что при нормальном функционировании опорно-удерживающий аппарат зубов и вся зубочелюстная система в целом работают на 50 % своей мощности, а остальные 50 % остаются в резерве. Если резорбция костной ткани лунки зуба составляет  $1/4$ , то резерв составляет 25 %, то есть состояние пародонта считается компенсированным. При резорбции костной ткани лунки зуба на  $1/2$  резерв отсутствует, и состояние пародонта является субкомпенсированным. Если же резорбция достигает  $3/4$  и более, то состояние пародонта определяется как декомпенсированное [16, 20].

Одонтопародонтограмма – это таблица, в которую вносят показатели состояния пародонта в норме и при его резорбции. Чтобы заполнить таблицу, нужно провести зондирование глубины костного кармана с мезиальной, дистальной, вестибулярной и оральной поверхностей. При этом функциональное состояние конкретного зуба оценивают в зависимости от степени атрофии альвеолярной кости по отношению к длине корня.

Если резорбция альвеолярной кости составляет  $1/4$  или 25 %, то определяют легкую степень пародонтита. Если резорбция достигает  $1/2$  или 50 % – среднюю степень,  $3/4$  или 75 % – тяжелую степень, более  $3/4$  или 75 % – очень тяжелую степень [16, 20].

Использование одонтопародонтограммы хоть и позволяет получить наглядную картину состояния зубных рядов, но тем не менее этот способ имеет

существенные недостатки, связанные субъективностью зондирования и внутриротовой рентгенографии, а также указанными индексами степени тяжести хронического пародонтита, особенно это касается очень тяжелой степени, при которой показатель атрофии пародонта обозначен как  $> 3/4$  или 75 %.

Резюмируя вышесказанное, можно сделать вывод, что клинические рекомендации EFP и СтАР имеют недостатки, которые затрудняют точную диагностику хронического пародонтита и его стадирование. Стоит также отметить, что клинические рекомендации СтАР не включены в рубрикатор клинических рекомендаций Министерства здравоохранения Российской Федерации [35]. Для современного же использования одонтопародонтограммы требуется пересмотреть индексы оценки степени тяжести и методы, с помощью которых они могут быть определены. При этом можно отметить, что некоторые авторы уже стали использовать данные КЛКТ при заполнении одонтопародонтограммы [15].

К настоящему времени различные специалисты в области пародонтологии описали и продолжают описывать как новые способы для оценки резорбции альвеолярной кости при хроническом пародонтите, так и новые способы его классификации, основанные на этих способах [42].

Известен способ определения жевательной эффективности пародонта зубов [27]. Пациенту с дефектом целостности зубной дуги выполняют рентгенологическое обследование. Авторы определили значение «С» как показатель атрофии опорных тканей пародонта и предложили формулу для расчета:  $C=100-(L1 \times 100)/L$ . В соответствии с предлагаемой методикой, если величина резорбции опорных тканей пародонта («С») в области опорных зубов составляет менее 25 %, это свидетельствует о достаточной площади функционирующего (работающего) пародонта, что позволяет сохранять стабильность и устойчивость зубов при последующем протезировании. Напротив, при резорбции опорных тканей свыше 25 % происходит уменьшение площади работающего пародонта более чем на 55 %, что существенно повышает риск перегрузки и развития осложнений со стороны пародонта, особенно в условиях функциональной нагрузки при использовании ортопедических конструкций.

Применение данного подхода позволяет более точно оценивать функциональные возможности пародонта опорных зубов и снижать вероятность неблагоприятных исходов при проведении протезирования.

Однако, несмотря на очевидные преимущества, метод имеет ряд существенных ограничений. Одним из ключевых недостатков является то, что измерения производятся только в одной проекции, в результате чего определяется лишь одна эффективная длина. Это ограничивает точность оценки и не позволяет в полной мере отразить объемную (трехмерную) картину резорбции костной ткани пародонта. В связи с этим метод не обеспечивает достоверного количественного анализа степени резорбции и не может служить достаточным инструментом для стадирования хронического пародонтита. Еще одним ограничением является использование рентгеновской компьютерной томографии с относительно высокой лучевой нагрузкой, что требует взвешенного подхода к применению метода, особенно у пациентов с противопоказаниями к дополнительному облучению.

Фадеев Р.А. и соавторы предложили оригинальный метод количественной оценки резорбции костной ткани пародонта, используемый в процессе ортодонтического лечения [29]. Основой данного подхода является использование конусно-лучевой компьютерной томографии для проведения комплексного лучевого обследования зубных рядов до начала ортодонтического вмешательства и после его завершения. Методика предусматривает многоплоскостной анализ изменений костной ткани, позволяющий оценить резорбцию в различных анатомических направлениях. На первом этапе исследования авторы определяли анатомическую шейку зуба и длину его корня с использованием геометрических построений на КЛКТ-изображениях. Далее проводились измерения толщины костной ткани в области каждого изучаемого зуба. Суммарные значения толщины костной ткани, полученные до и после лечения, использовались для количественной оценки степени резорбции. Оценка динамики резорбции костной ткани осуществлялась путем расчета процентного изменения по отношению к исходным данным. За 100 % принималась суммарная толщина костной ткани пародонта до начала лечения. После окончания ортодонтического лечения

вычислялось процентное значение остаточной толщины костной ткани, что позволяло определить степень ее потери. В зависимости от полученных значений предлагалась следующая классификация: уровень резорбции от 0 % до 10 % расценивался как физиологическая норма; от 10 % до 30 % – первая степень резорбции; от 30 % до 50 % – вторая степень; при снижении толщины костной ткани на 50 % и более диагностировалась третья степень резорбции.

Данный метод является многообещающим вариантом оценки альвеолярной костной ткани при хроническом пародонтите за счет использования КЛКТ и наблюдения за пациентами в динамике, тем не менее он весьма сложен для проведения и не применим для пациента, который только обратился за медицинской помощью.

В дальнейшей разработке темы Фадеев Р.А. с авторами [30] представили способ определения степени корневой резорбции, который позволяет количественно интерпретировать динамику корневой резорбции за счет методов количественной оценки степени резорбции как отдельно взятого зуба, так и жевательного аппарата в целом.

Иванов А.С. и соавторы [28] разработали способ определения степени тяжести пародонтита, основанный на детальной оценке глубины патологических пародонтальных карманов. В рамках методики измерения проводятся с использованием стоматологического пародонтометра по четырем поверхностям каждого зуба: вестибулярной, оральной, мезиальной и дистальной. Исследователь инструментально определяет максимальную глубину пародонтального кармана для каждой из этих проекций. Пародонтометр вводится в карман с отклонением под острым углом к продольной оси зуба, что обеспечивает более точный контакт с его стенкой. После первичного измерения инструмент извлекается и повторно вводится в тот же карман, смещаясь от предыдущей точки введения на ширину своей рабочей части. Такой пошаговый подход позволяет тщательно обследовать всю протяженность пародонтального кармана и выявить его наиболее глубокие участки. Процедура повторяется на всех поверхностях каждого зуба до полного

охвата всех зон поражения. В результате для каждой поверхности фиксируется максимальное значение глубины пародонтального кармана.

Если максимальная глубина патологического пародонтального кармана составляет менее 4 мм, диагностируется легкая степень пародонтита (I). При глубине от 4 до 5,9 мм определяется пародонтит средней степени тяжести (II), а при показателях 6 мм и более – тяжелая степень пародонтита (III). Такой подход позволяет повысить объективность в определении стадии заболевания, а также обеспечить стандартизированную количественную оценку глубины поражения.

Данный способ трудновыполним из-за невозможности провести зондирование со всех четырех сторон зуба в ряде ситуаций, в следствии чего должен подбираться в каждом случае индивидуально. Кроме того, сохраняется риск получения неверных результатов измерений глубины пародонтального кармана как в большую, так и в меньшую сторону, за счет отека слизистой оболочки и образования ложных десневых карманов.

Описанные способы оценки резорбции альвеолярной кости, а также новые способы классификации хронического пародонтита, основанные на этих способах, хоть и являются интересными научными разработками, но все же не лишены недостатков.

### **1.3. Методы диагностики хронического пародонтита**

Диагностика хронического пародонтита основана на комплексном анализе данных анамнеза, клинического осмотра и инструментальных методов обследования, ключевыми из которых являются пародонтологическое зондирование и рентгенологические методы [18, 59, 133].

Пародонтологический зонд продолжает оставаться основным инструментом для диагностики состояния тканей пародонта [18, 55, 133]. Зондирование пародонта с помощью пародонтального зонда – это ключевой этап клинического обследования, который позволяет поставить пародонтологический диагноз [148, 149]. Однако точное и воспроизводимое клиническое зондирование пародонта

сложно выполнить, что увеличивает вероятность ошибок измерения зондирования. Вариативность в опыте врача-клинициста, силе зондирования, степени воспаления десны, анатомии корня зуба, глубине зондирования, расположении участка пародонта, углах поддесневого введения зонда, диаметре кончика зонда, миллиметровой маркировке зонда, визуальном считывании маркировки зонда, округлении измерений зонда, сотрудничестве с пациентом, размере поддесневого камня и ошибках записи транскрипции, наличия реставрации зубов могут способствовать ошибкам в измерении глубины пародонтального кармана [71, 78, 79, 85]. В результате возникающие ошибки могут повлиять на принятие клинических решений, особенно во время длительного динамического мониторинга состояния пародонта.

На основании приведенных выше недостатков клинического зондирования можно заключить, что для точной диагностики хронического пародонтита и определения степени тяжести данного заболевания недостаточно только клинико-инструментального обследования с использованием пародонтологического зонда.

Рентгенологические методы диагностики являются неотъемлемой частью, необходимой для диагностики хронического пародонтита и определения его тяжести [18, 38, 133, 149]. Для этой цели используется ряд обычных (двумерных) рентгенографических методов, наиболее распространенными из которых являются периапикальная рентгенография, интерпроксимальная рентгенография по Рапперу и панорамная томография [56, 61]. Периапикальные рентгенограммы позволяют определить наличие резорбции костной ткани, а интерпроксимальные рентгенограммы дают наиболее полное представление о состоянии краевых отделов альвеолярных отростков верхней и нижней челюсти [76, 120, 129]. Также используются панорамные томограммы для изучения больших областей, отражая патологические изменения пародонта во всех квадрантах челюстей [145].

Двумерные методы лучевой диагностики имеют ряд недостатков, к которым можно отнести невозможность измерить резорбцию костной ткани со всех поверхностей зуба. Эти методы позволяют оценить состояние пародонта только мезиального и дистального отделов, поэтому точно определить степень резорбции

костной ткани довольно сложно. К тому же из-за эффекта суммации, то есть наложения структур друг на друга и погрешностей в измерениях, полностью отразить трехмерную анатомию альвеолярной кости невозможно [43, 115, 129, 162]. Стоит отметить, что и панорамная томограмма имеет такие недостатки, как искажение изображения и размытие анатомических структур из-за технических особенностей получения изображения [145].

Активное использование классических рентгенографических методов оценки зубоальвеолярных структур привело к развитию новых методов, таких как радиовизиография, которая позволила изменять уровни контраста и плотности с помощью специализированного программного обеспечения. Кроме того, для повышения чувствительности цифровых датчиков требуется меньшая доза излучения, чем для обычных пленок. Тем не менее цифровые рентгенограммы также не преодолевают определенные ограничения традиционных методов двумерной визуализации, такие как риск переоценки или недооценки степени резорбции альвеолярной кости [18, 41, 132].

Таким образом, чтобы выявить костные карманы, разрушение костной ткани в области разветвлений зубных корней (фуркаций) и уменьшение объема альвеолярной кости с язычной и щечной сторон, необходимо использовать трехмерные методы визуализации [63, 77, 115, 150].

В последние десятилетия для исследования челюстно-лицевой области все чаще применяют конусно-лучевую компьютерную томографию (КЛКТ) [102, 136]. Этот метод рентгеновской диагностики относительно новый, его разработка пришлась на конец 1990-х годов. Появление специализированных зубочелюстно-лицевых КТ-сканеров вызвало большой интерес к этому методу в клинической стоматологии [136].

Компьютерную томографию (КТ) можно разделить на две группы в зависимости от геометрии рентгеновского луча: КТ с веерным пучком и КТ с конусным пучком [57].

В методе КЛКТ конусообразный рентгеновский пучок вращается вокруг головы пациента и собирает базовые изображения, используемые для построения

трехмерных объемных данных, на основе которых могут быть созданы многоплоскостные (аксиальные, сагиттальные, корональные и поперечные) реконструкции [41, 100, 115].

Размер вокселя влияет на качество КЛКТ-изображения, а альвеолярные дефекты можно оценить с максимальной точностью, когда используются воксели небольшого размера [97]. Точно так же точность измерения высоты альвеолярной кости обратно пропорциональна размерам вокселей оцениваемых изображений КЛКТ [58].

В конусно-лучевой компьютерной томографии используется один относительно недорогой детектор излучения с плоской панелью или усилителем изображения. Получение КЛКТ-изображений происходит за счет использования вращающейся платформы, на которой закреплены источник и детектор рентгеновского излучения. При вращении источника и детектора рентгеновского излучения вокруг объекта (пациента), они создают серию последовательных и плоских изображений, реконструированных математическим способом в объемный набор данных. Всего одной последовательности вращения достаточно для получения нужного количества данных для построения объемного изображения [53]. Все сканирование целевой области выполняется за один оборот, что значительно снижает лучевую нагрузку. Кроме того, экспозиция снижается на 50 %, если выполняется сканирование на  $180^\circ$  вместо  $360^\circ$  [23].

**Преимущества КЛКТ.** Сканеры КЛКТ используют двумерные плоскопанельные детекторы, которые обеспечивают сканирование всей интересующей области за одно вращение, чего достаточно для получения изображений базовой проекции [99], а коллимация рентгеновского луча на интересующую область сводит к минимуму дозу облучения [74, 112, 132]. Низкая доза облучения КЛКТ позволяет применять этот метод чаще, чем обычную рентгеновскую КТ, которой требуется нескольких вращений, что влечет за собой высокие эффективные дозы облучения [49, 64, 134].

Большинство аппаратов КЛКТ предлагают различные варианты поля сканирования, имеющие различные размеры. Воксели в блоках КЛКТ изотропны,

что обеспечивает субмиллиметровое геометрическое разрешение, дающее возможность получить высокую степень точности измерения. Эта особенность способствует высокой диагностической точности изображений КЛКТ, несмотря на высокую плотность таких структур, как зубы и кости [81, 97, 101].

Все аппараты КЛКТ обеспечивают аксиальные, корональные и сагиттальные многоплоскостные реконструированные изображения без искажения размеров, а встроенное программное обеспечение (ПО) позволяет создавать панорамные изображения с помощью криволинейного плоскостного реконструирования [95, 143, 160, 161]. Многоплоскостное изображение может быть утолщено за счет увеличения количества соседних вокселей, а также возможно применение трехмерного объемного рендеринга и моделирования с использованием соответствующего программного пакета [97, 109]. Стоит отметить, что КЛКТ имеет лучшее пространственное разрешение по сравнению с рентгеновской КТ [25].

**Недостатки КЛКТ.** Конусно-лучевая компьютерная томография не позволяет получить изображение с высокой контрастностью, поэтому мягкие ткани на нем видны лишь в общих чертах, в связи с чем этот метод хорошо подходит и используется для изучения твердых тканей челюстно-лицевой области. Кроме того, из-за особенностей формы рентгеновского луча при конусно-лучевой компьютерной томографии излучение рассеивается сильнее, чем при обычной КТ [49, 87, 103, 144, 156].

На КЛКТ-изображениях часто встречаются различные артефакты, которые состоят из рентгенопрозрачных областей и рентгеноконтрастных линий [101]. Существенным ограничением визуализации на КЛКТ является наличие артефактов, то есть дефектов изображения, не связанных со сканируемым объектом, а вызванных металлическими и амальгамными реставрациями и имплантатами, а также – в меньшей степени – пломбирочным материалом корневых каналов. К таким артефактам относятся полосы вокруг плотных материалов и темные зоны, влияющие на общее качество изображения. Артефакты в виде лучей выглядят как линейные гиперденсные участки, которые исходят от

металлического объекта и могут распространяться на всю ширину поля, влияя на визуализацию областей даже на противоположной стороне изображения [73]. Артефакты, которые проявляются в виде темных участков, прилегающих к структурам высокой плотности, могут, в свою очередь, имитировать наличие патологии [13, 139, 141, 144].

**КЛКТ в стоматологии.** Конусно-лучевая компьютерная томография является ключевым инструментом для комплексной трехмерной диагностики в современной стоматологии [82, 84, 97, 155]. КЛКТ активно применяется в планировании дентальной имплантации. В хирургической практике КЛКТ незаменима для диагностики ретенированных зубов, переломов челюстей, воспалительных процессов и новообразований. В эндодонтии она позволяет выявлять сложную анатомию корневых каналов, периапикальные изменения и контролировать качество терапевтического лечения. Кроме того, в литературе есть множество исследований, посвященных применению конусно-лучевой компьютерной томографии при заболеваниях пародонта [21, 39, 44, 86, 87, 91, 119]. Однако пока нет единого мнения о том, насколько точно и эффективно КЛКТ помогает диагностировать заболевания пародонта, планировать их лечение и контролировать результаты этого лечения [80, 113].

Чтобы широко использовать КЛКТ в пародонтологии, нужно понять, какую новую информацию можно получить с ее помощью. Для этого сначала нужно сравнить разные методы оценки состояния тканей пародонта.

#### **1.4. Сравнительная характеристика методов оценки тканей пародонта**

Успех пародонтологического лечения зависит от многих факторов. Одними из важнейших факторов является точное отображение морфологии резорбции альвеолярной кости и глубина клинического зондирования для планирования лечения хронического пародонтита [18, 65, 71, 85, 133, 135].

Зондирование пародонта является клиническим методом выбора для измерения резорбции альвеолярной костной ткани. Уровень прикрепления

пародонта обеспечивает клиническую аппроксимацию прикрепления соединительной ткани к поверхности корня зуба [47, 72]. Клиническое зондирование может определить протяженность прикрепления пародонта с точностью до глубины  $\leq 0,55$  мм в сравнении с гистологическими данными [104], но при этом недооценивает общую площадь потери пародонта по поверхности корня [128]. Уровень прикрепления пародонта может быть непосредственно измерен пародонтологическим зондом от цементно-эмалевого соединения зубов [126], но чаще он рассчитывается из отдельных измерений глубины зондирования и расстояния между цементно-эмалевым соединением и десневым краем.

В своих исследованиях различные авторы полагают, что подход с использованием только клинического осмотра с зондированием имеет ряд рисков. К таким рискам можно отнести положение зубов, технику клинического зондирования, различные морфологические вариации, такие как выступы эмали шейки зуба, наличие вогнутостей корня и эмалевых отложений, а также наличие воспаления и его выраженность [52, 71, 78, 79, 85, 157]. Кроме того, остается открытым вопрос об эффективности обширных и строгих программ практического обучения клиническому зондированию для стандартизации данной манипуляции [66]. Также разные исследовательские группы провели исследования в области клинической пародонтологии, сравнивая данные обычного зондирования с цифровыми данными, полученными с помощью внутриротовой рентгенографии, и пришли к выводу, что данные рентгенографии более точны и воспроизводимы, чем данные от использования пародонтологического зонда [71, 93, 110].

В свою очередь, Alsakr с соавторами [52] определили точность и надежность КЛКТ в сравнении с клиническим зондированием, сделав вывод, что КЛКТ может использоваться в качестве важного дополнения к клиническим измерениям пародонта, добавляя полезную диагностическую информацию для оценки дефектов фуркации.

Симбалевич и соавторы [68] сравнивали зондирование пародонта и КЛКТ с точки зрения вовлечения фуркаций в отсутствие эталонного стандарта. Точно так же Darby с соавторами [75] обратили внимание на расхождения в клинических

измерениях пародонта, полученных из историй болезни пациентов, с их доступными КЛКТ-изображениями.

Исследование, опубликованное Walter с соавторами [153], выявило несоответствия между клиническими данными и данными, основанными на КЛКТ при выборе терапевтического лечения. Несовпадение было обнаружено после того, как было исследовано 59–82 % зубов, чтобы выяснить, следует рассматривать менее инвазивное или более инвазивное лечение. Они пришли к выводу, что КЛКТ предоставляет высокоинформативные данные в случаях поражения фуркаций, и, следовательно, данный метод может считаться надежным инструментом в принятии решений относительно лечения поражения фуркаций. Помимо этого Walter с соавторами в дальнейших исследованиях [154] показали, что использование КЛКТ снижает стоимость и время скрининга хронического пародонтита.

Таким образом, оценка тканей пародонта только на основании данных зондирования невозможна из-за высокого риска неверной интерпретации данных зондирования, которые не дают полного представления об объеме резорбции альвеолярной костной ткани, что, в свою очередь, отражает ведущую роль рентгенологических методик в диагностике заболеваний пародонта.

Рентгенограммы необходимы для определения степени и тяжести поражения пародонта [18, 133]. Для просмотра структур пародонта доступны внутриротовые и внеротовые методы визуализации. Наиболее часто используемый метод – это внутриротовые рентгенограммы, которые обеспечивают двухмерное изображение. Также используются внеротовые панорамные томограммы для отображения большого количества структур челюстно-лицевой области одновременно [2, 19, 30, 56, 122, 138].

Получаемая с помощью внутриротовых и внеротовых методов трехмерная информация представляется в двумерной плоскости, что приводит к потере важных диагностических деталей [22, 51]. В 2D-визуализации оценка костных кратеров, кортикальной пластинки и уровня альвеолярной кости ограничена геометрией проекции и наложением соседних анатомических структур [2, 18, 41, 132].

Было обнаружено, что по сравнению с двумерными методиками КЛКТ более эффективно справляется с оценкой структур пародонта. КЛКТ обладает лучшим потенциалом выявления дефектов альвеолярной костной ткани во всех направлениях [89, 92, 117, 116]. По сравнению с периапикальными рентгенограммами и панорамными томограммами изображения КЛКТ показали отсутствие искажений и перекрытий, а представленные размеры соответствуют реальным размерам [44, 49, 114, 162].

Alshamsi и соавторы [54] сообщили, что КЛКТ столь же точна, как и прямые измерения с использованием пародонтального зонда, и также надежна, как внутриротовые рентгенограммы для интерпроксимальных областей. Кроме того, поскольку дефекты с вестибулярной и оральной поверхностей нельзя было диагностировать с помощью внутриротовой рентгенографии, КЛКТ можно считать лучшим методом для выполнения этой задачи.

Внутрикостные дефекты являются основной причиной расшатывания и потери зубов. Многие исследователи, занимающиеся валидацией рентгенологических методов диагностики пародонта, часто упускают эту информацию из вида [58]. Конусно-лучевая компьютерная томография позволяет получить снимки с высоким разрешением, что дает возможность использовать этот метод для сбора количественных данных о состоянии альвеолярной кости и степени ее резорбции. Трехмерные изображения отлично подходят для выявления внутрикостных дефектов и оценки результатов их лечения [9, 17, 44]. Mol [118] сравнил качество изображений, полученных при помощи КЛКТ и обычной рентгенографии, а затем оценили уровень альвеолярной кости с помощью этих методов. Они обнаружили, что КЛКТ предоставляет более точную как диагностическую, так и количественную информацию об уровне альвеолярной кости во всех проекциях по сравнению с обычной рентгенографией. Авторы исследования отмечают, что точность обследования передней части челюстей ограничена при использовании обоих методов визуализации.

Balasundaram и др. [60] продемонстрировали, что изображения, получаемые с помощью КЛКТ, лучше выявляют пародонтальные дефекты в сравнении с периапикальными рентгенограммами и рентгеновской КТ.

Точность обнаружения костных дефектов или вовлечения фуркации в патологический процесс представляет собой серьезную проблему для практикующего стоматолога [121]. Более ранние исследования показали, что определение высоты альвеолярной кости и внутрикостных дефектов с помощью компьютерной томографии является достаточно точной и надежной [127, 130, 142].

Noujeim и др. [122] создали повреждения пародонта разной глубины в высушенной нижней челюсти человека и проанализировали их с помощью внутриротовой рентгенографии и КЛКТ. Было установлено, что КЛКТ гораздо точнее выявляет дефекты, чем обычная рентгенограмма. Это было подтверждено и в других исследованиях, где сообщалось о более высокой точности КЛКТ в диагностике пародонтальных дефектов, особенно в вестибуло-оральном направлении [65].

Abdinian [50] оценил точность конусно-лучевой компьютерной томографии (КЛКТ) в сравнении с интраоральной периапикальной рентгенографией для выявления дефектов альвеолярной кости. Исследователи обнаружили, что КЛКТ имеет более высокую чувствительность по сравнению с интраоральной рентгенографией.

Различные исследования *in vitro* показали эффективность КЛКТ для обнаружения и точного измерения искусственно созданных дефектов на образцах [62, 123, 151]. Umetsubo и др. изучили искусственно созданные фуркационные дефекты вторых моляров на нижней челюсти свиней с помощью КЛКТ. Точность обнаружения дефекта фуркации составила от 78 % до 88 % [150].

Leung и соавторы [111] оценили точность и надежность конусно-лучевой компьютерной томографии (КЛКТ) в диагностике естественных дефектов кости. Они сравнили результаты измерений на КЛКТ с измерениями, сделанными непосредственно на костях черепа. Оказалось, что измерения на КЛКТ были не такими точными, как прямые измерения. Однако разницу между прямыми

измерениями и результатами КЛКТ можно считать допустимой для клинической практики. Vandenberghe и др. [151, 152] опубликовали данные исследования, где были изучены тридцать костных дефектов пародонта на черепях двух взрослых людей. Уровни альвеолярной кости и дефекты на внутриротовой цифровой рентгенографии и КЛКТ оценивались и сравнивались с «золотым стандартом». Исследователи пришли к выводу, что внутриротовая рентгенография обладает значительно лучшим качеством контраста между костной тканью и очертанием кортикальной пластинки, но конусно-лучевая компьютерная томография показала себя лучше в оценке костных карманов и определении дефектов фуркаций.

Благодаря развитию современного цифрового оборудования и программного обеспечения диагностические возможности конусно-лучевой компьютерной томографии значительно возросли. В недавнем исследовании сообщалось об улучшенной количественной оценке дефектов периодонтальной кости на основе наборов данных КЛКТ с использованием нового программного обеспечения [159]. К тому же Leung с соавторами [111] сообщают, что низкая точность изображений КЛКТ при выявлении клинических дефектов кости связана с ограничениями пространственного разрешения используемого устройства КЛКТ.

Одним из немногих *in vivo* исследований, в котором проводилось сравнение высоты альвеолярной кости, измеренной по данным цифровой внутриротовой рентгенографии и конусно-лучевой компьютерной томографии, с результатами прямого хирургического зондирования пародонта, является исследование, направленное на оценку эффективности регенеративного лечения пародонта. В этом исследовании цифровые рентгенограммы и КЛКТ-томограммы были получены до первоначальной костной пластики и после шестимесячного наблюдения. Всего было проанализировано 35 внутрикостных дефектов. Результаты показали, что КЛКТ надежно выявляет резорбцию трансплантата на основе сравнения с прямыми хирургическими измерениями, что демонстрирует преимущество метода [90].

Некоторые исследования также оценивали вовлеченность фуркаций на томографических изображениях, которые сравнивали с прямыми

интраоперационными оценками в качестве золотого стандарта. Данные КЛКТ и данные хирургические измерения совпали до 84 % случаев, что согласуется с предыдущими исследованиями, в которых были получены аналогичные результаты [68]. В отчете семинара AAR Regeneration Workshop даны рекомендации по использованию именно трехмерных рентгенографических методов для оценки результатов лечения дефекта фуркации [130].

На основании анализа результатов приведенных исследований, сравнивающих эффективность использования трехмерных (3D) объемных изображений, полученных методом конусно-лучевой компьютерной томографии, и традиционных двумерных (2D) рентгенологических методов при выявлении и классификации дефектов альвеолярной кости, чувствительность метода КЛКТ при обнаружении дефектов альвеолярного отростка составляет 80-100 %, в то время как внутриротовые рентгенограммы обеспечивают чувствительность 63-67 %. Эти исследования предоставляют многообещающие данные, способствующие использованию КЛКТ для выявления костных дефектов пародонта.

КЛКТ значительно более точна и надежна, чем традиционные методы зондирования и двумерные методы визуализации, для оценки внутрикостных дефектов, повреждений фуркаций, уровня резорбции альвеолярной кости. Учитывая различные преимущества, КЛКТ в настоящее время рассматривается как превосходный диагностический инструмент в пародонтологии.

Подводя итог о вышеизложенном, можно сделать вывод, что определение возможностей конусно-лучевой компьютерной томографии в диагностике хронического пародонтита как наиболее точного и надежного инструмента является актуальной задачей современной лучевой диагностики в стоматологии. При этом важно найти четкие критерии определения степени тяжести хронического пародонтита и внедрить новые методики в алгоритмы обследования пациентов с этой патологией. В том числе необходимо разработать и применять новое специальное программное обеспечение.

## ГЛАВА 2. МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

### 2.1. Общая характеристика исследования

Исследование выполнено на базе стоматологического отделения № 1 и рентген-диагностического отдела стоматологической клиники ФГБОУ ВО «ВГМУ им. Н.Н. Бурденко» Минздрава России.

Диссертационное исследование заслушано и одобрено этическим комитетом ФГБОУ ВО «ВГМУ им. Н.Н. Бурденко» Минздрава России (протокол № 3 от 30.05.2023).

Исследование проводилось в два этапа. Каждый этап был направлен на достижение конкретных целей и задач, связанных с изучением диагностических возможностей клинико-инструментальных и лучевых методов обследования при хроническом пародонтите.

На первом этапе исследования было проведено одноцентровое ретроспективное аналитическое исследование по изучению возможных различий в результатах лучевого и клинического обследования у пациентов с хроническим пародонтитом. Для решения поставленной задачи были проанализированы данные 100 историй болезни пациентов с диагнозом «хронический пародонтит», проходивших лечение в стоматологическом отделении № 1 стоматологической клиники ФГБОУ ВО «ВГМУ им. Н.Н. Бурденко» Минздрава России в период за 2022–2023 год.

Кроме того, была проведена систематизация научной литературы по теме исследования. Всего был проанализирован 162 литературных источника, из которых 48 принадлежали отечественным авторам, а 114 – зарубежным.

Все истории болезни, анализируемые на первом этапе исследования, были отобраны по следующим критериям:

- 1) подтвержденный диагноз хронического пародонтита (код по МКБ-10 K05.3);

2) полнота клинико-инструментального обследования (наличие в истории одонтопародонтограммы с данными зондирования глубины карманов, сведений о кровоточивости и отеке десен, подвижности зубов, отсутствии зубов);

3) наличие данных лучевого обследования (цифровой ортопантомограммы).

Второй этап представлял собой проспективное, когортное исследование. На данном этапе проводилось комплексное обследование группы пациентов включавшее клинико-инструментальное и лучевое обследование, с целью последующего сравнения результатов полученных с помощью этих методов.

Дизайн исследования представлен на рисунке 1.

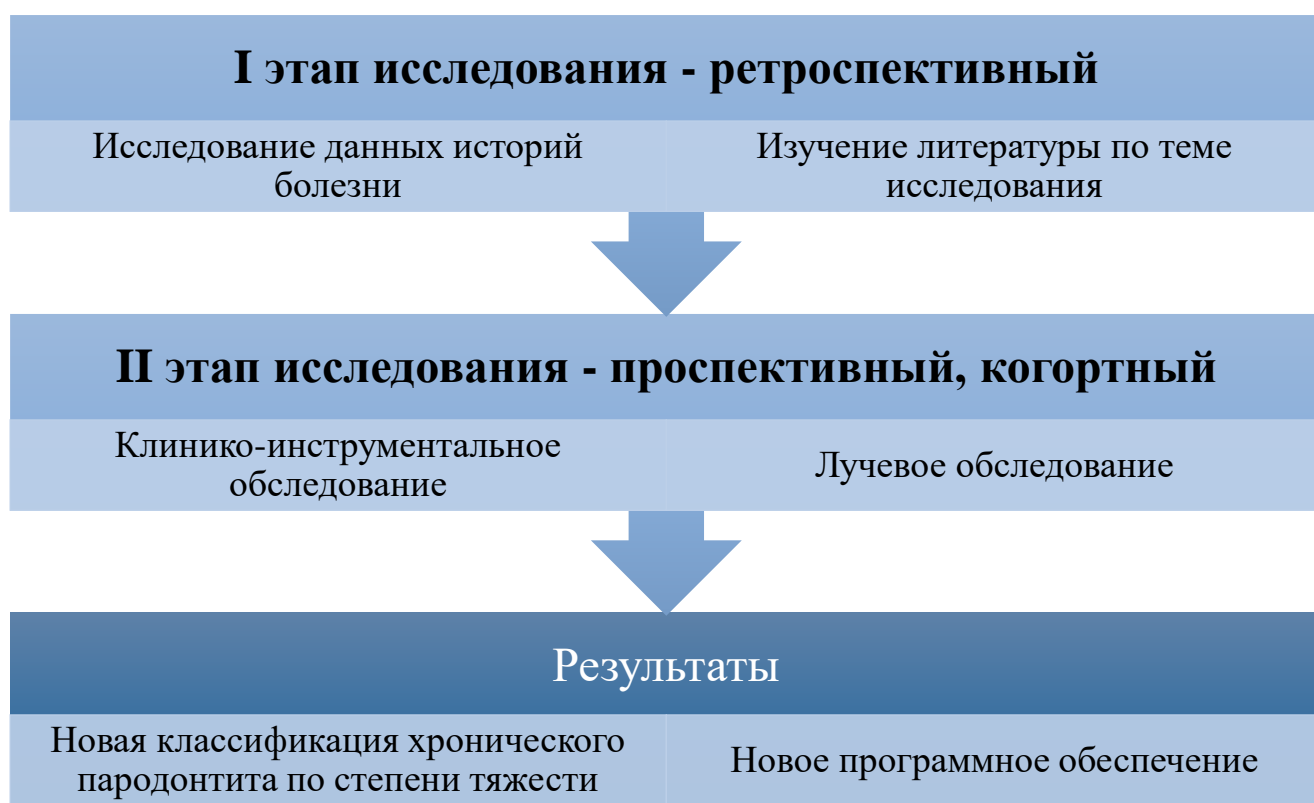


Рисунок 1 - Схема. Дизайн исследования

Для обеспечения репрезентативности выборки и минимизации систематических ошибок на втором этапе исследования были определены четкие критерии включения и исключения пациентов. Эти критерии позволили сформировать однородную группу пациентов с хроническим пародонтитом, что обеспечило достоверность полученных результатов.

Критериями включения и исключения из второго этапа исследования стали:

**Критерии включения:**

- возраст старше 18 лет;
- понимание пациентом формы информационного согласия на участие в исследовании и возможность ее подписать;
- наличие хронического пародонтита легкой, средней или тяжелой степени.

**Критерии невключения:**

- возраст меньше 18 лет;
- невозможность понять форму информационного согласия на участие в исследовании и отсутствие возможности ее подписать;
- отсутствие хронического пародонтита легкой, средней или тяжелой степени;
- беременность или наличие других противопоказаний к проведению лучевого обследования;
- отказ от проведения лучевого или инструментального обследования;
- любые серьезные декомпенсированные сопутствующие заболевания, требующие регулярной медикаментозной терапии;
- участие пациента в других исследованиях в текущий момент времени.

Критерии исключения пациентов из исследования были аналогичны критериям невключения, которые могут возникнуть после включения пациента в исследование.

В процессе выполнения исследования из него были исключены 19 (23,46 %) пациентов, так как они не соответствовали критериям включения и/или у них появились критерии исключения.

Итоговая группа исследования включала 81 ( $n = 81$ ) пациента с хроническим пародонтитом, что соответствует требованиям репрезентативности.

Возраст пациентов составлял от 30 до 83 лет (средний возраст –  $53,1 \pm 1,2$  года). Как видно из таблицы 1, больше всего случаев заболевания приходится на возрастную группу от 30 до 69 лет.

Таблица 1 - Распределение пациентов с хроническим пародонтитом по возрасту

Возраст (лет)	30-39	40-49	50-59	60-69	70-79	>80
<b>Количество пациентов</b>	20 (24,69 %)	16 (19,75 %)	14 (17,28 %)	20 (24,69 %)	9 (11,11 %)	2 (2,47 %)
<b>Всего</b>	81 (100 %)					

Все пациенты проживали в Воронежской области, из них 67 (82,72 %) в городской черте и 14 (17,28 %) в пригороде.

Исследуемая группа состояла из 28 мужчин (34,57 %) и 53 женщин (65,43 %) (рисунок 2).

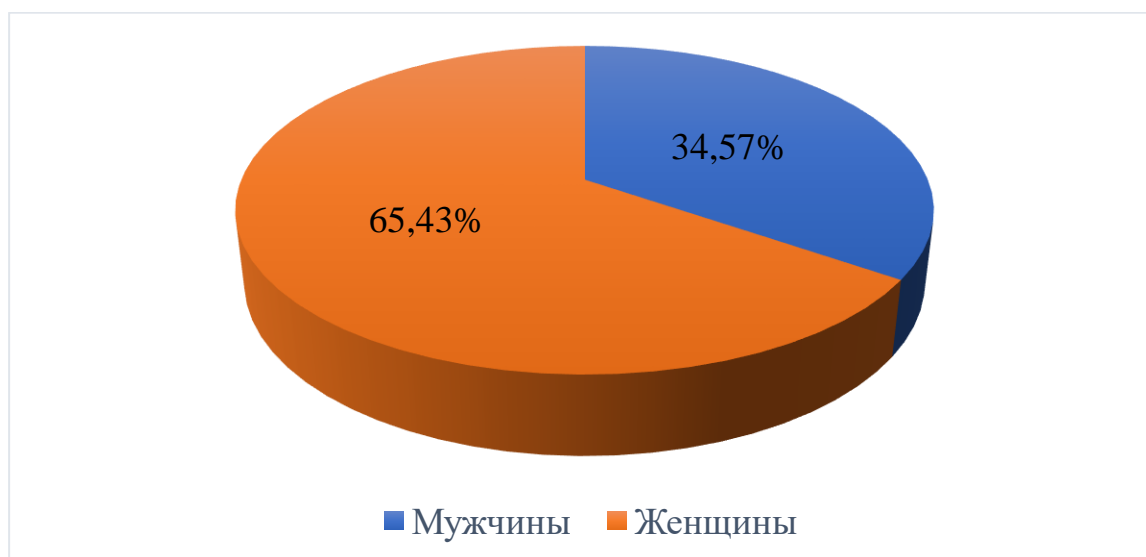


Рисунок 2 - Диаграмма. Распределение пациентов с хроническим пародонтитом по полу, проценты

## 2.2. Методы обследования

### Клинико-инструментальное обследование

Для участия во втором этапе исследования все пациенты направлялись на комплексное клинико-инструментальное обследование, проводимое врачами-стоматологами. До момента начала исследования, все обследуемые были подробно проинформированы о целях, задачах и рисках проводимого исследования.

Клинико-инструментальное обследование пациентов включало комплекс методов, направленных на оценку состояния челюстно-лицевой области, зубов, слизистой оболочки полости рта и тканей пародонта. Обследование проводилось по стандартизированному протоколу, что позволило получить объективные данные для дальнейшего анализа.

При осмотре челюстно-лицевой области оценивались: наличие или отсутствие видимых изменений (асимметрия, отечность, гиперемия, деформации), состояние кожных покровов и мягких тканей. Проводилась пальпация лимфатических узлов головы и шеи для выявления их увеличения, болезненности или изменений консистенции.

При осмотре полости рта проводилась оценка следующих параметров:

1. Состояние зубных рядов: наличие отсутствующих зубов (обозначение – О); непрорезавшиеся зубы (обозначение – НП); кариозные поражения (обозначение – К); пульпит (обозначение – П); гранулемы (обозначение – ГР); наличие коронок (металлические – КМ); мостовидные протезы (обозначение – М); пломбы (обозначение – ПЛ).

2. Состояние слизистой оболочки полости рта и горла: цвет (нормальный, гиперемия, цианоз); увлажненность (нормальная, сухость); наличие отека (степень выраженности); патологические изменения (язвы, эрозии, новообразования).

3. Характер слюны: количество (нормальное, гипосаливация, гиперсаливация); консистенция (водянистая, вязкая).

4. Наличие аномалий положения отдельных зубов или зубных рядов.

Для определения степени патологической подвижности зубов использовалась шкала Миллера в модификации Флезара:

- 0 степень: зуб устойчив, имеется только физиологическая подвижность;
- 1 степень: смещение зуба относительно вертикальной оси несколько больше, но не превышает 1 мм;
- 2 степень: зуб смещается на 1-2 мм в щечно-язычном направлении, функция не нарушена;

- 3 степень: подвижность резко выражена, зуб движется не только в щечно-язычном направлении, но и по вертикали, функция нарушена.

Для оценки состояния десен использовался индекс кровоточивости Мюллеманна в модификации Коуэлла. Критерии оценки:

- 0: кровоточивость отсутствует после исследования;
- 1: кровоточивость появляется не раньше чем через 30 секунд после исследования;
- 2: кровоточивость возникает сразу после исследования или в течение 30 секунд;
- 3: кровоточивость отмечается при приеме пищи или чистке зубов.

Индекс рассчитывался по формуле: Значение индекса = (сумма показателей всех зубов) / (число зубов).

Состояние тканей пародонта оценивали с помощью зондирования. Для этого использовали пародонтальный зонд фирмы «Fabri» – односторонний атравматичный мерный инструмент для измерения и оценки состояния тканей пародонта, глубины пародонтальных карманов, уровня рецессии десны, степени обнажения корней. Шкала UNC-15 (University of North Carolina) с цветовой маркировкой 1-2-3-4-5-6-7-8-9-10-11-12-13-14-15 мм и кончиком Ø0,4 мм.

При этом оценивали:

- наличие кровоточивости десны;
- глубину пародонтального кармана (мм);
- величину рецессии десны (мм);
- наличие и характер зубных отложений (мягкий налет, зубной камень);
- наличие отделяемого из пародонтального кармана (гной, экссудат).

Зондирование пародонтального кармана проводили в 6 точках у каждого зуба с вестибуло-дистальной, вестибулярной, вестибуло-мезиальной, язычно-дистальной, язычной и язычно-медиальной поверхностей зуба.

### **Методики лучевого обследования**

Лучевое обследование пациентов проводилось с использованием методов цифровой панорамной томографии и конусно-лучевой компьютерной томографии.

Для этого был использован КЛКТ-томограф «Veraviewerocs X-550» производства J.MORITA CORPORATION (Япония). Данный аппарат обеспечивает высокое качество изображений при минимальной лучевой нагрузке на пациента, что делает его оптимальным выбором для диагностики патологий челюстно-лицевой области.

Перед проведением исследования пациенту разъяснялись цель и этапы процедуры. Для минимизации артефактов, связанных с движением, пациенту рекомендовалось сохранять неподвижность во время сканирования. Все металлические предметы (украшения, съемные протезы и т.д.) были удалены из области сканирования.

Сканирование выполнялось со следующими параметрами (таблица 2):

Таблица 2 - **Физико-технические параметры сканирования при цифровой панорамной томографии и конусно-лучевой компьютерной томографии**

<b>Параметр сканирования, единица измерения</b>	<b>Показатели</b>
<b>Режим Panoramic</b>	
Размер поля сканирования, см	10×8
Время сканирования, с	15
Время экспозиции, с	7,4
Напряжение рентгеновской трубки, кВ	80,0
Сила тока, мА	8,0
<b>Режим СТ</b>	
Размер вокселя, мм	0,125
Размер поля сканирования, см	10×8; 10×5
Время сканирования, с	19
Время экспозиции, с	9,4
Напряжение рентгеновской трубки, кВ	90,0
Сила тока, мА	8,0

Исследование обоими методами охватывало нижнюю и среднюю зоны лица, включая верхнюю и нижнюю челюсти, а также альвеолярные бухты

верхнечелюстной пазухи. Это позволило получить детализированные изображения всех анатомических структур, необходимых для анализа.

Для просмотра и анализа цифровых панорамных томограмм и КЛКТ-томограмм использовалось встроенное программное обеспечение томографа «OneVolumeViewer» версии 2.0.0.1943. Данное программное обеспечение позволяет использовать множество различных инструментов для оценки КЛКТ-томограмм.

При интерпретации данных рентгенологических методов обследования оценивались следующие параметры:

1. Расширение периодонтальных щелей.
2. Изменение структуры альвеолярной кости, четкость и ровность контуров альвеолярного гребня.
3. Деструкция кортикальной пластинки.
4. Глубина резорбции верхушек межзубных перегородок корней по третям относительно длины корня: на  $1/3$ ,  $1/2$ ,  $2/3$ , более  $2/3$ .
5. Характер резорбции тканей пародонта (горизонтальная, вертикальная, смешанная) и ее распространенность.
6. Наличие костных карманов.
7. Объем резорбции пародонта, определяемый с помощью предложенной методики [31].
8. Наличие адентии и ее количество: до 4 зубов и более 4 зубов.
9. Наличие минерализованных зубных отложений (зубной камень) на поверхности корней.

Важно отметить, что при использовании цифровой панорамной томографии возможно получение неточных данных об уровне костной ткани, особенно во фронтальном отделе челюстей. Данный метод не отражает точный уровень пародонта на вестибуло-оральных поверхностях. Кроме того, оценка патологических изменений в области фуркации у многокорневых зубов часто затруднена из-за суммации корней и различных проекционных искажений.

Конусно-лучевая компьютерная томография, в отличие от других методов лучевой диагностики, позволяет точно измерять расстояние от цемента-эмалевой границы до альвеолярного гребня по всем поверхностям зуба, обеспечивая полное трехмерное изображение любых патологических изменений. Этот метод позволяет точно определить наличие внутрикостных дефектов, которые не определяются при использовании двумерных методов диагностики. Вышеуказанные преимущества трехмерной визуализации позволяют использовать новый метод оценки объема резорбции пародонта.

Протокол, используемый при анализе цифровой панорамной томографии и конусно-лучевой компьютерной томографии при оценке патологических изменений характерных для хронического пародонтита представлен в таблице 3.

**Таблица 3 - Протокол анализа цифровой панорамной томографии и конусно-лучевой компьютерной томографии при оценке патологических изменений характерных для хронического пародонтита**

<b>Показатель</b>	<b>Интерпретация показателей</b>
<b>Цифровая панорамная томография</b>	
Расширение периодонтальных щелей	Не расширены / незначительно расширены / расширены / резко расширены
Изменение структуры альвеолярной кости	Ровные / неровные контуры / размытые / «изъеденные» контуры
Деструкция кортикальной пластинки	Разрушена / сохранена
Глубина резорбции верхушек межзубных перегородок корней	Резорбция на 1/3 / 1/2 / 2/3 / более 2/3
Характер резорбции тканей пародонта	Горизонтальная / вертикальная / смешанная
Распространенность резорбции	Генерализованный / локализованный
Наличие костных карманов	Резорбция на 1/3 / 1/2 / 2/3 / более 2/3
Количество утраченных зубов	До 4 зубов / более 4 зубов
Наличие твердых зубных отложений	Наличие / отсутствие

<b>Конусно-лучевая компьютерная томография</b>	
Расширение периодонтальных щелей	Не расширены / незначительно расширены / расширены / резко расширены
Изменение структуры альвеолярной кости	Ровные / неровные контуры / размытые / «изъеденные» контуры
Деструкция кортикальной пластинки	Разрушена / сохранена
Глубина резорбции верхушек межзубных перегородок корней	Резорбция на 1/3 / 1/2 / 2/3 / более 2/3 <i>С учетом вестибуло-оральных поверхностей</i>
Характер резорбции тканей пародонта	Горизонтальная / вертикальная / смешанная
Распространенность резорбции	Генерализованный / локализованный
Наличие костных карманов	Резорбция на 1/3 / 1/2 / 2/3 / более 2/3
Объем резорбции пародонта	10-35% / 36-65% / >66%
Количество утраченных зубов	До 4 зубов / более 4 зубов
Наличие твердых зубных отложений	Наличие / отсутствие

Использование протокола позволило систематизировать имеющиеся данные в области лучевой диагностики хронического пародонтита. В данном протоколе представлены все необходимые показатели и параметры, с подробной интерпретацией, оценку которых необходимо проводить, для суждения о наличии у пациента хронического пародонтита и определения его степени тяжести.

#### **Способ определения объема резорбции пародонта**

Для оценки резорбции пародонта использовался разработанный нами метод (патент RU2778598C1) [31], позволяющий установить связь между результатами зондирования и лучевого обследования, а также усовершенствовать процесс диагностики и определения степени тяжести хронического пародонтита.

Так как при хроническом пародонтите костные дефекты выявляются вдоль проксимальных и вестибуло-оральных стенок зубов, требуется обязательная оценка убыли пародонта с четырех сторон зуба, что не осуществимо при использовании двумерных методов лучевой диагностики. Для решения этой задачи использовалась конусно-лучевая компьютерная томография. На КЛК-томограмме

проводилась серия измерений. Все измерения были выполнены в корональной и сагиттальной плоскостях мультипланарной реконструкции выбранного зуба с использованием инструмента «Measure Length», встроенного в программное обеспечение «OneVolumeViewer» компьютерного томографа. Все выполненные измерения регистрировались в миллиметрах.

Мы выбрали срез, где длина корня зуба (или мезиального корня для многокорневых зубов) была максимальной. Затем мы измерили длину по мезиальной и дистальной, вестибулярной и оральной поверхностям зуба. Первое измерение представляло собой полную длину корня, а второе – открытую часть корня. Измерения начинались от эмалево-цементной границы или шейки зуба.

Для размеров предложены следующие обозначения:

1. Полная длина корня  $h_{п}$  – расстояние от эмалево-цементной границы (шейки зуба) до верхушки корня зуба;

2. Длина открытой части корня  $h_{о}$  – расстояние от эмалево-цементной границы до вершины замыкающей кортикальной пластинки.

Измерения по каждой из поверхностей обозначены соответствующим цифровым индексом:  $h_{п1}$ ,  $h_{п2}$ ,  $h_{п3}$  и  $h_{п4}$  для полной длины корня;  $h_{о1}$ ,  $h_{о2}$ ,  $h_{о3}$  и  $h_{о4}$  для длины открытой части корня.

Соответственно:

Замер 1 проводится в корональной проекции по мезиальной поверхности. Он начинается от эмалево-цементной границы (рисунок 3.1) и заканчивается на верхушке корня (рисунок 3.2), составляя полную длину корня и обозначается индексом  $h_{п1}$ . От эмалево-цементной границы замер доходит до вершины замыкающей кортикальной пластинки (рисунок 3.3), составляя длину открытой части корня и обозначается индексом  $h_{о1}$ .

Замер 2 проводится в корональной проекции по дистальной поверхности. Он начинается от эмалево-цементной границы (рисунок 3.4) и заканчивается на верхушке корня (рисунок 3.5), составляя полную длину корня и обозначается индексом  $h_{п2}$ . От эмалево-цементной границы замер доходит до вершины

закрывающей кортикальной пластинки (рисунок 3.6), составляя длину открытой части корня и обозначается индексом  $h_{o2}$ .

Замер 3 проводится в сагиттальной проекции по оральной поверхности. Он начинается от эмалево-цементной границы (рисунок 4.7) и заканчивается на верхушке корня (рисунок 4.8), составляя полную длину корня и обозначается индексом  $h_{п3}$ . От эмалево-цементной границы замер доходит до вершины закрывающей кортикальной пластинки (рисунок 4.9), составляя длину открытой части корня и обозначается индексом  $h_{o3}$ .

Замер 4 проводится в сагиттальной проекции по вестибулярной поверхности. Он начинается от эмалево-цементной границы (рисунок 4.10) и заканчивается на верхушке корня (рисунок 4.11), составляя полную длину корня и обозначается индексом  $h_{п4}$ . От эмалево-цементной границы замер доходит до вершины закрывающей кортикальной пластинки (рисунок 4.12), составляя длину открытой части корня и обозначается индексом  $h_{o4}$ .

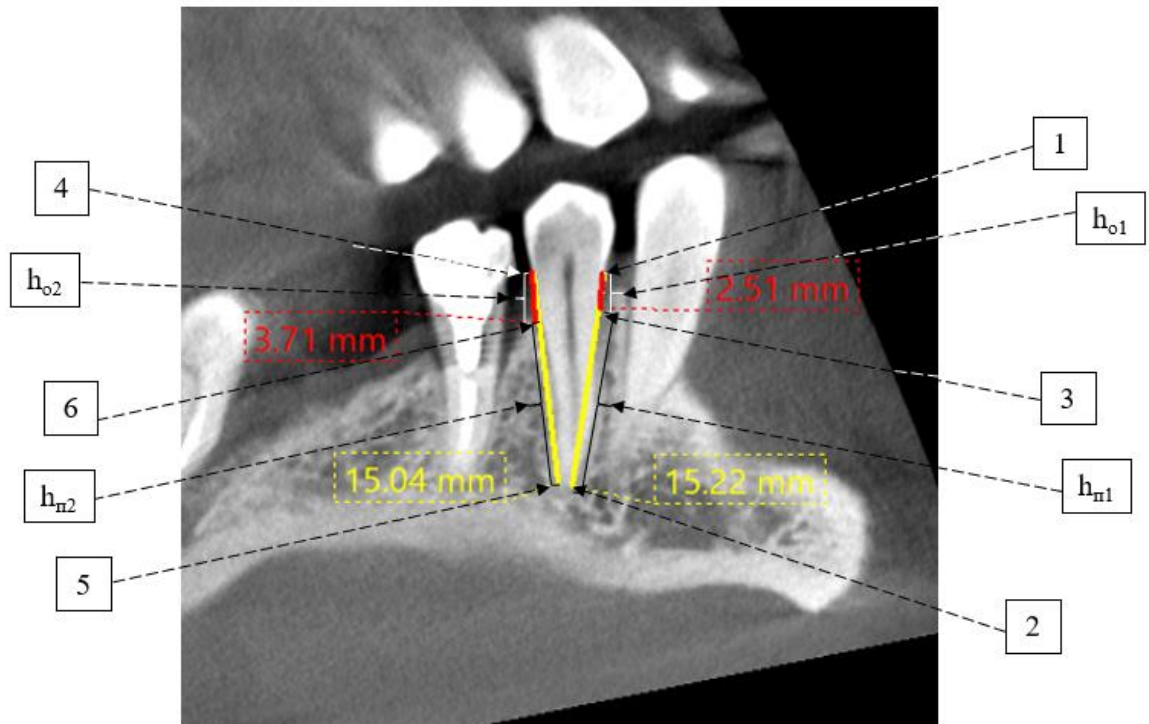


Рисунок 3 - КЛК-томограмма, корональный срез. Пример выполненных замеров в корональной проекции на зубе 4.4: 1 – эмалево-цементная граница по мезиальной поверхности; 2 – верхушка корня по мезиальной поверхности; 3 – вершина замыкающей кортикальной пластинки по мезиальной поверхности; 4 – эмалево-цементная граница по дистальной поверхности; 5 – верхушка корня по дистальной поверхности; 6 – вершина замыкающей кортикальной пластинки по дистальной поверхности

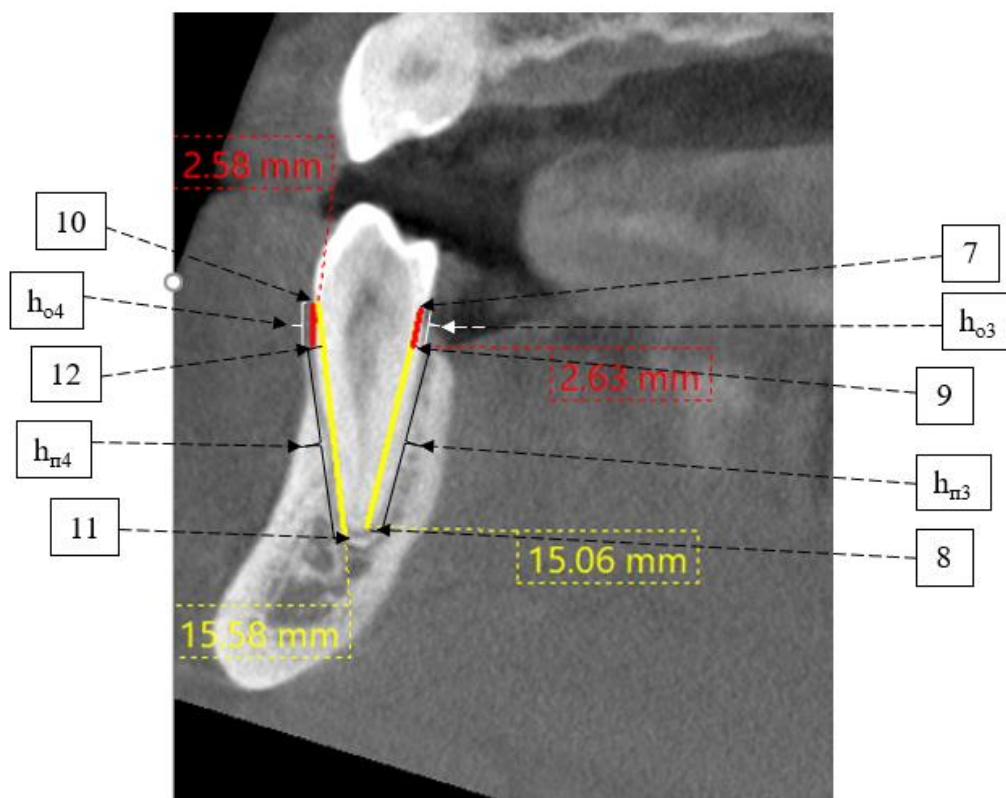


Рисунок 4 - КЛК-томограмма, сагиттальный срез. Пример выполненных замеров в сагиттальной проекции на зубе 4.4: 7 – эмалево-цементная граница по оральной поверхности; 8 – верхушка корня по оральной поверхности; 9 – вершина замыкающей кортикальной пластинки по оральной поверхности; 10 – эмалево-цементная граница по вестибулярной поверхности; 11 – верхушка корня по вестибулярной поверхности; 12 – вершина замыкающей кортикальной пластинки по вестибулярной поверхности

После того как были получены все результаты измерений, была выведена формула для расчета, в которой «а» обозначает объем резорбции пародонта:

$$a = \frac{(h_{o1} + h_{o2} + h_{o3} + h_{o4})}{(h_{п1} + h_{п2} + h_{п3} + h_{п4})} * 100$$

Данный способ позволил количественно оценить объем резорбции пародонта, выразив его в процентах [4, 6, 31].

### 2.3. Методы разработки программного обеспечения

В качестве основы для разработки программного обеспечения для автоматизированного анализа одонтопародонтограмм был выбран фреймворк «Electron», разработанный компанией «GitHub». Этот фреймворк позволяет создавать кроссплатформенные нативные приложения для операционных систем (Windows, macOS, Linux) с использованием веб-технологий, таких как HTML, CSS и JavaScript. Преимуществами выбора «Electron» стали:

- 1) Кроссплатформенность – возможность запуска приложения на различных операционных системах без необходимости внесения значительных изменений в код;
- 2) Интеграция с Node.js: использование возможностей Node.js для работы с файловой системой, сетевых запросов и других серверных функций;
- 3) Гибкость интерфейса: создание современного и интуитивно понятного пользовательского интерфейса с использованием веб-технологий.

Для реализации функционала программного обеспечения были использованы такие технологии и библиотеки, как JavaScript и Node.js позволяющие разработать основную логику приложения. При разработке использовалась модульная архитектура, что позволило разделить функционал на независимые компоненты, такие как модуль ввода данных, модуль анализа данных, модуль визуализации и модуль экспорта данных.

Программа предназначена для выдачи оператору информации об объеме резорбции пародонта (а) и степени тяжести хронического пародонтита. Результаты предоставляются в наглядной форме в виде одонтопародонтограммы [3, 5].

Программа обеспечивает выполнение следующих функций назначения:

1) ввод данных измерений, полученных при лучевом обследовании зубочелюстной системы пациента;

2) автоматический расчет объема резорбции пародонта (а), по формуле  $a = \frac{(h_{o1} + h_{o2} + h_{o3} + h_{o4})}{(h_{n1} + h_{n2} + h_{n3} + h_{n4})} * 100$ ;

3) выдача оператору результатов обработки данных — одонтопародонтограммы.

Разработанное программное обеспечение прошло этап тестирования, а после было внедрено в клиническую практику стоматологической клиники ФГБОУ ВО «ВГМУ им. Н.Н. Бурденко» Минздрава РФ.

#### 2.4. Статистические методы оценки результатов

Статистическая обработка полученных данных исследования проводилась с помощью специализированного программного обеспечения: «Microsoft Excel» (Microsoft Inc., USA) для первичной обработки и визуализации данных, «STATISTICA 12» (Statsoft, Inc., USA) для проведения сложных статистических анализов. Статистический анализ проводился в несколько этапов, включая проверку нормальности распределения, поиск взаимосвязей между признаками и построение регрессионных моделей.

Для оценки соответствия анализируемых данных нормальному закону распределения использовались следующие тесты: тест Шапиро-Уилка, который позволяет оценить небольшие выборки ( $n < 50$ ) и тест Колмогорова-Смирнова для выборок большего объема ( $n \geq 50$ ).

Интерпретация результатов тестов проводилась по уровню значимости (p-value), где значение  $p > 0,05$  указывало на отсутствие значимых отклонений от нормального распределения.

Ранговый коэффициент корреляции Спирмена использовался для поиска взаимосвязей между различными признаками в исследуемых группах. Данный метод позволяет анализировать данные, не соответствующие нормальному распределению. Коэффициент Спирмена ( $\rho$ ) оценивался следующим образом:  $|\rho| < 0,3$  – слабая корреляция;  $0,3 \leq |\rho| < 0,7$  – умеренная корреляция;  $|\rho| \geq 0,7$  – сильная корреляция.

Для оценки зависимости объема резорбции от данных зондирования был использован регрессионный анализ. Поскольку исходные данные не соответствовали нормальному распределению, было выполнено логарифмирование значений обоих анализируемых признаков. Это позволило линеаризовать зависимость и повысить точность модели.

Этапы построения регрессионной модели:

1. Логарифмирование данных: преобразование значений объема резорбции и данных зондирования с использованием натурального логарифма.
2. Построение модели: определение коэффициентов регрессии и оценка их значимости с помощью t-критерия.
3. Оценка качества модели: расчет коэффициента детерминации ( $R^2$ ) для определения доли объясненной дисперсии.

### ГЛАВА 3. СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ РЕЗУЛЬТАТОВ КОНУСНО-ЛУЧЕВОЙ КОМПЬЮТЕРНОЙ ТОМОГРАФИИ С РЕЗУЛЬТАТАМИ КЛИНИКО-ИНСТРУМЕНТАЛЬНОГО ОБСЛЕДОВАНИЯ

#### 3.1. Ретроспективный анализ историй болезни пациентов с хроническим пародонтитом

Для систематизации данных историй болезни ( $n = 100$ ) пациентов с хроническим пародонтитом была составлена сводная таблица со стандартизированными критериями для распределения больных по ключевым клиническим показателям (таблица 4). Критерии оценки, некоторым из которых присваивалась градация выраженности, были определены на основе клинических рекомендаций «Стоматологической Ассоциации России» [18].

**Таблица 4 - Клиническая характеристика пациентов с хроническим пародонтитом по данным историй болезни ( $n = 100$ )**

Показатели		Степень выраженности	Количество случаев	
			N	%
<b>Кровоточивость десен</b>	кровоточивость отсутствует после исследования	0	37	37
	кровоточивость появляется не раньше чем через 30 секунд после исследования	1	20	20
	кровоточивость возникает сразу после исследования или в течение 30 секунд	2	29	29
	кровоточивость отмечается при приеме пищи или чистке зубов	3	14	14
<b>Подвижность зубов</b>	зуб устойчив, имеется только физиологическая подвижность	0	37	37
	смещение зуба относительно вертикальной оси несколько больше, но не превышает 1 мм;	1	35	35

	зуб смещается на 1-2 мм в щечно-язычном направлении, функция не нарушена	2	24	24
	подвижность резко выражена, зуб движется не только в щечно-язычном направлении, но и по вертикали, функция нарушена	3	4	4
<b>Отсутствие зубов</b>	до 4 зубов	-	78	78
	более 4 зубов		22	22
<b>Отек десен</b>		Легкий	36	36
		Средний	35	35
		Тяжелый	29	29
<b>Глубина пародонтального кармана</b>	до 4 мм	Легкая	40	40
	до 6 мм	Средняя	48	48
	более 6 мм	Тяжелая	12	12
<b>Резорбция тканей пародонта</b>	1/3	Легкая	42	42
	1/2	Средняя	50	50
	2/3 и более	Тяжелая	8	8

Предложенная методология анализа разделяет признаки, выявляемые клинико-инструментально (кровоточивость десен, отек десен, подвижность зубов, глубина кармана при зондировании), и те, для оценки которых требуется лучевой метод диагностики (резорбция костной ткани), что закладывает основу для сравнительного анализа информативности разных методов диагностики. Данная система является содержательно полным инструментом для ретроспективного анализа медицинских карт. Она систематизирует первичные данные, обеспечивает основу для доказательных выводов о клинической картине хронического пародонтита в исследуемой группе и создает четкую структуру для проведения

сравнительного анализа диагностических методик. Применение этого подхода повышает воспроизводимость и достоверность результатов исследования.

### 3.2. Результаты ретроспективного сравнительного анализа изучаемых признаков хронического пародонтита

В результате сравнительного анализа были получены достоверные различия изучаемых признаков, отразив расхождения в определении степени тяжести хронического пародонтита при использовании клинико-инструментального обследования (включающего зондирование пародонтальных карманов) и лучевого обследования (цифровая панорамная томография). Различия изучаемых признаков представлены в таблице 5.

Таблица 5 - Сравнительная характеристика клинико-лучевых методов обследования в диагностике хронического пародонтита (n = 100)

Признак хронического пародонтита	Степень выраженности	Клинико-инструментальное обследование	Количество случаев		Лучевое обследование (ОПТГ)	Количество случаев	
			N	%		N	%
Кровоточивость десен	0	Основной метод обследования. Оценивается визуально и с помощью зондирования.	37	37	Не визуализируется при лучевом обследовании.	0	0
	1		20	20			
	2		29	29			
	3		14	14			
Подвижность зубов	0	Основной метод. Определяется пальпаторно по степеням.	37	37	Косвенная оценка, подвижность не видна. Оценивается опосредованно по уровню резорбции костной ткани.	0	0
	1		35	35		22	22
	2		24	24		31	31
	3		4	4		6	6

Продолжение таблицы 5

Отсутствие зубов	до 4 зубов	Точно диагностируется при визуальном осмотре.	78	78	Точно диагностируется при анализе ОПТГ.	78	78
	более 4 зубов		22	22		22	22
Отек десен	Легкий	Основной метод. Оценивается визуально и пальпаторно.	36	36	Практически не выявляется. Контур десны не визуализируется на ОПТГ. Выраженный отек может искажать контур альвеолярного гребня на снимке.	31	31
	Средний		35	35		26	26
	Тяжелый		29	29		41	41
Глубина пародонтального кармана	Легкая (до 4 мм)	Прямое измерение пародонтальным зондом (в мм). Ключевой количественный показатель.	40	40	Косвенная оценка. Глубина кармана напрямую не видна. Определяется по уровню костной ткани относительно цементно-эмалевой границы.	40	40
	Средняя (до 6 мм)		48	48		52	52
	Тяжелая (более 6 мм)		12	12		8	8

Продолжение таблицы 5

Резорбция тканей пародонта	Легкая (1/3)	Косвенная оценка. Предполагается по увеличению подвижности зубов и глубине карманов.	40	40	Основной и точный метод. Прямая визуализация и оценка степени резорбции (в долях длины корня).	42	42
	Средняя (1/2)		44	44		50	50
	Тяжелая (2/3 и более)		16	16		8	8

Клинико-инструментальный метод является исчерпывающим для оценки состояния мягких тканей, прямо выявляя признаки воспаления (кровоточивость и отек) и измеряя глубину пародонтального кармана, тогда как цифровая ортопантомограмма предоставляет прямую визуализацию костных структур, оставаясь основным методом для диагностики резорбции альвеолярной кости. Расхождения в оценке таких признаков, как подвижность зубов или глубина кармана, носят системный характер: они отражают разницу между прямой пальпаторной оценкой и косвенными рентгенологическими признаками, а также между мягкотканым и костным компонентами патологии. Стоит отметить, что оба метода диагностики точно определяют количество утраченных зубов.

Проведенный сравнительный анализ показал следующие результаты:

1. Наибольшее совпадение в определении степени тяжести между двумя методами обследования наблюдается у пациентов с подвижностью зубов 1-2 степени (53 %), легким отеком слизистой (32 %) и глубиной пародонтальных карманов до 4 мм (40 %), что может указывать на ранние стадии заболевания, когда клинические и рентгенологические данные согласуются.

2. Наибольшие расхождения между методами выявлены у пациентов с тяжелым отеком десен (12 %), глубиной пародонтальных карманов более 6 мм (8 %) и резорбцией костной ткани 2/3 и более (8 %), что может быть связано с индивидуальными особенностями пациентов или ошибками в диагностике.

Распределение изучаемых случаев по категориям тяжести представлены на рисунке 5.

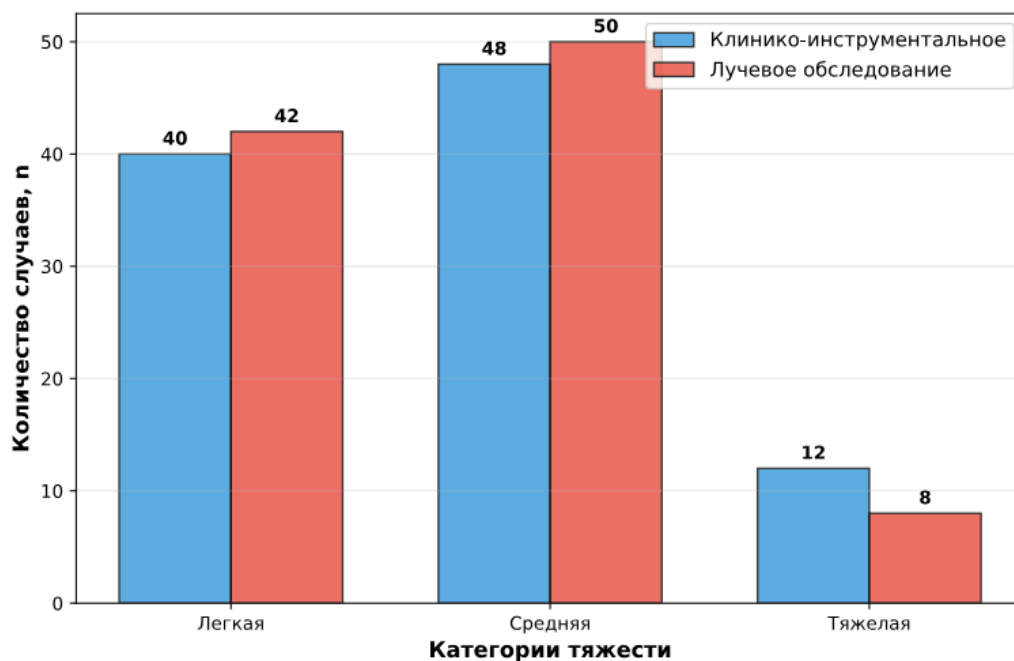


Рисунок 5 - Диаграмма. Распределение изучаемых случаев по категориям тяжести хронического пародонтита, количество случаев

При статистической обработке данных первого этапа исследования не выявлено статистически значимых различий ( $t\text{-value} = 0.00$ ,  $p\text{-value} = 1.00$ ) в распределении пациентов по степеням тяжести между двумя методами обследования (рисунок 6, 7).

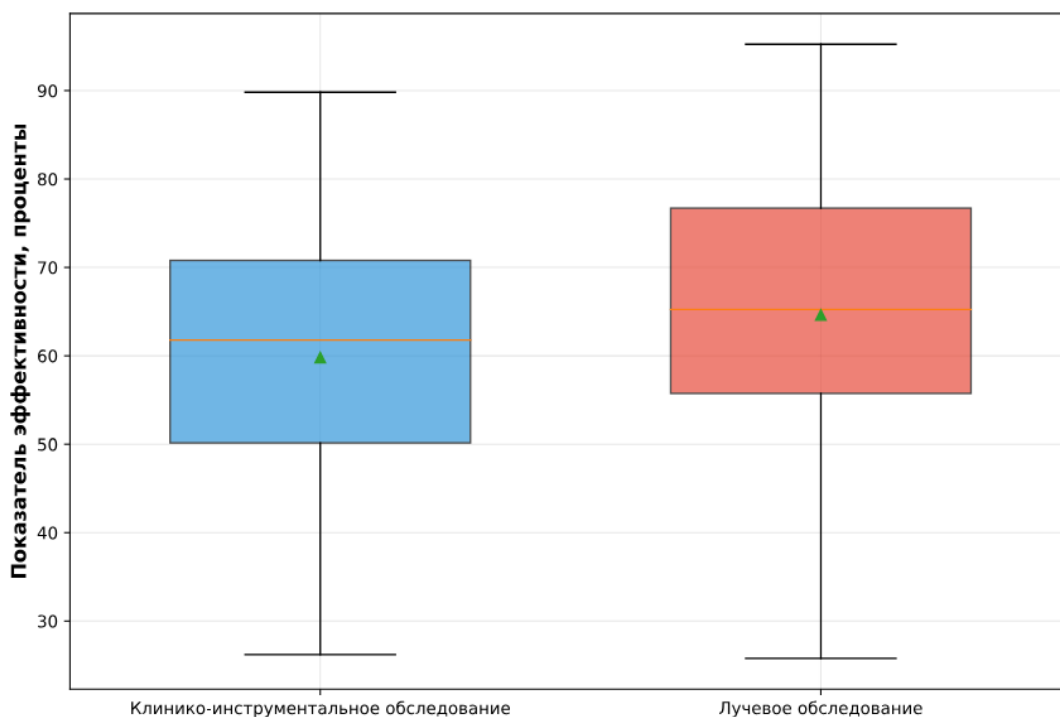


Рисунок 6 - Диаграмма. Распределение данных между клинико-инструментальным и лучевым методами обследования, проценты

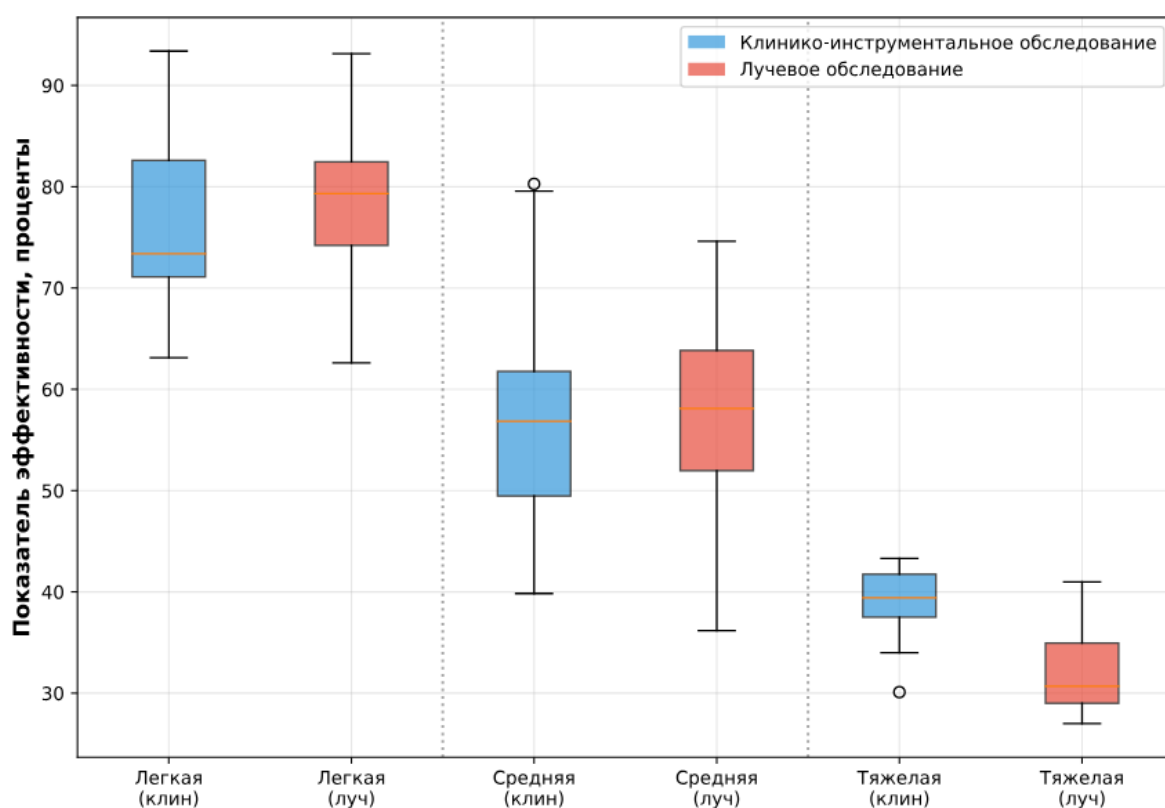


Рисунок 7 - Диаграмма. Сравнение результатов клинико-инструментального и лучевого обследований по степеням тяжести, проценты

Полученные на первом этапе исследования результаты требуют содержательной интерпретации. Тот факт, что при статистической обработке данных не выявлено статистически значимых различий в градации тяжести, следует расценивать как следствие инерционности и условности самого стандартного подхода, который, будучи «золотым стандартом», может нивелировать важные нюансы. Следовательно, отсутствие статистического различия – не доказательство равнозначности, а аргумент в пользу недостаточной детализации текущего алгоритма оценки. На основании чего можно сделать вывод о необходимости доработки стандартного алгоритма определения степени тяжести, для чего нами был разработан метод оценки объема резорбции пародонта.

### **3.3. Результаты обследования пациентов с хроническим пародонтитом**

Всем пациентам итоговой группы ( $n = 81$ ) было проведено клинико-инструментальное обследование, направленное на оценку состояния тканей пародонта, зубов и слизистой оболочки полости рта. Обследование выполнялось по стандартизированному протоколу, что обеспечило объективность и воспроизводимость результатов.

Сбор жалоб пациентов позволил выявить субъективные симптомы заболевания и определить основные направления диагностики. На втором этапе исследования жалобы пациентов фиксировались в индивидуальных картах и оценивались для выявления признаков характерных для хронического пародонтита.

Жалобы пациентов с хроническим пародонтитом представлены на рисунке 8.



Рисунок 8 - Диаграмма. Распределение жалоб пациентов с хроническим пародонтитом, проценты

Частыми жалобами, которые подтверждают у пациента наличие хронического пародонтита, были: повышенная чувствительность зубов – наиболее частая жалоба; кровоточивость десен; оголение шеек зубов; подвижность и выпадение зубов.

Болезненность зубов была связана с выявлением у пациентов таких заболеваний, как кариес и хронический периодонтит, а неприятный запах изо рта – с плохой гигиеной полости рта. Стоит отметить, что пациенты практически не предъявляли жалоб на отечность десен, несмотря на ее наличие. Кроме того, необходимо обратить внимание, что были выявлены пациенты с отсутствием жалоб, несмотря на явное наличие патологии.

При выполнении осмотра пациентов из исследуемой группы, видимые изменения челюстно-лицевой области отсутствовали у всех больных. Изменения со стороны лимфатических узлов головы и шеи также не были подтверждены. Цвет слизистой оболочки полости рта и горла варьировался от бледно-розового цвета до бледного и цианотичного, в редких случаях отмечались случаи гиперемии. Элементы каких-либо высыпаний на слизистой оболочке у обследуемой группы не

отмечены. По результатам осмотра заполнялась зубная формула, отражающая наличие больных зубов, отсутствующих зубов и металлоконструкций.

Инструментальное обследование позволило объективно оценить состояние тканей пародонта, выявить скрытые патологические изменения и определить степень тяжести заболевания. В отличие от субъективных жалоб пациента, инструментальные методы предоставили количественные и качественные данные, которые необходимы для постановки диагноза.

Наиболее значимыми параметрами для подтверждения диагноза «хронический пародонтит» и определения степени тяжести заболевания стали: значение глубины пародонтального кармана (резорбции тканей пародонта), подвижность зубов, выраженность кровоточивости и отека, количество отсутствующих зубов.

Были определены показатели каждого критерия, характерные для каждой из степеней тяжести хронического пародонтита. Стоит отметить, что кровоточивость оказалась неспецифичным признаком для определения степени тяжести, отмечались случаи как выраженной кровоточивости при легкой степени, так и случаи легкой кровоточивости при тяжелых формах заболевания. Показатели и их распределение среди пациентов исследуемой группы наглядно представлены в таблице 6.

**Таблица 6 - Распределение основных клинических показателей при определении степени тяжести хронического пародонтита (n = 81)**

Степень тяжести	Глубина зондирования	Подвижность зубов	Индекс кровоточивости	Отек десен	Отсутствие зубов	Результаты клинико-инструментального обследования	
						N	%
<b>Легкая степень</b>	до 4-6 мм	0 степень (нет)	0-1 степень	Нет - Легкий	0	40	49,38
<b>Средняя степень</b>	7-9 мм	1 степень	1-2 степень	Легкий - Средний	менее 4 зубов	31	38,27
<b>Тяжелая степень</b>	10-14 мм	2-3 степень	2-3 степень	Средний - Тяжелый	менее 4 зубов	8	9,88
<b>Очень тяжелая степень</b>	более 15 мм	3 степень	3 степень	Тяжелый	более 4 зубов	2	2,47

Согласно клинико-инструментальному обследованию пациенты по степени тяжести заболевания распределились следующим образом (рисунок 9):

Легкая степень – 40 пациентов (49,38 %);

Средняя степень – 31 пациент (38,27 %);

Тяжелая степень – 8 пациентов (9,88 %);

Очень тяжелая степень – 2 пациента (2,47 %).

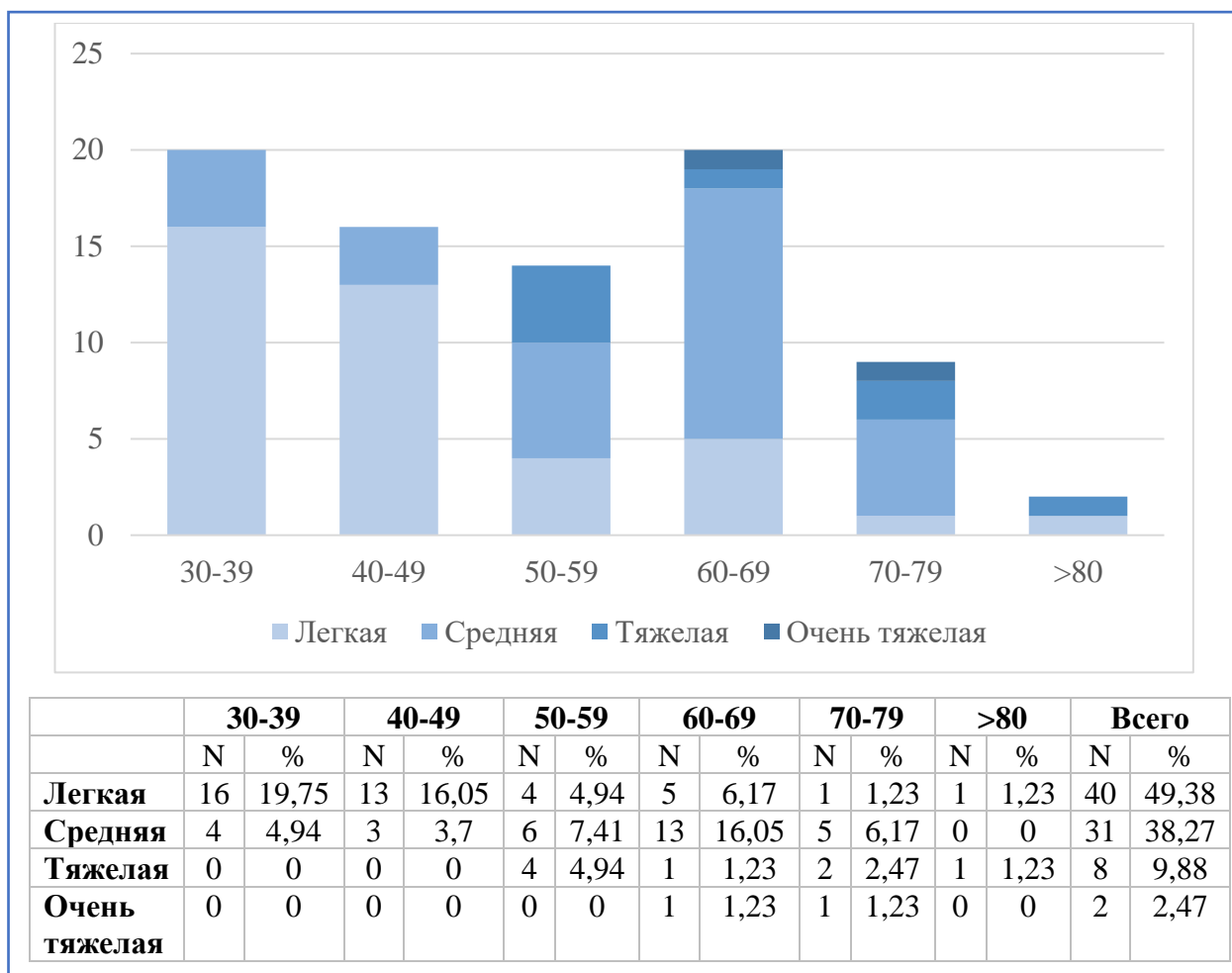


Рисунок 9 - Диаграмма. Распределение пациентов в зависимости от степени тяжести заболевания на основании клинико-инструментального обследования, количество случаев (проценты)

После клинико-инструментального обследования исследуемой группе была выполнена цифровая панорамная томография и конусно-лучевая компьютерная томография челюстно-лицевой области.

Для определения степени тяжести хронического пародонтита по данным цифровых панорамных томограмм использовались критерии, учитывающие уровень резорбции, оцениваемый по третям: на 1/3, 1/2, 2/3, более 2/3 относительно длины корня, и количество утраченных зубов.

Согласно лучевому обследованию методом цифровой ОПТГ пациенты по степени тяжести заболевания распределились следующим образом (рисунок 10):

Легкая степень – 42 пациента (51,85 %);

Средняя степень – 31 пациент (38,27 %);

Тяжелая степень – 3 пациента (3,71 %);

Очень тяжелая степень – 5 пациентов (6,17 %).

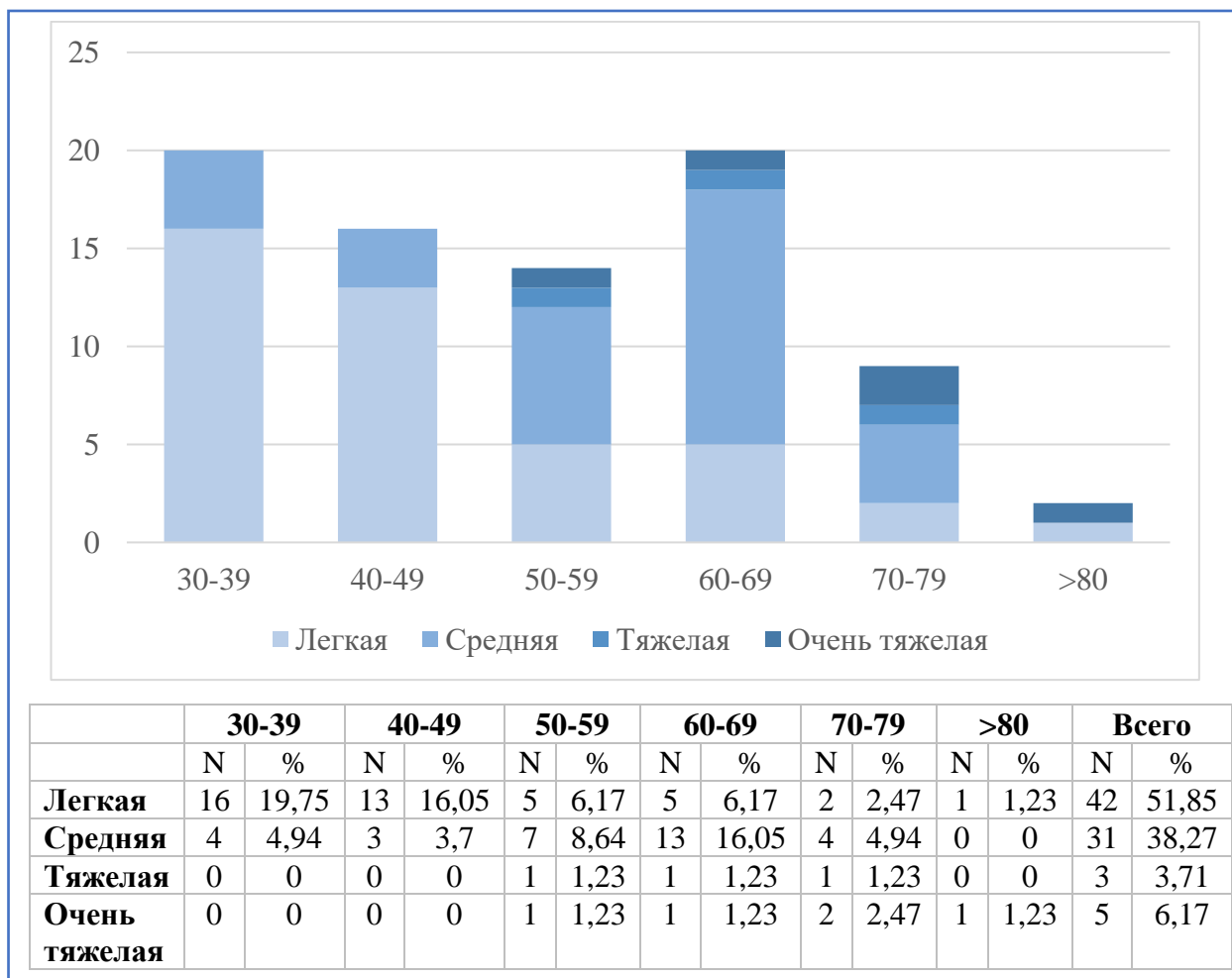


Рисунок 10 - Диаграмма. Распределение пациентов в зависимости от степени тяжести заболевания на основании лучевого обследования методом цифрой ОПТГ, количество случаев (проценты)

Разработанный метод оценки объема резорбции пародонта был применен для анализа всех конусно-лучевых компьютерных томограмм ( $n = 81$ ) исследуемой группы. Кроме того, было учтено количество утраченных зубов вследствие прогрессирования хронического пародонтита. Легкая степень определялась при объеме резорбции – 10-35 %, средняя при объеме резорбции – 36-65 %, тяжелая при объеме резорбции – >66 % с потерей до 4 зубов и очень тяжелая при объеме резорбции – >66 % с потерей более 4 зубов. Чтобы достоверно сравнить результаты зондирования и определения объема резорбции, расчеты объема были проведены для тех же зубов, что и зондирование.

В свою очередь, получение точных количественных данных об объеме резорбции позволяет использовать этот метод в качестве точного способа определения степени тяжести хронического пародонтита.

Согласно лучевому обследованию методом КЛКТ пациенты по степени тяжести заболевания распределились следующим образом (рисунок 11):

Легкая степень – 37 пациентов (45,68 %);

Средняя степень – 35 пациентов (43,21 %);

Тяжелая степень – 4 пациента (4,94 %);

Очень тяжелая степень – 5 пациентов (6,17 %).

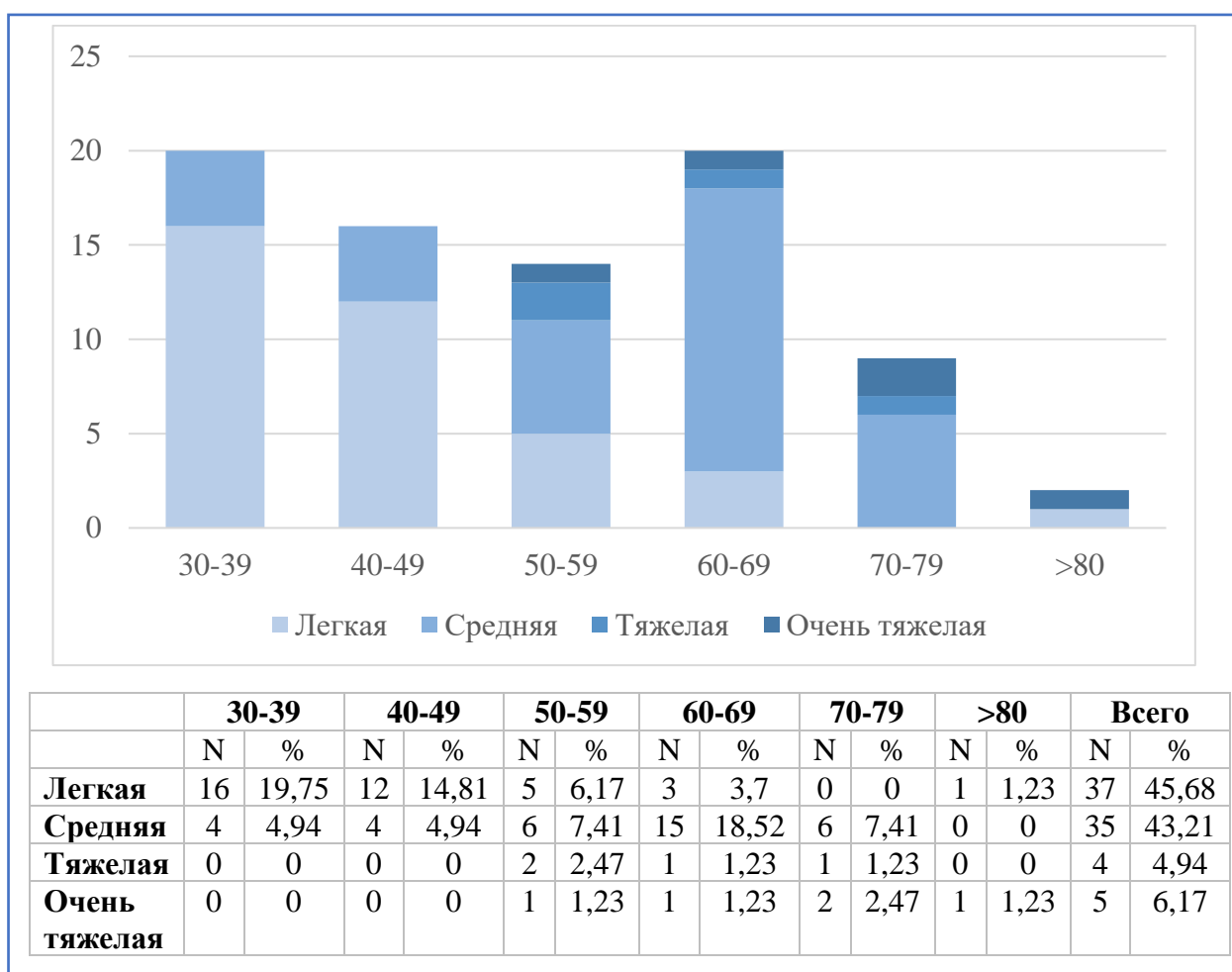


Рисунок 11 - Диаграмма. Распределение пациентов в зависимости от степени тяжести заболевания на основании лучевого обследования методом КЛКТ, количество случаев (проценты)

При анализе данных, полученных при лучевом обследовании двумя методами, были выявлены различия в распределении пациентов по категориям

тяжести заболевания. Полученные результаты указывают на то, что КЛКТ имеет тенденцию к перераспределению части случаев из категории «легкая» в категорию «средняя» тяжесть по сравнению с цифровой ОПТГ. Основные причины выявленных расхождений носят фундаментальный, методологический характер и обусловлены физическими и технологическими особенностями исследований: более высокой разрешающей способностью, отсутствием суммационного эффекта и точностью количественной оценки у КЛКТ, что позволяет проводить трехмерную оценку резорбции пародонта по четырем точкам измерений, вместо двух у цифровой ОПТГ. Вышесказанное позволяет сделать вывод о преимуществе конусно-лучевой компьютерной томографии перед цифровой панорамной томографией в оценке патологических изменений при хроническом пародонтите.

Для оценки взаимосвязи изучаемых на втором этапе исследования признаков, определения факторов, влияющих на эти признаки, был выполнен статистический анализ с применением программных пакетов «Microsoft Excel» и «STATISTICA 12».

В статистическом анализе результатов исследования были использованы 4 группы данных, включающих в себя: данные зондирования пародонта, выраженные в миллиметрах (мм); объем резорбции пародонта, выраженный в процентах (%); подвижность зубов, выраженная в степени (0-3); кровоточивость десен, выраженная в индексе (0-3). Всего было проанализировано 444 показателя полученные при обследовании 81 (100 %) пациента исследуемой группы.

В начале статистической обработки данных была проведена проверка соответствия анализируемых данных нормальному закону распределения с помощью тестов Шапило-Уилка и Колмогорова-Смирнова. Результаты тестов, представленные на рисунке 12 показали, что распределение значений исследуемых параметров не подчиняется нормальному закону.

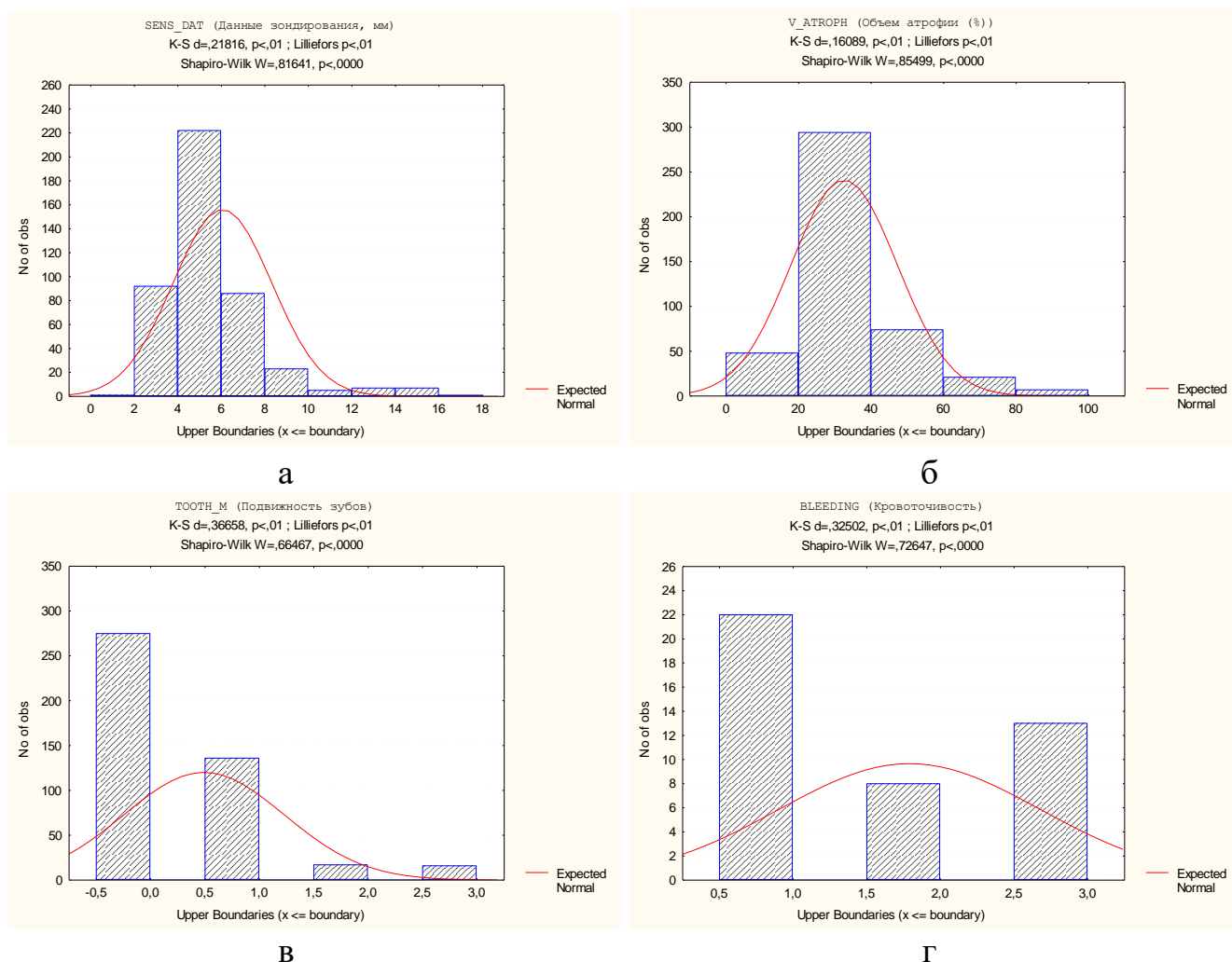


Рисунок 12 - Диаграммы. Соответствие данных нормальному закону распределения: а) зондирования; б) объема резорбции пародонта; в) подвижности зубов; г) кровоточивости десен

Поэтому для поиска взаимосвязи между различными признаками исследуемых групп был использован ранговый коэффициент корреляции Спирмена, который относится к одному из непараметрических критериев.

Была установлена высокая значимая степень взаимосвязи объема резорбции с глубиной зондирования ( $R=0,788$ ) и объема резорбции с подвижностью зубов ( $R=0,77$ ). При оценке связи объема резорбции с кровоточивостью зубов, связь не была установлена, а связь глубины зондирования с подвижностью зубов показала лишь умеренный уровень  $R=0,634$ .

В ходе исследования не была установлена взаимосвязь между глубиной зондирования и кровоточивостью десен, а также между подвижностью зубов и кровоточивостью десен.

Результаты корреляции представлены в таблице 7.

Таблица 7 - Данные корреляционного анализа

<b>Переменные</b>	<b>Объем выборки (Valid N)</b>	<b>Коэффициент ранговой корреляции Спирмена (Spearman R)</b>	<b>T-критерий T (N-2)</b>	<b>p-уровень</b>
Объем резорбции и данные зондирования	444	0,788075	26,91500	0,00
Объем резорбции и подвижность зубов	444	0,770470	25,40987	0,00
Объем резорбции и кровоточивость	444	-0,066629	-1,40391	0,161049
Данные зондирования и подвижность зубов	444	0,634516	17,25938	0,00
Данные зондирования и кровоточивость	444	-0,090422	-1,90883	0,056931
Подвижность зубов и кровоточивость	444	-0,010551	-0,221840	0,824541

Для дальнейшей оценки связи объема резорбции и глубины зондирования был использован регрессионный анализ, результаты которого представлены в таблице 8.

Таблица 8 - Данные регрессионного анализа

Множественная регрессия N=444			R= 0,80083998 R <sup>2</sup> = 0,64134467 Adjusted RI= 0,64053323 F (1,442)=790.38 p<0,0000 Std.Error of estimate: 0,10488			
	<b>Стандар тизованн ые регресси онные коэффици енты (BETA)</b>	<b>Стандарт ная ошибка оценки (St. Err. of BETA)</b>	<b>Нестанд артизов анные регресси онные коэффици енты (B)</b>	<b>Стандар тная ошибка оценки (St. Err. of B)</b>	<b>Т- критери й Т (N-2)</b>	<b>р- уровень</b>
Оценка свободно го члена b <sub>0</sub> регрессии (Intercpt)			0,727659	0,027080	26,87045	0,00
Переменн ые (L_SENS)	0,800840	0,028486	0,988542	0,035162	28,11371	0,00

Коэффициент корреляции в регрессии R составляет 0,8 и указывает на высокую значимую степень взаимосвязи объема резорбции и глубины зондирования, в то время как коэффициент детерминации R<sup>2</sup> (качество модели) равен 0,64, что говорит нам о том, что изменение резорбции на 64 % определяется данными зондирования, а остальные 36 % изменений определяются другими факторами (таблица 9). Нормальность распределения остатков представлена на рисунке 13 (нормальный график остатков).

Таблица 9 - Данные остаточного анализа

Число наблюдений: 444	
Коэффициент множественной корреляции R: 0,80083998	
F-критерий = 790,3810	Степень свободы (df) = 1,442
Коэффициент детерминации R <sup>2</sup> : 0,64134467	p = 0,000000
Скорректированный коэффициент детерминации (adjuster R <sup>2</sup> ): 0,64053323	
Стандартная ошибка оценки: 0,104875826	
Оценка свободного члена b <sub>0</sub> регрессии (Intercept): 0,727658973	
Стандартная ошибка оценки свободного члена b <sub>0</sub> (Std.Error): 0,0270803	
t-критерий (442) = 26,870	p < 0,0000

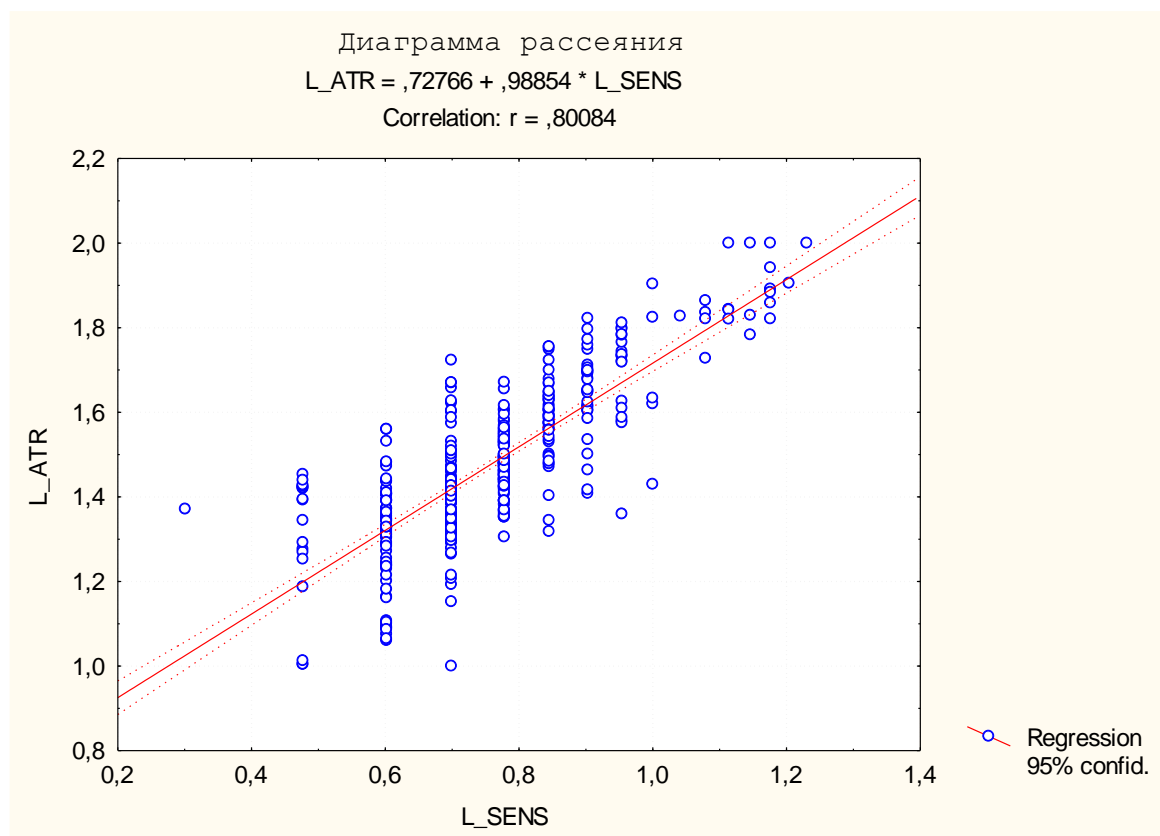


Рисунок 13 - Диаграмма. Нормальность распределения остатков

При построении графика регрессии видно, как точки компактно располагаются вдоль теоретической ожидаемой прямой, что говорит о нормальности распределения остатков (рисунок 14). Таким образом, применение

линейной регрессионной модели корректно. Дисперсия остатков остается неизменной на всем диапазоне анализируемых признаков (рисунок 15).

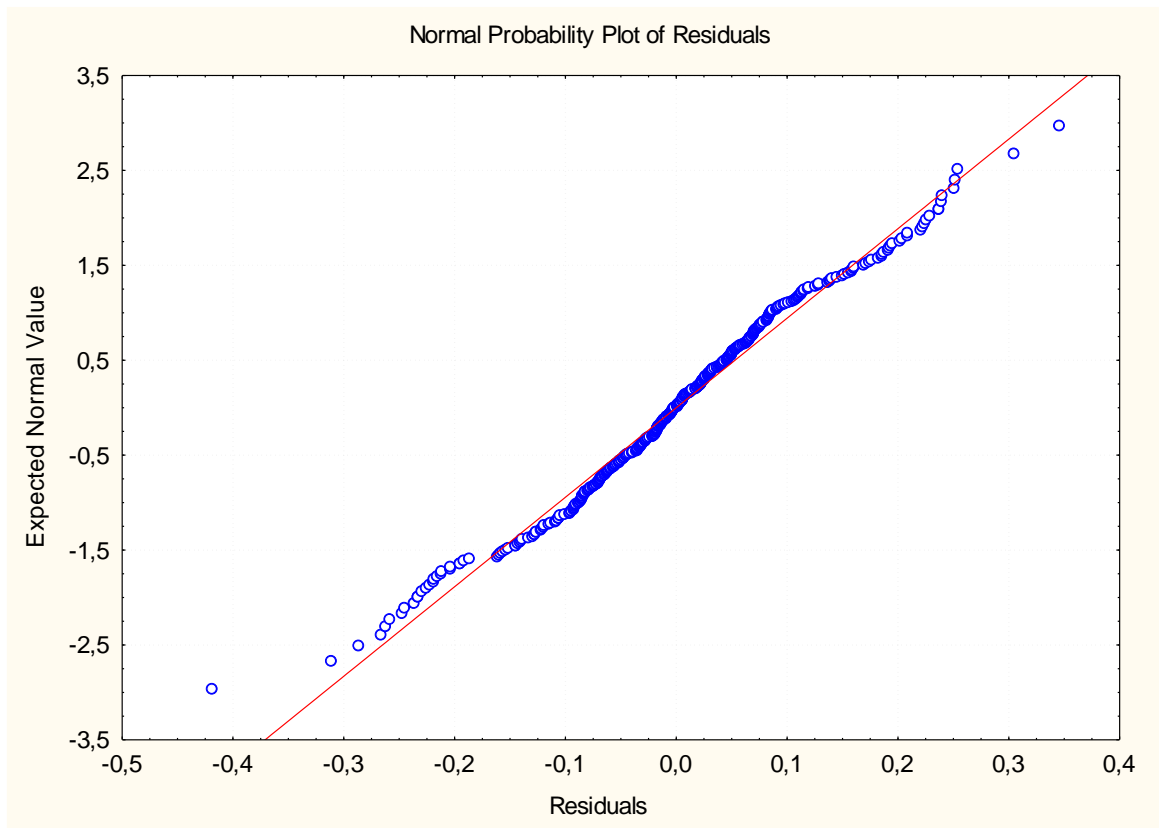


Рисунок 14 - Диаграмма. График регрессии

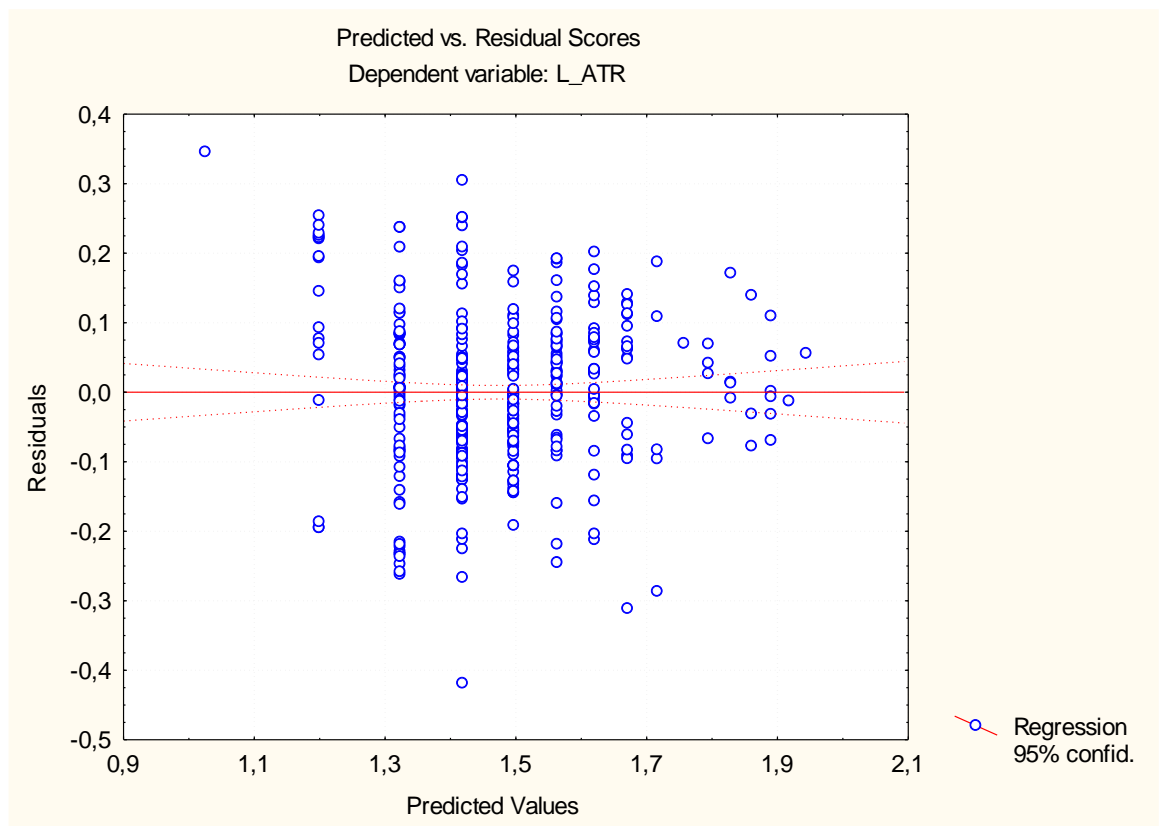


Рисунок 15 - Диаграмма. Дисперсия остатков

В данном исследовании условия нормальности и неизменности дисперсии остатков выполняется, что, в свою очередь, говорит о корректности модели.

Можно с уверенностью говорить о четкой взаимосвязи объема резорбции пародонта с данными зондирования и подвижностью зубов. Данные объема резорбции пародонта напрямую коррелируют с данными глубины зондирования, на что указывает ранговый коэффициент корреляции Спирмена  $R=0,788$  и коэффициент корреляции в регрессии  $R=0,8$ .

Тем не менее ряд корреляционных связей имели низкий коэффициент корреляции Спирмена, за счет чего можно вынести заключение о несоответствии некоторых показателей, установленных при зондировании пародонтального кармана и при определении объема резорбции. Все случаи данного несоответствия совпали со случаями, когда определение степени тяжести при клинико-инструментальном обследовании отличалось от степени тяжести, определенной на КЛКТ. Итоговая диаграмма представлена на рисунке 16.

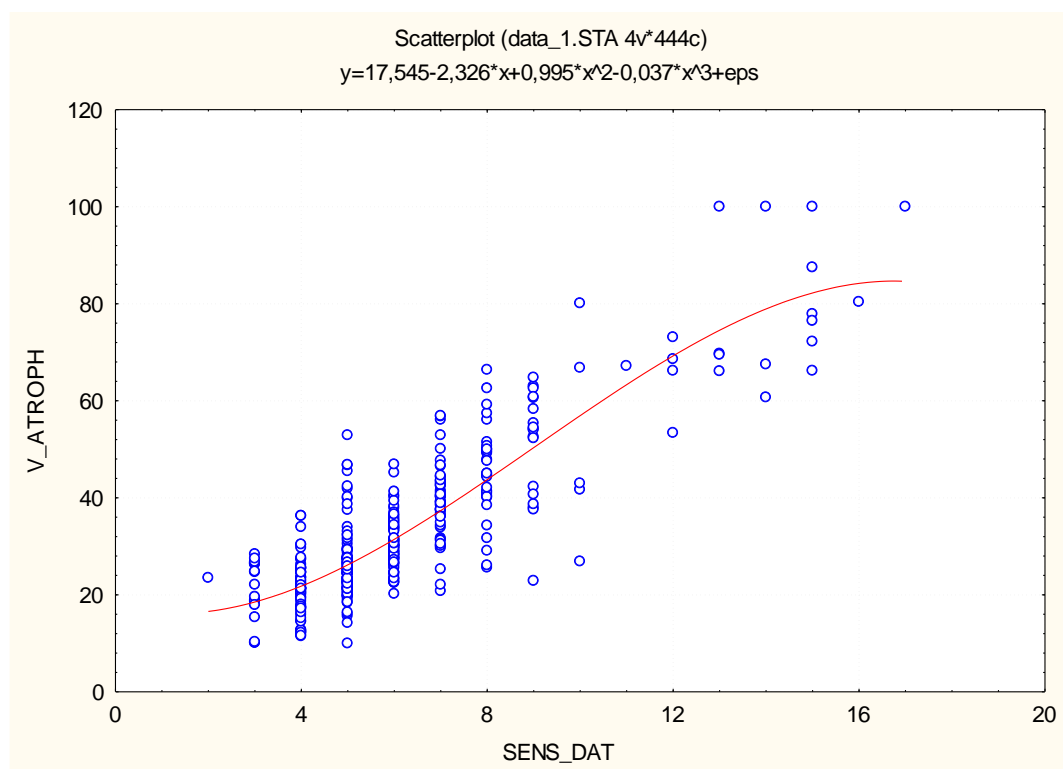


Рисунок 16 - Диаграмма. Итоговая диаграмма рассеяния

Дополнительно выполнен поиск взаимосвязи между объемом резорбции и глубиной зондирования разделенных по степеням тяжести заболевания: легкая, средняя, тяжелая и очень тяжелая степени. Была построена регрессионная модель

зависимости объема резорбции на основе данных зондирования, разделенных по степеням тяжести. Общая модель представлена на рисунках 17, 18.

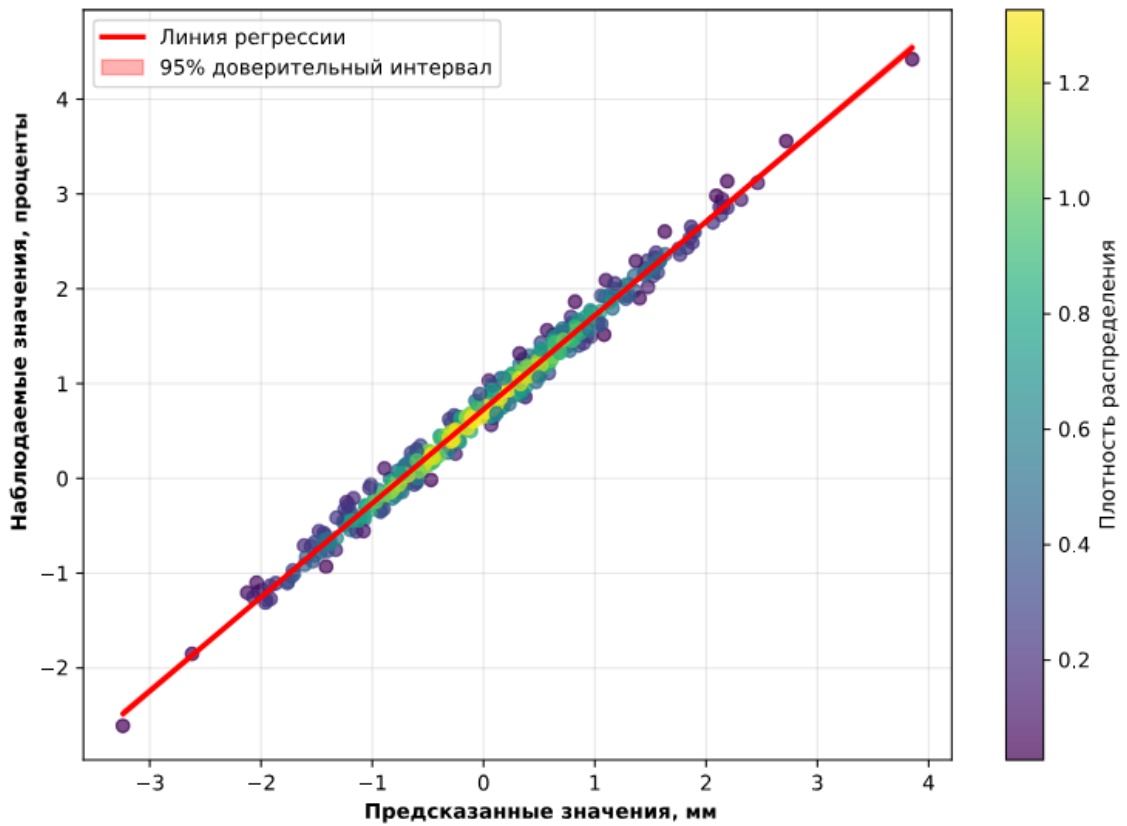


Рисунок 17 - Диаграмма. Регрессия случаев по степеням тяжести

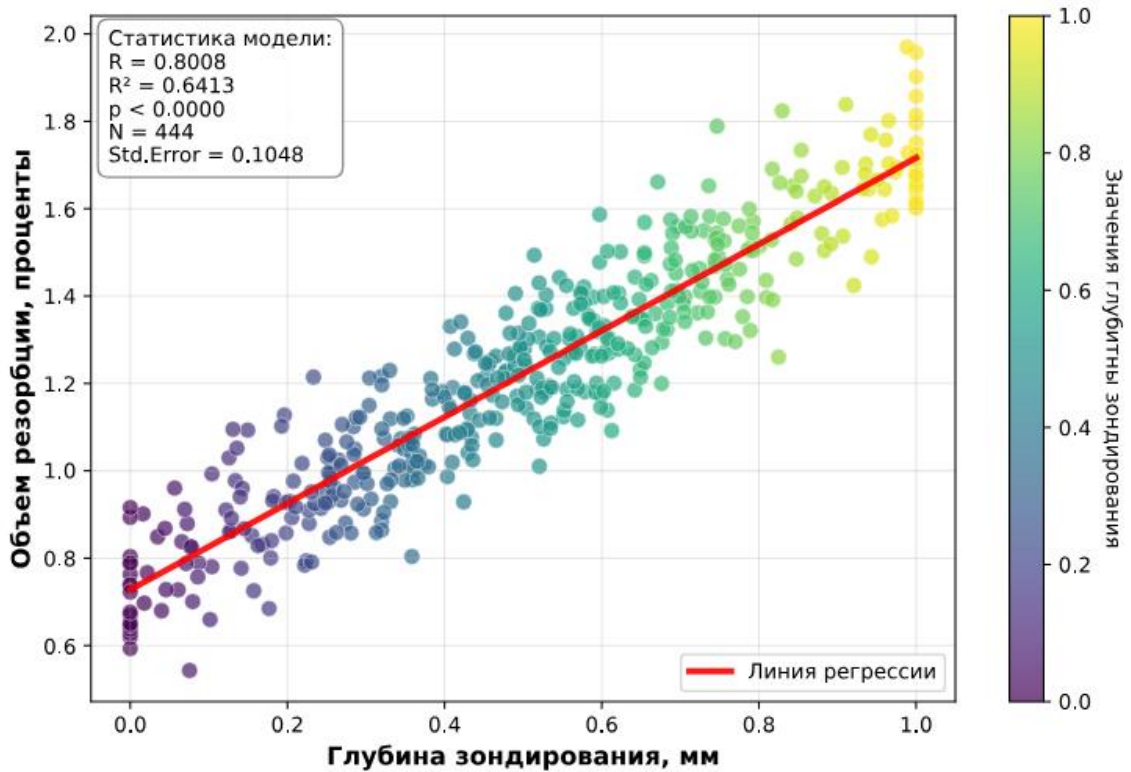


Рисунок 18 - Диаграмма. Рассеяние случаев по степеням тяжести

Коэффициент корреляции в регрессии  $R$  и коэффициент детерминации  $R^2$  соответственно составили:

- для легкой степени:  $R = 0,27$  и  $R^2 = 0,07$ ;
- для средней степени:  $R = 0,27$  и  $R^2 = 0,02$ ;
- для тяжелой степени:  $R = 0,85$  и  $R^2 = 0,72$ ;
- для очень тяжелой степени:  $R = 0,67$  и  $R^2 = 0,45$ .

Общие результаты регрессионного анализа по степеням тяжести представлены в таблице 10.

Таблица 10 - Данные регрессионного анализа по степеням тяжести

<b>Легкая степень</b>	
Число наблюдений: 176	
Коэффициент множественной корреляции $R$ : 0,27971740	
Ф-критерий = 14,76968	Степень свободы (df) = 1,174
Коэффициент детерминации $R^2$ : 0,07824182	$p = 0,000170$
Скорректированный коэффициент детерминации (adjusted $R^2$ ): 0,07294436	
Стандартная ошибка оценки: 0,122034424	
Оценка свободного члена $b_0$ регрессии (Intercept): 1,082142287	
Стандартная ошибка оценки свободного члена $b_0$ (Std.Error): 0,0729082	
t-критерий (174) = 14,843	$p = 0,0000$
<b>Средняя степень</b>	
Число наблюдений: 169	
Коэффициент множественной корреляции $R$ : 0,05136754	
Ф-критерий = 0,4418160	Степень свободы (df) = 1,167
Коэффициент детерминации $R^2$ : 0,00263862	$p = 0,507164$
Скорректированный коэффициент детерминации (adjusted $R^2$ ): 0,00333360	
Стандартная ошибка оценки: 0,122034424	
Оценка свободного члена $b_0$ регрессии (Intercept): 1,494329008	
Стандартная ошибка оценки свободного члена $b_0$ (Std.Error): 0,0757180	
t-критерий (167) = 19,735	$p = 0,0000$

<b>Тяжелая степень</b>	
Число наблюдений: 21	
Коэффициент множественной корреляции R: 0,85177334	
F-критерий = 50,22125	Степень свободы (df) = 1,19
Коэффициент детерминации R <sup>2</sup> : 0,72551782	p = 0,000001
Скорректированный коэффициент детерминации (adjuster R <sup>2</sup> ): 0,71107139	
Стандартная ошибка оценки: 0,096488864	
Оценка свободного члена b <sub>0</sub> регрессии (Intercept): 0,833446494	
Стандартная ошибка оценки свободного члена b <sub>0</sub> (Std.Error): 0,1191678	
t-критерий (19) = 6,9939	p = 0,0000
<b>Очень тяжелая степень</b>	
Число наблюдений: 21	
Коэффициент множественной корреляции R: 0,67450512	
F-критерий = 15,85964	Степень свободы (df) = 1,19
Коэффициент детерминации R <sup>2</sup> : 0,45495715	p = 0,000798
Скорректированный коэффициент детерминации (adjuster R <sup>2</sup> ): 0,42627069	
Стандартная ошибка оценки: 0,106574254	
Оценка свободного члена b <sub>0</sub> регрессии (Intercept): 1,057257065	
Стандартная ошибка оценки свободного члена b <sub>0</sub> (Std.Error): 0,1861340	
t-критерий (19) = 5,6801	p = 0,0000

Анализ изучаемых признаков показал, что их взаимосвязь имеет сложную динамику. Полученные статистические данные показали возрастающую силу корреляции между методами диагностики по мере увеличения тяжести заболевания. Вышесказанное подтверждает взаимодополняемость методик в клинической практике.

Модель регрессии и распределения остатков для каждой степени тяжести представлена на рисунке 19.

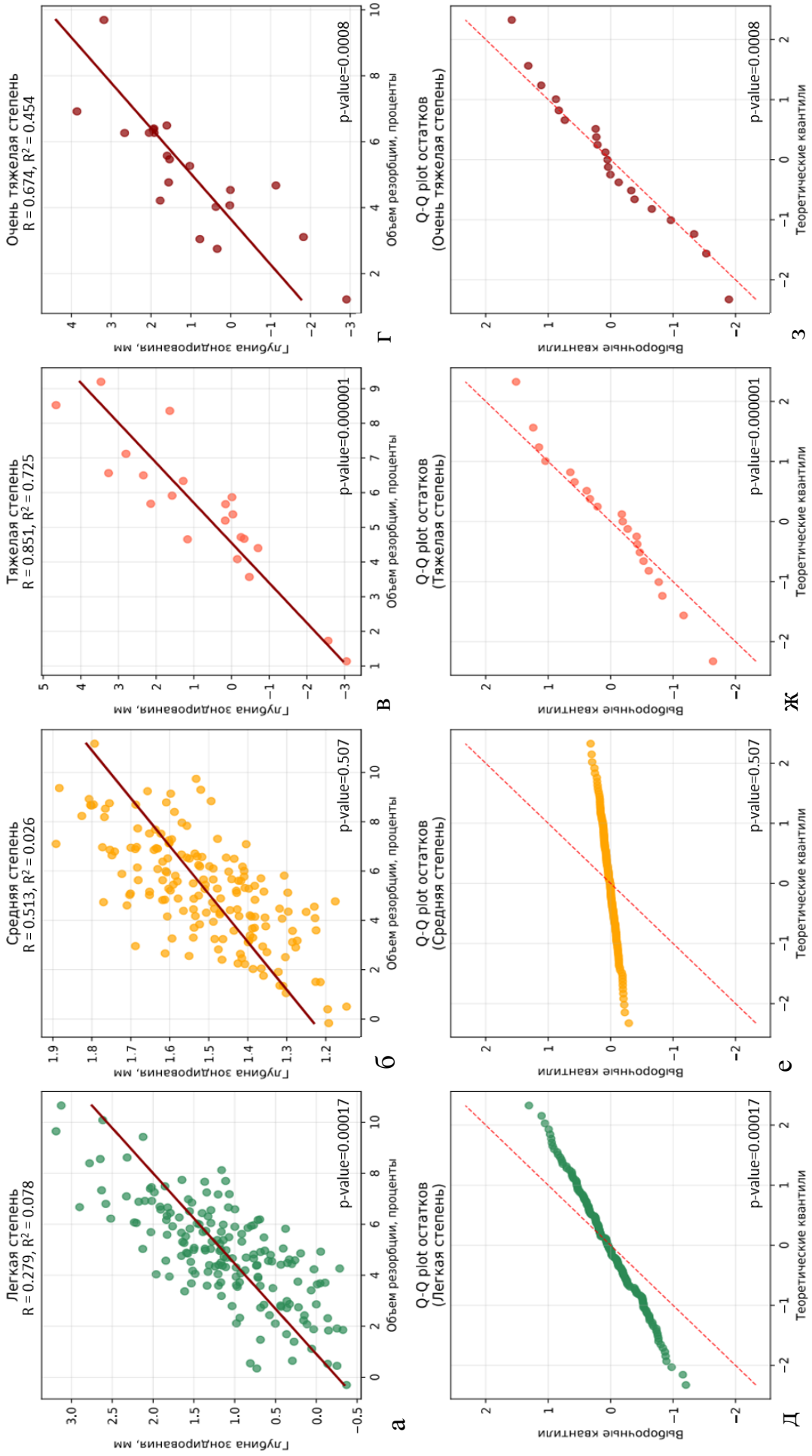


Рисунок 19 - Диаграммы: а) регрессии для легкой степени; б) регрессии для средней степени; в) регрессии для тяжелой степени; г) регрессии для очень тяжелой степени; д) рассеяния для легкой степени; е) рассеяния для средней степени; ж) рассеяния для тяжелой степени; з) рассеяния для очень тяжелой степени

В 64 (79 %) случаях степень тяжести заболевания, определенная на основании клинико-инструментального обследования, и степень тяжести, определенная с помощью КЛКТ, совпали. Тем не менее в 17 (21 %) случаев было установлено несоответствие в стадировании заболевания (рисунок 20). В 11 (13,58 %) случаях была выставлена более тяжелая степень относительно данных клинико-инструментального обследования и 6 (7,42 %) выставлена, напротив, менее тяжелая степень (рисунок 21).

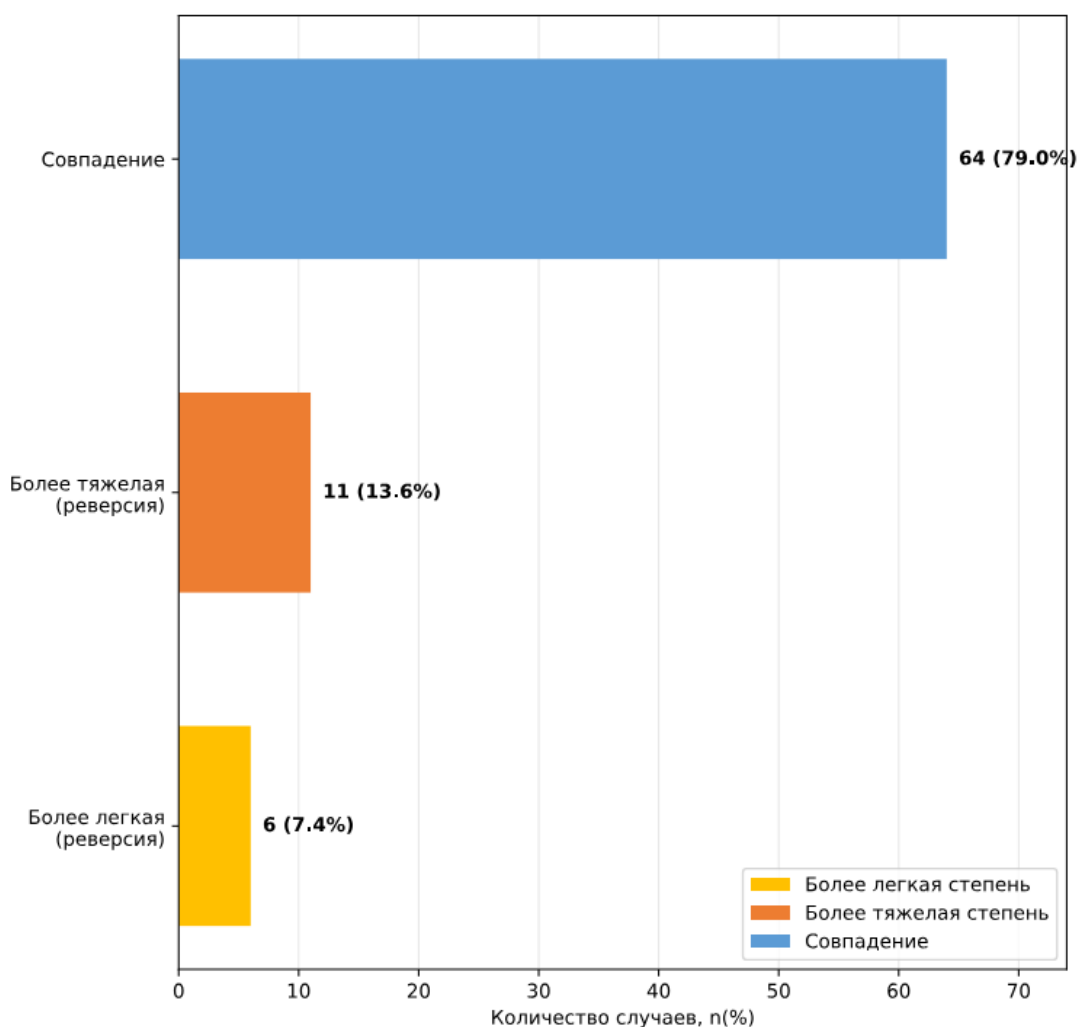


Рисунок 20 - Диаграмма. Распределение случаев совпадения и расхождения определенной степени тяжести, определенной на основании клинико-инструментального обследования и с помощью КЛКТ, количество случаев (проценты)

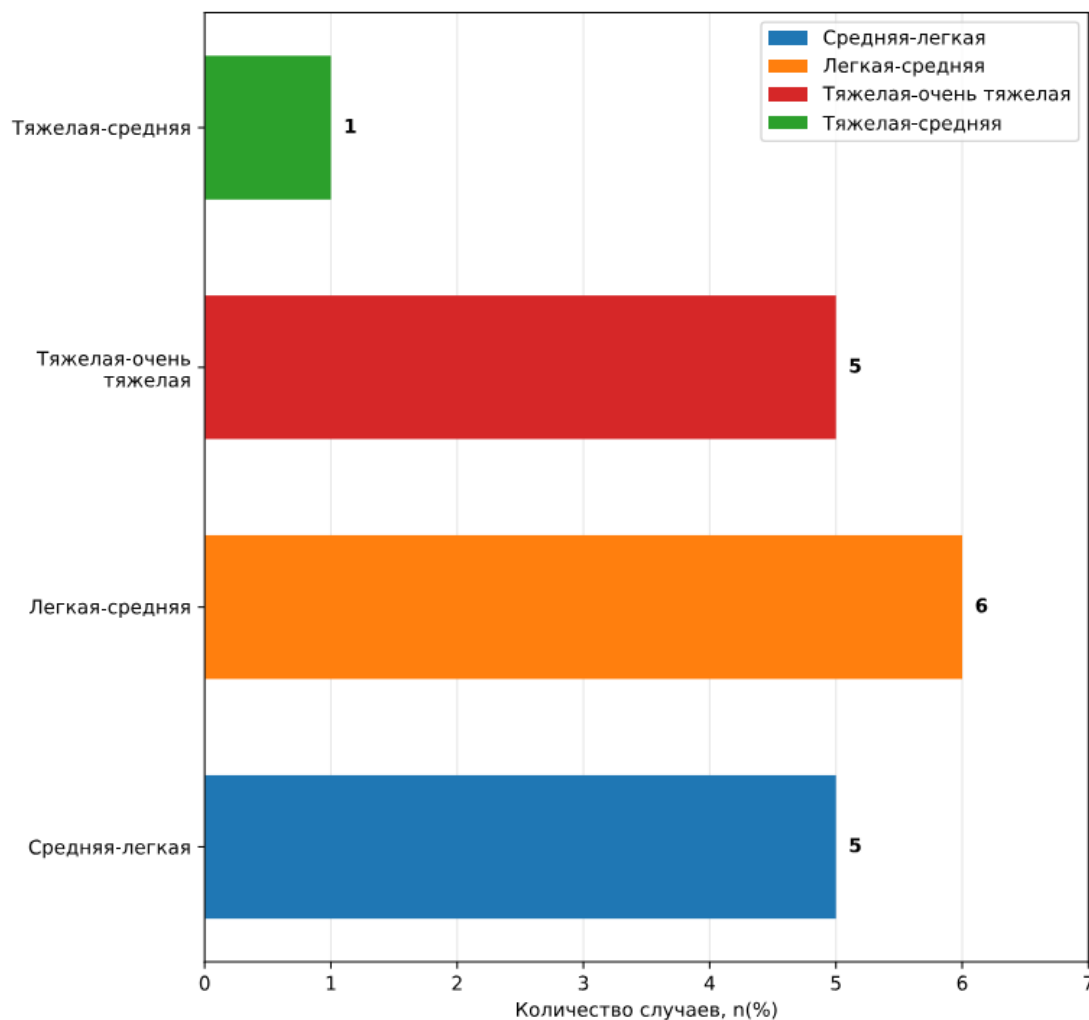


Рисунок 21 - Диаграмма. Детальное распределения случаев расхождения определенных с помощью КЛКТ, количество случаев (проценты)

При статистической обработке данных выявлены статистически значимые различия в распределении пациентов по степеням тяжести между клинико-инструментальным и лучевым методами диагностики. Конусно-лучевая компьютерная томография предоставляет более детальную и более точную информацию, что в клинической практике позволяет принимать более обоснованные решения, особенно в сложных случаях. Различия наглядно представлены на рисунке 22. Графики кумулятивного распределения данных двух методов обследования, представленные на рисунке 23 наглядно демонстрируют, четкое разделение степеней тяжести. Объем резорбции показывает лучшую дискриминацию между степенями тяжести, а минимальное перекрытие распределений подтверждает диагностическую ценность КЛКТ.

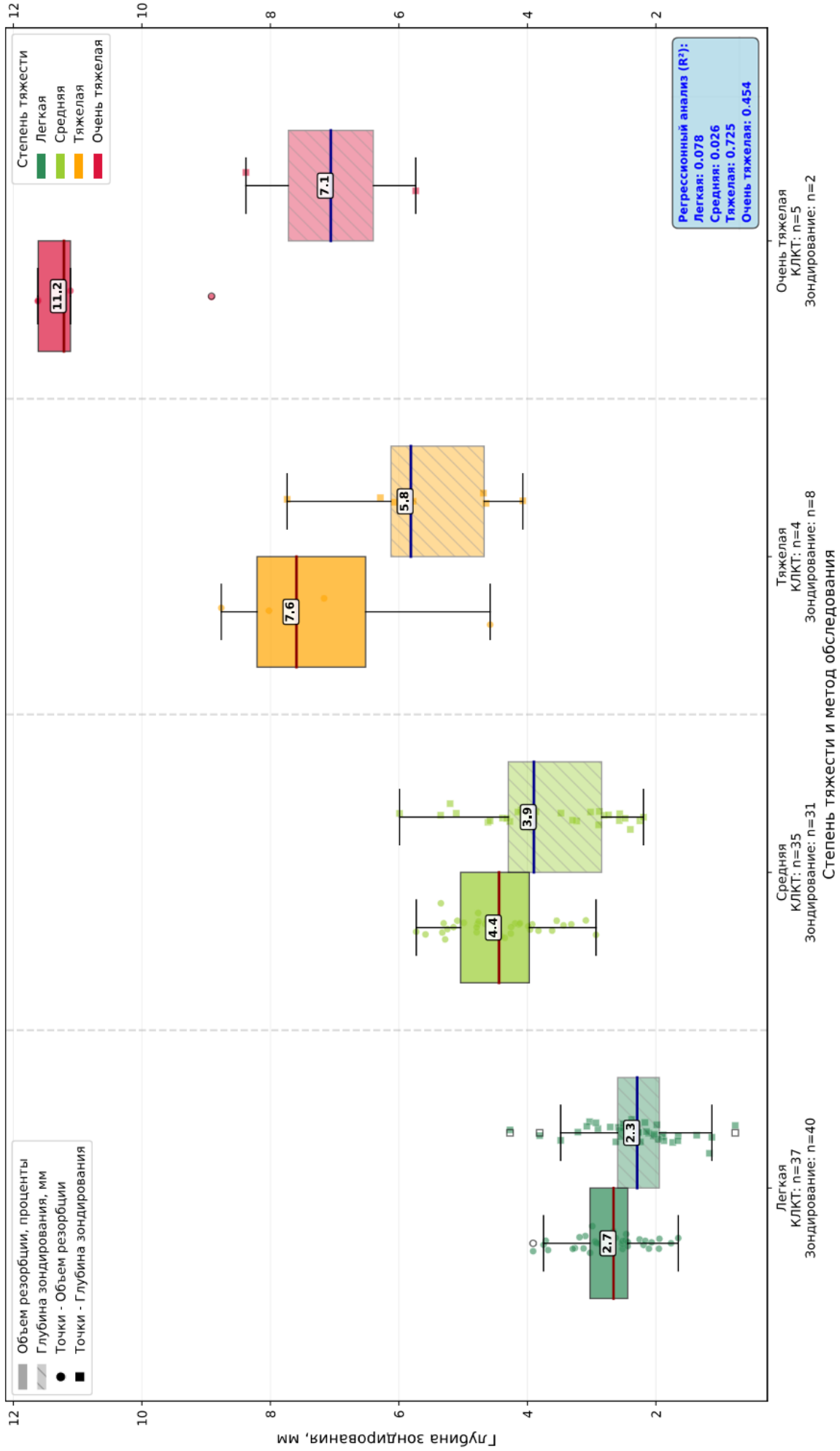


Рисунок 22 - Диаграмма. Клиническая вариабельность показателей по степеням тяжести

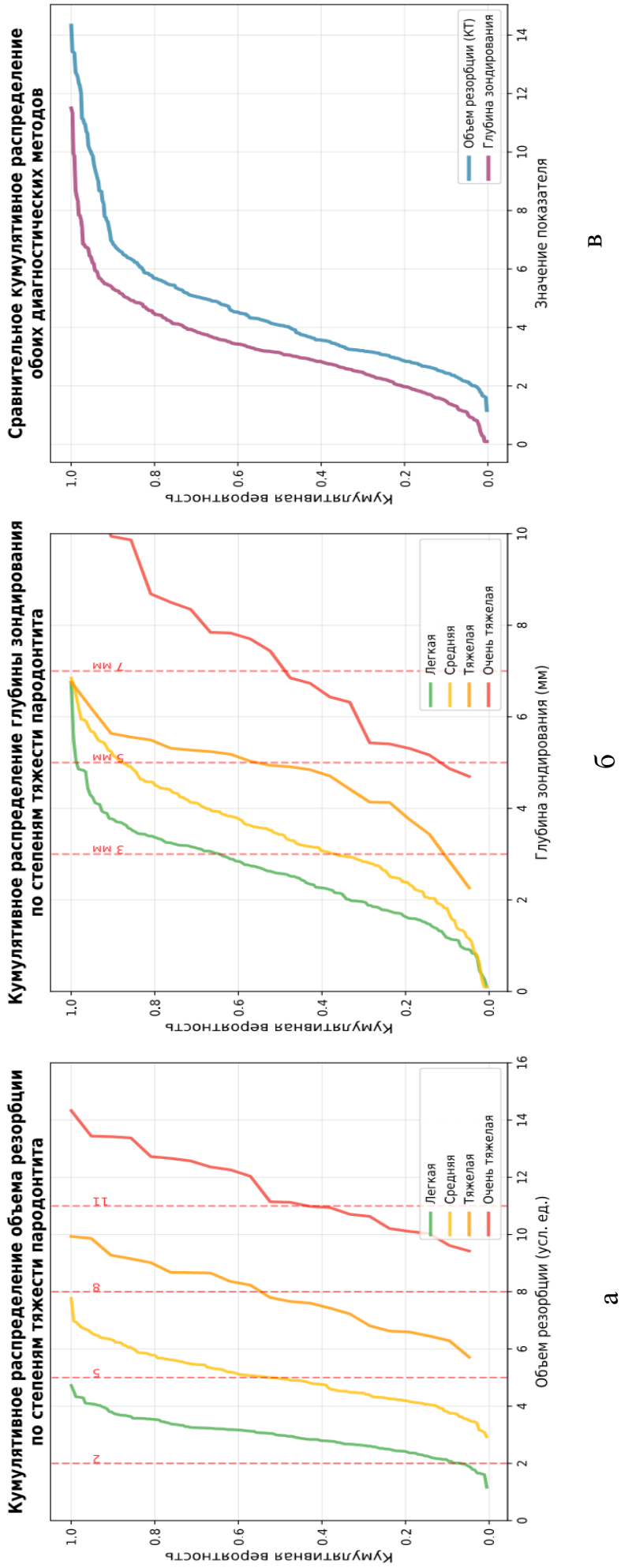


Рисунок 23 - Диаграммы: а) кумулятивное распределение объема резорбции по степеням тяжести; б) кумулятивное распределение глубины зондирования по степени тяжести; в) сравнительное кумулятивное распределение обоих диагностических методов

Анализ систематических ошибок диагностических методов выявил их принципиально различный характер. Метод зондирования продемонстрировал значительную среднюю ошибку (2,27), имеющую устойчивую тенденцию к завышению показателей, которая усугубляется при тяжелых поражениях. В отличие от этого, конусно-лучевая компьютерная томография показала минимальную и стабильную среднюю ошибку (0,12), сохраняя высокую точность независимо от степени тяжести патологии. Таким образом, ошибки зондирования носят систематический и предсказуемый характер, в то время как КЛКТ обеспечивает объективную и воспроизводимую диагностику. Результаты анализа представлены на рисунке 24.

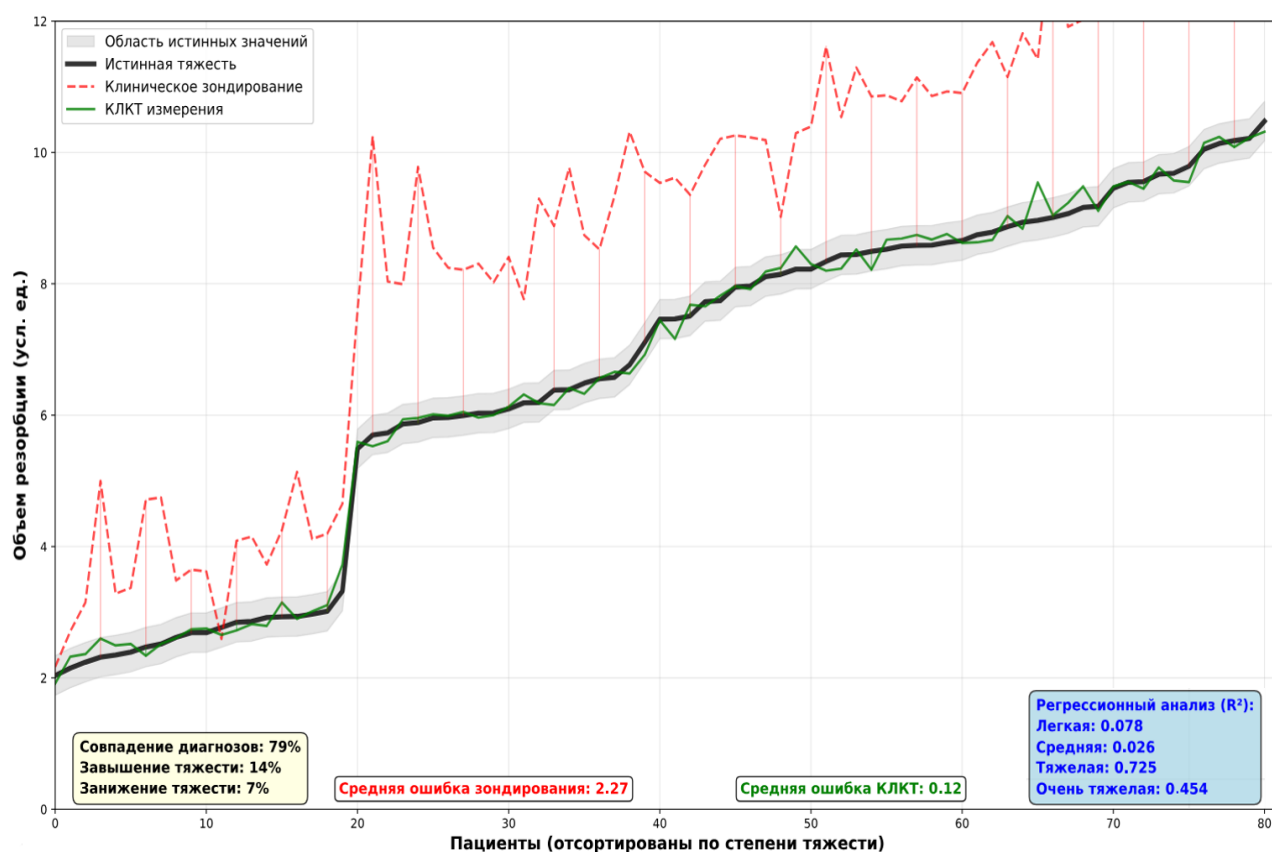


Рисунок 24 - Диаграмма. Анализ систематических ошибок клинического зондирования (средняя ошибка: 2,27) и систематических ошибок КЛКТ (средняя ошибка: 0,12)

По результатам анализа данных обследования была выявлена главная причина, по которой стадирование степени тяжести различалось. Этой причиной стали неверные результаты измерения глубины пародонтального кармана, т.е.

неточность данных зондирования. Неточность измерений преимущественно была связана с двумя причинами:

1. Образованием у пациентов ложных пародонтальных карманов, имеющих больший показатель глубины зондирования относительно объема резорбции;
2. Сильным отеком слизистой, не позволяющим выполнить адекватное зондирование, из-за чего глубина зондирования имеет меньший показатель относительно объема резорбции.

Данное ограничение классической методики подтверждает неоспоримые преимущества конусно-лучевой компьютерной томографии и предлагаемого нового метода количественной оценки объема резорбции. В отличие от зондирования, КЛКТ обеспечивает прямую и объективную визуализацию костной ткани, что позволяет точно измерить масштаб резорбции, являющейся основным диагностическим критерием тяжести пародонтита.

Таким образом, КЛКТ целесообразно рекомендовать в качестве основного метода диагностики, поскольку этот метод позволяет нивелировать фундаментальные недостатки инструментального обследования: болезненность для пациента, риск усиления кровоточивости и создания раневой поверхности, большую длительность процедуры и, что наиболее важно, субъективность измерений.

#### **3.4. Стадирование степени тяжести хронического пародонтита по данным клинико-лучевых методов исследования**

Существующие классификации степени тяжести хронического пародонтита [16, 18, 28, 34, 133], несмотря на широкое применение, в ряде случаев обладают ограниченной объективностью, что может затруднять точную оценку патологических изменений в пародонте и, как следствие, приводить к возможным ошибкам в определении степени тяжести заболевания. Важно отметить, что неравномерность убыли тканей пародонта в различных квадрантах челюстей часто

приводит к возникновению ошибок в определении степени тяжести заболевания при использовании стандартных методик обследования.

С целью более точной оценки тяжести хронического пародонтита нами была сформулирована и предложена классификация заболевания по степени тяжести. Разработанная классификация основывается на количественной оценке объема резорбции пародонта (а), определяемого по используемой нами методике (патент RU2819658C1), и учитывает клинико-инструментальные показатели, отражающие тяжесть деструктивных изменений в пародонте [32]. Классификация включает 4 степени тяжести [4, 8]:

**I степень (легкая):** Объем резорбции альвеолярной кости составляет от 10 % до 35 %. Клинически отмечаются начальные воспалительные проявления локального характера: умеренный отек и кровоточивость слизистой оболочки. Подвижность зубов отсутствует либо соответствует 1 степени. Инструментально выявляется глубина пародонтальных карманов до 6 мм. При объеме резорбции, превышающем 35 %, наблюдается выраженное усиление клинической симптоматики, что послужило основанием для выделения следующей степени.

**II степень (средняя):** Объем резорбции составляет от 36 % до 65 %. Характеризуется выраженными воспалительно-деструктивными изменениями генерализованного характера: отек слизистой нарастает, кровоточивость слизистой оболочки может возникать сразу после исследования. Подвижность зубов достигает 1-2 степени, глубина зондирования увеличивается до 9 мм. Эти данные свидетельствуют о прогрессировании патологического процесса в тканях пародонта.

**III степень (тяжелая):** Объем резорбции превышает 66 %. Отмечаются выраженные клинические проявления: генерализованный отек и кровоточивость 2-3 степени. Подвижность зубов усиливается до 2-3 степени, глубина зондирования составляет 10-14 мм. Дополнительно выявляются глубокие костные карманы, признаки вторичной адентии с потерей до 4 зубов, что указывает на значительное разрушение пародонтального комплекса.

**IV степень (очень тяжелая):** Объем резорбции сохраняется на уровне более 66 %, однако отличается по выраженности осложнений. Клиническая картина усугубляется: стойкий тяжелый генерализованный отек, кровоточивость возникает после приема пищи и чистки зубов. Резко выраженная подвижность зубов 3 степени, зуб движется не только в щечно-язычном направлении, но и по вертикали, функция зубов нарушена. Глубина пародонтальных карманов превышает 15 мм. Наблюдаются множественные глубокие костные карманы и вторичная адентия с потерей более 4 зубов, что указывает на крайнюю степень разрушения пародонта и выраженное нарушение функции зубочелюстной системы, существует риск потери всех зубов.

Предложенная нами классификация наглядно представлена в таблице 11.

**Таблица 11 - Предложенная классификация хронического пародонтита по степени тяжести по данным клинико-лучевых методов исследования (n = 81)**

Степень тяжести	Объем резорбции	Глубина зондирования	Подвижность зубов	Индекс кровоточивости	Отек десен	Результаты лучевого обследования (КЛКТ)	
						N	%
<b>I степень (легкая)</b>	10-35 %	4-6 мм	0 степень (нет)	0-1 степень	Нет - Легкий	37	45,68
<b>II степень (средняя)</b>	36-65 %	7-9 мм	0-1 степень	1-2 степень	Легкий - Средний	35	43,21
<b>III степень (тяжелая)</b>	>66 % (с потерей до 4 зубов)	10-14 мм	2-3 степень	2-3 степень	Средний - Тяжелый	4	4,94
<b>IV степень (очень тяжелая)</b>	>66 % (с потерей более 4 зубов)	>15 мм	3 степень	3 степень	Тяжелый	5	6,17

Предложенная классификация степени тяжести хронического пародонтита, основанная на данных конусно-лучевой компьютерной томографии, обладает рядом существенных преимуществ по сравнению с традиционными диагностическими подходами, обеспечивая более объективную и количественно воспроизводимую оценку выраженности патологического процесса.

### **3.5. Клинический пример стадирования степени тяжести хронического пародонтита**

Пациентка Ю., 66 лет. Ранее проходила лечение по поводу хронического периодонтита и хронического пародонтита в стоматологической поликлинике по месту жительства. По прошествии 6 месяцев после лечения не отметила улучшения состояния десен.

При обращении в клинику жалобы включали выраженную кровоточивость десен, генерализованную болезненность десен, болезненность в области зуба 3.7, неприятный запах изо рта, повышенную чувствительность зубов жевательной группы при контакте с холодной и сладкой пищей, а также легкую подвижность зуба 3.1.

Осмотр челюстно-лицевой области без видимых изменений, лимфатические узлы не изменены.

Гигиеническое состояние полости рта неудовлетворительное. Осмотр полости рта выявил бледно-розовую, влажную слизистую оболочку. Десны отечны (средней степени), болезненны при пальпации. Отмечается генерализованная кровоточивость десен 2 степени, подвижность зуба 3.1 первой степени. Диагностирована частичная вторичная адентия зубов 2.8, 3.4, 3.6, 3.8, 4.7 и 4.8. При проведении зондирования установлено, что пародонтальные карманы достигают глубины 4-5 мм в области зубов 1.7-2.7 и 3.7-3.2, 4.1-4.5 и 8 мм в области зубов 3.1, 4.6.

Дополнительно диагностированы: ретенция зуба 1.8, кариес зубов 1.3, 2.2, 2.3, 4.4 и хронический апикальный периодонтит зуба 3.7.

На КЛКТ визуализируется генерализованная, относительно неравномерная резорбция костной ткани пародонта преимущественно по горизонтальному типу до 1/3-1/2 длины корней с более выраженным поражением фронтальной группы зубов нижней челюсти. Определяется формирование костного кармана по дистальной поверхности дистального корня зуба 4.6 до 2/3 длины корня. Также отмечается более выраженная резорбция в зонах вторичной адентии в следствии функциональной атрофии. Периодонтальные щели зубов незначительно расширены. Замыкательные кортикальные пластинки нечеткие, прослеживаются фрагментарно (рисунок 25).



Рисунок 25 - Панорамный реформат КЛКТ. Пациентка Ю. при первичном обследовании. Рентгенологическое заключение: хронический пародонтит средней степени

При определении объема резорбции пародонта, расчет показал средний объем резорбции пародонта в 21,7 % в области фронтальной группы зубов верхней челюсти и 30,3 % области фронтальной группы зубов нижней челюсти. Стоит отметить выраженный объем резорбции в области зуба 3.1 составляющий 39,4 % за счет сильной резорбции вестибулярной и оральной стенок (рисунок 26, 27).

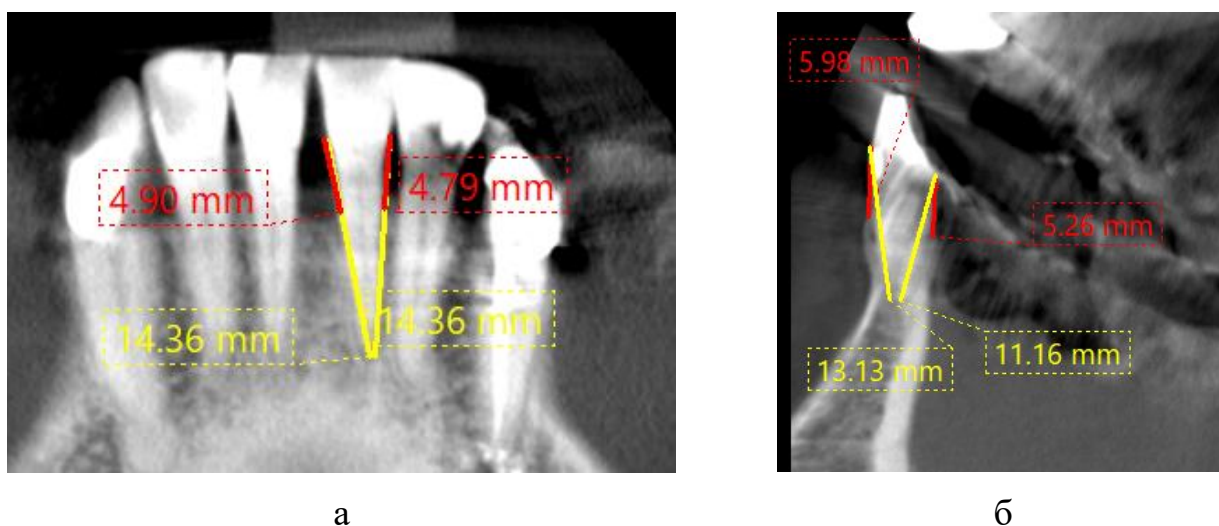


Рисунок 26 - КЛК-томограммы пациентки Ю. при первичном осмотре: а) измерение открытой и полной длины корня зуба 3.1 на корональном срезе; б) измерение открытой и полной длины корня зуба 3.1 на сагиттальном срезе

Первичное обследование   
Контрольное обследование

Верхняя челюсть																
Зуб отсутствует "0"	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	
hmn	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
hmn1	0	0	0	0	0	16.6	14.09	12.64	0	13.92	16.96	0	0	0	0	
hmn2	0	0	0	0	0	16.02	14.13	12.91	0	13.54	16.74	0	0	0	0	
hmn3	0	0	0	0	0	18.31	14.72	13.2	0	15.73	19.8	0	0	0	0	
hmn4	0	0	0	0	0	18.47	15.1	13.33	0	15.41	19.63	0	0	0	0	
hbn	0	0	0	0	0	4.78	3.51	1.8	0	3.35	4.42	0	0	0	0	
hbn2	0	0	0	0	0	5.17	4.14	4.02	0	6.93	6.7	0	0	0	0	
hbn3	0	0	0	0	0	2.32	3.35	3.38	0	6.33	2.42	0	0	0	0	
hbn4	0	0	0	0	0	2.2	3.23	5.19	0	2.87	4.46	0	0	0	0	
Атрофия a	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	20.61	24.52	27.63	0.00	33.24	24.61	0.00	0.00	0.00	0.00	

Нижняя челюсть																
Зуб отсутствует "0"	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	
hmn	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
hmn1	0	0	0	0	16.36	17.64	13.93	13.97	14.36	15.15	0	0	0	0	0	
hmn2	0	0	0	0	15.97	18.2	14.2	13.91	14.36	15.4	0	0	0	0	0	
hmn3	0	0	0	0	16.28	19.57	13.35	12.17	13.13	14.12	0	0	0	0	0	
hmn4	0	0	0	0	16.15	19.42	12.69	12.25	11.16	13.95	0	0	0	0	0	
hbn	0	0	0	0	3.9	4.3	4.19	3.13	4.9	4.12	0	0	0	0	0	
hbn2	0	0	0	0	3.46	4.66	3.46	4.78	4.79	4.15	0	0	0	0	0	
hbn3	0	0	0	0	3	6.69	3.36	4.21	5.98	4.9	0	0	0	0	0	
hbn4	0	0	0	0	3.1	3.96	4.56	4.78	5.26	5.98	0	0	0	0	0	
Атрофия a	0.00	0.00	0.00	0.00	20.78	26.21	28.74	32.31	39.48	32.67	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	

Рисунок 27 - Программа для автоматизированного расчета. Первичные расчеты объема резорбции пародонта

С учетом жалоб, клинической картины, выраженностью резорбции (особенно в области зуба 3.1), диагноз был пересмотрен на хронический пародонтит средней степени (МКБ K05.3), что не соответствовало ранее установленному заключению. Было назначено лечение по стандартам клинических рекомендаций для средней формы заболевания.

Последующее лечение включало: проведение профессиональной гигиены рта, с последующим обучением и контролем индивидуальной гигиены; проведение противомикробной и противовоспалительной терапии; хирургическое

лечение. Местная медикаментозная терапия предусматривала использование антисептиков и антибактериальных средств. Хирургическое лечение было направлено на ликвидацию очагов хронического воспаления и устранение пародонтальных карманов. Проведено удаление зуба 3.7 с мостовидной конструкцией 3.5-3.7, зубов 4.5, 4.6 в рамках лечения хронического апикального периодонтита, также проведены коррекция пломб и лечение вторичного кариеса.

Контрольный осмотр выполнен спустя 6 месяцев.

Гигиеническое состояние полости рта удовлетворительное. Осмотр полости рта выявил бледно-розовую, влажную слизистую оболочку. Десны со слабым отеком (легкой степени), безболезненные. Отмечается локальная кровоточивость десен 1 степени, подвижность зубов, в том числе зуба 3.1 отсутствует. Вторичная адентия зубов 2.8, 3.4, 3.6-3.8, 4.5-4.8. При проведении зондирования установлено, что пародонтальные карманы достигают глубины 3-4 мм в области зубов 1.7-2.7 и 3.5-4.4 и 6 мм в области зуба 3.1.

На КЛКТ визуализируется генерализованная, относительно неравномерная резорбция костной ткани пародонта преимущественно по горизонтальному типу до 1/3-1/2 длины корней с более выраженным поражением фронтальной группы зубов нижней челюсти. Отмечается более выраженная резорбция в зонах вторичной адентии в следствии функциональной атрофии. Периодонтальные щели зубов незначительно расширены. Замыкательные кортикальные пластинки нечеткие, прослеживаются фрагментарно (рисунок 28).

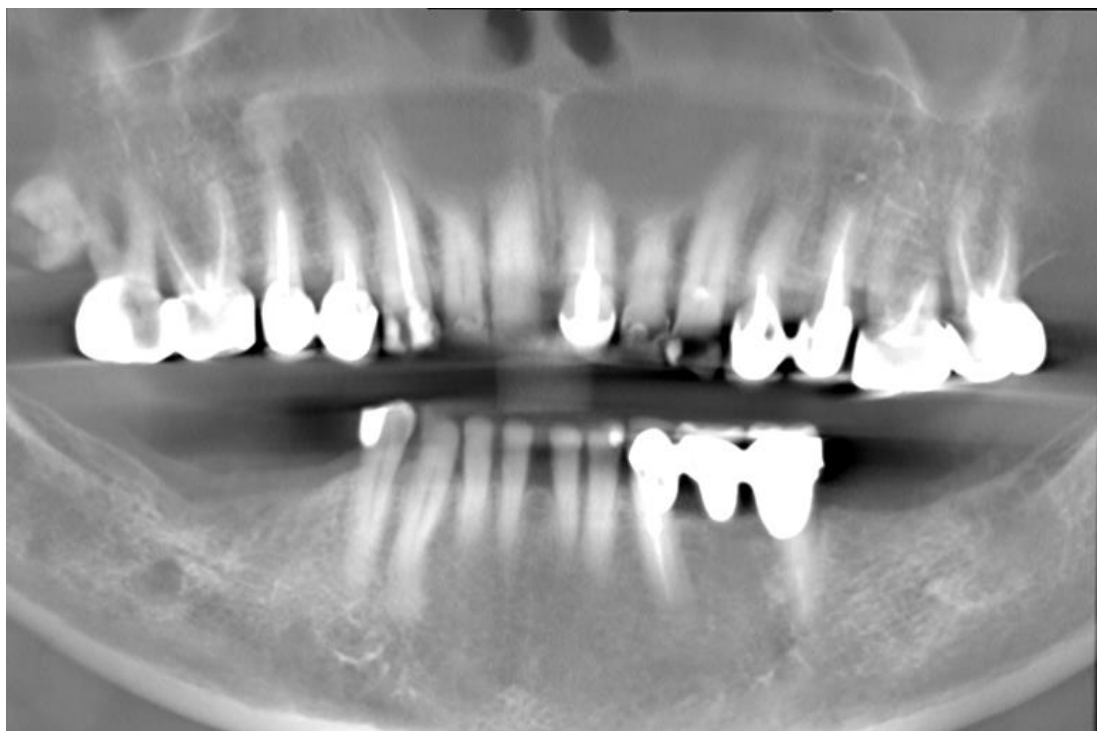


Рисунок 28 - Панорамный реформат КЛКТ. Пациентка Ю. при повторном обследовании. Рентгенологическое заключение: хронический пародонтит легкой степени

При контрольной оценке отмечается уменьшение объема резорбции пародонта в среднем до 17,0 % на верхней челюсти и до 25,5 % на нижней челюсти. Объем резорбции в области зуба 3.1 составил 28,2 %, было отмечено частичное восстановление вестибулярной и оральной стенок (рисунок 29, 30).

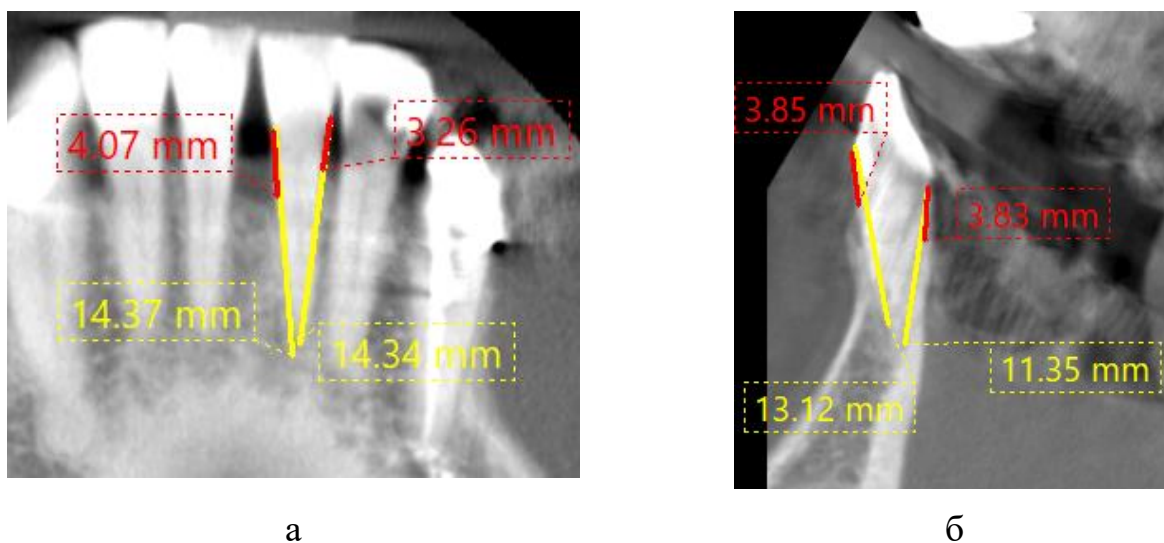


Рисунок 29 - КЛК-томограммы пациентки Ю. при повторном обследовании: а) измерение открытой и полной длины корня зуба 3.1 на корональном срезе; б) измерение открытой и полной длины корня зуба 3.1 на сагиттальном срезе

Первичное обследование   
 Контрольное обследование

Верняя челюсть																
Зуб отсутствует "0"	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	
hм1	0	0	0	0	0	16,6	14,09	12,64	0	13,92	16,96	0	0	0	0	
hм2	0	0	0	0	0	16,82	14,13	12,91	0	13,54	16,74	0	0	0	0	
hм3	0	0	0	0	0	18,31	14,72	13,2	0	15,73	19,8	0	0	0	0	
hм4	0	0	0	0	0	18,47	15,1	13,33	0	15,41	19,63	0	0	0	0	
hо1	0	0	0	0	0	3,63	3,12	1,73	0	2,2	3,11	0	0	0	0	
hо2	0	0	0	0	0	4,13	3,4	3,44	0	4,81	5,3	0	0	0	0	
hо3	0	0	0	0	0	2,14	2,15	2,93	0	4,56	2,13	0	0	0	0	
hо4	0	0	0	0	0	2	2,3	4,2	0	2,42	3,15	0	0	0	0	
Атрофия, а	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	16,95	13,90	13,62	0,00	13,87	18,72	0,00	0,00	0,00	0,00	
Нижняя челюсть																
Зуб отсутствует "0"	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	
hм1	0	0	0	0	16,36	17,64	13,93	13,97	14,37	15,15	0	0	0	0	0	
hм2	0	0	0	0	15,97	18,2	14,2	13,91	14,34	15,4	0	0	0	0	0	
hм3	0	0	0	0	16,28	19,57	13,35	12,17	13,12	14,12	0	0	0	0	0	
hм4	0	0	0	0	16,15	19,42	12,69	12,25	11,35	13,95	0	0	0	0	0	
hо1	0	0	0	0	3,9	3,7	3,85	2,81	4,07	3,36	0	0	0	0	0	
hо2	0	0	0	0	3,46	4,43	3	3,7	3,26	3,65	0	0	0	0	0	
hо3	0	0	0	0	3	5,73	3,12	4,21	3,85	3,87	0	0	0	0	0	
hо4	0	0	0	0	3,1	3,65	3,96	4,17	3,83	4,4	0	0	0	0	0	
Атрофия, а	0,00	0,00	0,00	0,00	20,78	23,40	23,72	28,47	28,22	26,07	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	

Рисунок 30 - Программа для автоматизированного расчета. Повторные расчеты объема резорбции пародонта

С учетом позитивных изменений со стороны клинической картины, уменьшением выраженности резорбции (особенно в области зуба 3.1), диагноз был пересмотрен на хронический пародонтит легкой степени (МКБ K05.3). Продолжено лечение по стандартам клинических рекомендаций для легкой формы заболевания.

Таким образом, проведенный анализ клинического случая подтверждает, что конусно-лучевая компьютерная томография представляет собой высокоинформативный, объективный и не травматичный метод диагностики хронического пародонтита. КЛКТ в отличие от зондирования позволяет точно выявить наличие деструктивных изменений и с высокой точностью определить степень тяжести заболевания используя количественную оценку объема резорбции пародонта. Данное преимущество особенно важно в случаях, когда клинические признаки отсутствуют или слабо выражены, а зондирование пародонта показывает противоречивые результаты.

Стоит отметить, что конусно-лучевая компьютерная томография имеет высокую чувствительность к начальным изменениям в костной ткани, позволяя начать лечение до значительной утраты альвеолярной кости. Также данный метод позволяет избежать субъективных ошибок, связанных с техникой выполнения зондирования, уменьшив дискомфорт пациента.

Конусно-лучевую компьютерную томографию следует рассматривать как основной метод в алгоритме диагностики хронического пародонтита, который

позволяет грамотно определить тактику лечения, степень тяжести заболевания и проводить точный динамический контроль эффективности лечения.

## ГЛАВА 4. ВОЗМОЖНОСТИ СПЕЦИАЛЬНОГО ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ПРИ ДИАГНОСТИКЕ ХРОНИЧЕСКОГО ПАРОДОНТИТА

Разработка нового способа определения объема резорбции пародонта [31] и новой классификации хронического пародонтита [32] по степени тяжести стала важным шагом в совершенствовании диагностики данного заболевания. Эти инновации позволили провести более точную оценку результатов лучевого обследования и легли в основу разработки нового программного обеспечения для автоматизированного анализа одонтопародонтограммы (свидетельство о государственной регистрации программы ЭВМ № 2024619312) [3, 5].

Процесс разработки включал программирование с использованием мультипарадигменного языка JavaScript, поддерживающего объектно-ориентированную, императивную и функциональную стилистику программирования, что обеспечило гибкость архитектуры и расширяемость проекта. Язык HTML (HyperText Markup Language) использовался для описания структуры и логики пользовательского интерфейса, а язык CSS (Cascading Style Sheets) – для формализации визуального представления элементов интерфейса, включая стилизацию и адаптивную верстку.

Совокупное использование указанных технологий обеспечило разработку интуитивно понятного, адаптируемого и функционального настольного программного обеспечения, удовлетворяющего требованиям к медицинским приложениям в части визуализации и обработки диагностических данных.

Область применения программы – стоматологические кабинеты, кабинеты лучевой диагностики в различных медицинских организациях.

Функциональное назначение программы – выдача оператору информации об объеме резорбции пародонта ( $a$ ) и степени тяжести хронического пародонтита, полученной в результате расчета по формуле  $a = \frac{(h_{o1} + h_{o2} + h_{o3} + h_{o4})}{(h_{n1} + h_{n2} + h_{n3} + h_{n4})} * 100$ . Результаты предоставляются в наглядной форме в виде одонтопародонтограммы (рисунок 31).

Потенциальный потребитель программы – медицинские работники с высшим медицинским образованием по специальности врач-рентгенолог, врач-стоматолог.

Показания к применению программы – исследование зубочелюстной системы с необходимым заполнением одонтопародонтограммы.

## Одонтопародонтограмма

Дата 12.12.2000

---

Фамилия Иванов

---

Имя Иван

---

Дата рождения 12.12.1990

---

Первичное обследование

---

Контрольное обследование

---

	N = 11,5				N = 7,5				N = 11,5				Сумма			
IV степень													0	19.2		
III степень																
II степень	1,0												1,5			
I степень		2,25	2,25	1,3	1,3	1,1	0,75	0,9	0,9	0,75	1,1	1,3	1,3		1,5	
N																
													N = 30,5			
8 7 6 5 4 3 2 1 1 2 3 4 5 6 7 8																
													N = 30			
N																
I степень				1,3	1,3	1,1	0,75	0,75		0,75	1,1	1,3	1,3	2,25	2,25	1,5
II степень	1,5									0,5						
III степень			0,75													
IV степень	0															
				N = 11,5				N = 7				N = 11,5				Сумма

Рисунок 31 - Пример распечатанной одонтопародонтограммы

Общий вид окна программы представлена на рисунке 32.

В процессе работы с программой вводятся следующие данные пациента: дата исследования, фамилия, имя и дата рождения. После чего выбирается вид обследования между «Первичным обследованием» и «Контрольным обследованием». После ввода данных пациента оператор приступает к вводу числовых данных, заранее полученных посредством лучевого обследования пациента. Данные последовательно вносятся в ячейки индексов  $h_{п1}$ ,  $h_{п2}$ ,  $h_{п3}$ ,  $h_{п4}$  и  $h_{о1}$ ,  $h_{о2}$ ,  $h_{о3}$ ,  $h_{о4}$  для каждого из зубов или отмечается отсутствие зуба.

Дата 12.12.2000

Фамилия Иванов

Имя Иван

Дата рождения 12.12.1990

Первичное обследование

Контрольное обследование

Зуб отсутствует "о"	Верхняя челюсть								Агрессив. а
	1	2	3	4	5	6	7	8	
ln1	14.2	14.2	19.4	18.5	15.7	15.3	15.9	9.1	
ln2	13.6	13.6	18.9	18.4	16.8	15.3	15.9	9.1	
ln3	15.6	15.8	20.4	20	14.6	12.8	16.7	9.8	
ln4	14	17.1	20.5	19.6	16.4	12.8	16.7	9.8	
ln1	3.4	2.9	4.1	3.6	4.4	3.4	4.6	4.7	
ln2	3.6	4.6	2.4	4	5.3	4.3	4.5	9.4	
ln3	2.8	3.6	3.6	3.3	3.2	3.3	4.3	4.6	
ln4	2.8	3	2.6	2.5	3.7	2.5	5.1	3.6	
Агрессив. а	23.84	19.60	16.41	17.52	26.14	24.02	28.37	58.99	
Нижняя челюсть									
ln1	18.1	15	18.1	14.8	17.9	16.7	16.3	0	
ln2	12.1	14.1	18.2	15	17.5	16.7	16.3	0	
ln3	13.1	16	18.7	14.8	17.9	16.7	16.3	0	
ln4	14.4	16.2	19.4	14.3	18.1	16.7	16.3	0	
ln1	4.2	5.2	4.3	3	3.1	9.2	6.6	0	
ln2	3.7	4.1	3.9	3.9	3.2	14.3	10.3	0	
ln3	2.9	2.7	3.1	2.2	2.1	15.2	8	0	
ln4	2.6	2.9	3.4	3.2	2	8.6	15.2	0	
Агрессив. а	25.82	24.31	19.76	20.88	14.37	20.81	61.60	0.00	
Итого									
	23.84	19.60	16.41	17.52	26.14	24.02	28.37	58.99	
	23.43	15.12	24.30	24.30	27.35	0.00	38.68	34.63	

Зуб отсутствует "о"	Верхняя челюсть								Агрессив. а
	1	2	3	4	5	6	7	8	
ln1	12.8	15.1	18.1	17	19.3	16.4	16.1	14.5	
ln2	12.6	15.2	16.1	16.3	19.2	16.4	16.1	14.5	
ln3	14.1	16	17.8	16	17.8	16.2	16.6	14	
ln4	14.4	15.2	16.6	16.3	17.3	16.6	16.6	14	
ln1	8.3	2.6	3	3.8	3.1	2	2.7	2	
ln2	6.9	3.6	2.5	4.1	2.8	2.7	4.3	2.8	
ln3	2.5	2.3	2.2	2.9	2	2.4	2.7	3.5	
ln4	2.6	3.1	3	2.6	2.9	2.4	2.7	3.7	
Агрессив. а	37.66	18.86	15.60	20.43	14.67	14.48	18.96	21.05	
Итого									
	37.66	18.86	15.60	20.43	14.67	14.48	18.96	21.05	
	37.66	18.86	15.60	20.43	14.67	14.48	18.96	21.05	

После введения числовых значений в соответствующие ячейки, программное обеспечение вычислит объем резорбции пародонта и выделит ячейку в одонтопародонтограмме обозначив определенный коэффициент.

Внедрение разработанного программного обеспечения позволяет изменить диагностический процесс за счет качественного преимущества перед ручным методом заполнения одонтопародонтограммы. Крайне важным улучшением стала автоматизация расчетов, которая исключает неизбежные при ручном подсчете арифметические ошибки и гарантирует точность в определении резорбции, что повышает точность диагноза. Программа дает точное визуальное представление о данных. Все значения преобразуются в цветовые индикаторы на цифровой одонтопародонтограмме согласно классификации, что устраняет субъективность ручного заполнения и делает оценку степени тяжести простой и понятной.

Существенным достоинством является создание удобного электронного архива исследований, который позволяет мгновенно извлекать данные любого пациента и проводить прямое наглядное сравнение одонтопародонтограмм при динамическом наблюдении, объективно оценивая эффективность лечения. С точки зрения клинической практики, программный комплекс оптимизирует документооборот, позволяя быстро печатать готовые протоколы и легко интегрировать электронные данные в медицинские информационные системы. Важным организационным преимуществом становится разделение труда: техническую работу по вводу данных и генерации отчета может выполнять врач-рентгенолог или иной подготовленный специалист, в то время как врач-стоматолог получает готовое, стандартизированное заключение с заполненной одонтопародонтограммой для клинической интерпретации и принятия решений. Важнейшим итогом внедрения становится обеспечение полной объективности и воспроизводимости результатов: при идентичных исходных данных программа выдает неизменное заключение, свободное от влияния человеческого фактора. Переход к использованию данного программного обеспечения представляет собой не просто цифровизацию бланка, а системное усовершенствование, которое

повышает точность, стандартизацию, эффективность и надежность диагностики хронического пародонтита.

Таким образом, использование разработанного программного обеспечения позволяет говорить о формировании новой, цифровой концепции диагностики хронического пародонтита. В рамках данной концепции конусно-лучевая компьютерная томография утверждается в качестве основного объективного метода оценки, а программный комплекс, устраняя субъективность ручного расчета и интерпретации, становится ее ключевым аналитическим компонентом. Этот подход позволяет нивелировать фундаментальные недостатки классической инструментальной диагностики – такие как болезненность для пациента, риск усиления кровоточивости и создания раневой поверхности, длительность процедуры и риски ошибок при зондировании. Следовательно, внедрение программы представляет собой перспективный путь не только для улучшения, но и для трансформации диагностического алгоритма хронического пародонтита в сторону большей объективности, воспроизводимости и комфорта для пациента.

## ОБСУЖДЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ И ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Хронический пародонтит представляет собой хроническое воспалительное заболевание, поражающее твердые ткани пародонта и связанное со сложными динамическими процессами взаимодействия между специфическими бактериальными патогенами, деструктивными иммунными реакциями организма и факторами окружающей среды [37, 124, 133].

Известно, что в практической пародонтологии информация об уровне резорбции или убыли тканей пародонта, а также о дефектах различных стенок, окружающих зуб, имеет большое значение для лечения и прогнозирования. Уровень резорбции напрямую влияет на степень тяжести хронического пародонтита и определяет выбор тактики лечения, а также прогноз выздоровления пациента [18, 133].

При оценке уровня резорбции используется зондирование пародонта с помощью пародонтального зонда и лучевое обследование, которое обычно включает двумерные методы, такие как ортопантомография и внутриротовая рентгенография [52, 79, 85, 157].

Данный подход к определению уровня резорбции пародонта имеет ряд своих особенностей и недостатков [66, 71, 78]:

- правильность процедуры пародонтального зондирования зависит от опыта специалиста, проводящего процедуру; силы, которую он прикладывает при зондировании; участка пародонта, выбранного для зондирования; угла для введения зонда; выбора самого зонда, которые имеют различные диаметры кончика, различную маркировку шкалы, и визуальное ее считывание врачом; округления измерений зондом и ошибок при записи транскрипции полученных результатов;

- правильность процедуры пародонтального зондирования также зависит и от факторов, связанных с пациентом, к которым можно отнести разнообразные варианты анатомии корней зубов, степень воспаления десны и выраженность ее отека, наличия поддесневого камня и его количество, наличие реставрации зубов;

- даже фактор сотрудничества пациента и врача может сыграть роль в качестве выполняемой диагностики;

- использование двумерных методов лучевой диагностики всегда будет сопряжено с невозможностью полностью измерить потерю костной массы из-за эффекта суммации, который не позволяет изучить вестибулярные и оральные поверхности зубов.

В современной пародонтологии продолжают поиски объективных методов оценки резорбции альвеолярной кости для совершенствования классификации хронического пародонтита [42].

Принимая во внимание вышесказанное, необходимо найти метод диагностики хронического пародонтита, который позволил бы с высокой точностью и информативностью оценить состояние пародонта и определить уровень резорбции альвеолярной кости. В качестве такого метода было предложено использовать конусно-лучевую компьютерную томографию, но в литературе есть лишь отрывочные сведения о методологии использования КЛКТ и показателях ее информативности при диагностике данной патологии [21, 39, 44, 119].

**Целью представленной работы** является определение возможностей конусно-лучевой компьютерной томографии в комплексной диагностике хронического пародонтита, используя специальное программное обеспечение.

Для достижения поставленной цели были определены и решались следующие задачи: 1) разработать новую методику оценки резорбции тканей пародонта по данным конусно-лучевой компьютерной томографии; 2) определить новые критерии для постановки степени тяжести хронического пародонтита на основании данных новой методики; 3) провести сравнительный анализ диагностической эффективности конусно-лучевой компьютерной томографии и данных зондирования пародонта; 4) разработать программное обеспечение, позволяющее провести автоматическую обработку результатов новой методики с определением степени тяжести и автоматизированным анализом одонтопародонтограммы пациента.

В рамках исследования на первом этапе были проанализированы данные 100 историй болезни пациентов с диагнозом «хронический пародонтит», проходивших лечение на базе стоматологического отделения № 1 и рентген-диагностического отдела стоматологической клиники ФГБОУ ВО «Воронежского государственного медицинского университета имени Н.Н. Бурденко». Все истории болезни имели три обязательных критерия: подтвержденный диагноз хронического пародонтита (код по МКБ-10 K05.3); полнота клинико-инструментального обследования (наличие в истории одонтопародонтограммы с данными зондирования глубины карманов, сведений о кровоточивости и отеке десен, подвижности зубов, отсутствии зубов); наличие данных лучевого обследования (цифровой ортопантограммы). Анализ медицинских карт пациентов проводился по предложенной методологии, разделяющей признаки, выявляемые клинико-инструментальными методами, и признаки, для оценки которых требуется лучевой метод диагностики. Анализировались следующие критерии хронического пародонтита: кровоточивость десен, подвижность зубов, отсутствие зубов, отек десен, глубина пародонтального кармана, резорбция костной ткани пародонта.

Наибольшая степень совпадения клинических и рентгенологических данных в историях болезни отмечена у пациентов с подвижностью зубов 1-2 степени (53 %), незначительным отеком слизистой оболочки (32 %) и глубиной пародонтальных карманов до 4 мм (40 %). Наибольшие расхождения зафиксированы у пациентов с выраженным отеком десны (12 %), глубиной пародонтальных карманов более 6 мм (8 %) и резорбцией альвеолярной кости в объеме двух третей и более (8 %).

Из вышесказанного можно сделать следующие выводы:

1. Совпадение данных чаще наблюдается на ранних стадиях заболевания.
2. Несовпадения чаще встречаются при тяжелых формах пародонтита, что требует более тщательного анализа и комплексного подхода к диагностике.

Значения статистических критериев ( $t = 0.00$ ,  $p = 1.00$ ), полученные на первом этапе, свидетельствуют о том, что сравниваемые методы дали статистически незначимые результаты в распределении пациентов по степеням тяжести.

Первый этап исследования позволил оценить точность и согласованность данных, полученных разными методами исследования, и предположить возможные причины их расхождений.

На втором этапе исследования все пациенты проходили обследование в соответствии с единым диагностическим алгоритмом.

Критериями включения пациентов были: возраст старше 18 лет; понимание пациентом формы информационного согласия на участие в исследовании и возможность ее подписать; наличие хронического пародонтита легкой, средней или тяжелой степени.

Критерии невключения: возраст меньше 18 лет; невозможность понять форму информационного согласия на участие в исследовании и отсутствие возможности ее подписать; отсутствие хронического пародонтита легкой, средней или тяжелой степени; беременность или наличие других противопоказаний к проведению лучевого обследования; отказ от проведения лучевого или инструментального обследования; любые серьезные декомпенсированные сопутствующие заболевания, требующие регулярной медикаментозной терапии; участие пациента в других исследованиях в текущий момент времени.

Во время второго этапа работы, из исследования были исключены 19 пациентов (23,46 %) из-за несоответствия критериям включения и/или появления критериев исключения. Итоговая группа включала 81 ( $n = 81$ ) пациента.

В процессе клинической оценки были зафиксированы жалобы, характерные для хронического пародонтита, а также собраны анамнестические данные, включая анамнез жизни и развития заболевания. Клинико-инструментальное обследование выполняемое врачом-стоматологом включало в себя: осмотр челюстно-лицевой области, визуальное исследование полости рта, пальпацию органов полости рта, перкуссию зубов, определение степени патологической подвижности зубов, используя метод оценки патологической подвижности по шкале Миллера в модификации Флезара, определение индекса кровоточивости, исследование пародонтальных карманов с помощью пародонтального зонда. Состояние тканей пародонта оценивалось с помощью зондирования, выполнявшегося с помощью

одностороннего атравматичного пародонтального зонда со шкалой UNC-15 с цветовой маркировкой 1-2-3-4-5-6-7-8-9-10-11-12-13-14-15 мм и кончиком Ø0,4 мм.

Инструментальное обследование позволило объективизировать оценку состояния пародонтальных тканей, выявить скрытые патологические изменения и достоверно определить степень тяжести хронического пародонтита. В отличие от субъективных жалоб пациента, данные, полученные с помощью инструментальных методов, обладают количественной и качественной характеристиками, что делает их незаменимыми при установлении диагноза.

К числу наиболее информативных параметров, использованных для подтверждения диагноза и дифференциации степеней тяжести заболевания, были отнесены: глубина пародонтального кармана (как отражение объема резорбции пародонтальных тканей), степень подвижности зубов, выраженность кровоточивости при зондировании, выраженность отека и кровоточивости, а также количество утраченных зубов.

Для каждого из указанных критериев были определены значения, соответствующие различным степеням тяжести патологического процесса: для легкой степени заболевания были характерны глубина пародонтального кармана до 6 мм, отсутствие или легкий отек десен, отсутствие подвижности зубов и выпавших зубов; для средней степени были характерны глубина пародонтального кармана до 9 мм, подвижность зубов первой степени, легкий-средний отек десен, а также отсутствие выпавших зубов или адентия мене четырех зубов; тяжелой степени были свойственны глубина пародонтального кармана 10-14 мм, подвижность зубов второй-третьей степени, средний-тяжелый отек десен и адентия до четырех зубов. При очень тяжелой степени наблюдалась глубина пародонтального кармана более 15 мм, подвижность зубов третьей степени, тяжелый отек десен и адентия более четырех зубов. При этом было установлено, что кровоточивость десны является неспецифичным показателем: в отдельных случаях при легкой форме заболевания наблюдалась выраженная кровоточивость, тогда как при тяжелых степенях она могла быть слабо выражена или отсутствовать,

что ограничивает ее диагностическую значимость при стадировании хронического пародонтита.

По результатам клинико-инструментального обследования, пациенты по степени тяжести заболевания, распределились следующим образом: легкая степень – 40 пациентов (49,38 %), средняя степень – 31 пациент (38,27 %), тяжелая степень – 8 пациентов (9,88 %), очень тяжелая степень – 2 пациента (2,47 %).

После клинико-инструментального обследования всем пациентам была выполнена цифровая панорамная томография и конусно-лучевая компьютерная томография челюстно-лицевой области с использованием КЛКТ-томографа «Veraviewepocs X-550» производства J.MORITA CORPORATION (Япония). Исследование охватывало среднюю зону, включая верхнюю и нижнюю челюсти, а также альвеолярные бухты верхнечелюстной пазухи. Для просмотра КЛКТ-томограмм использовалось встроенное программное обеспечение томографа «OneVolumeViewer» версии 2.0.0.1943. Анализ цифровых панорамных томограмм и КЛКТ-томограмм включал оценку расширения периодонтальных щелей; изменения структуры альвеолярной кости; сохранности замыкательных кортикальных пластинок; высоты межзубных перегородок (или межальвеолярных гребней) относительно длины корня; характер убыли костной ткани и тип резорбции (убыль – равномерная, неравномерная; тип – вертикальный, горизонтальный, смешанный, циркулярный); наличие костных карманов, их локализация, глубина и ширина; количество утраченных зубов; наличие над- и поддесневых твердых зубных отложений.

При оценке цифровых панорамных томограмм использовались критерии, учитывающие уровень резорбции, оцениваемый по третям: на 1/3, 1/2, 2/3, более 2/3 относительно длины корня, и количество утраченных зубов.

По результатам лучевого обследования методом цифровой ОПТГ, пациенты по степени тяжести заболевания, распределились следующим образом: легкая степень – 42 пациента (51,85 %); средняя степень – 31 пациент (38,27 %); тяжелая степень – 3 пациента (3,71 %); очень тяжелая степень – 5 пациентов (6,17 %).

Для количественной оценки резорбции пародонта по данным конусно-лучевой компьютерной томографии был применен разработанный нами метод (патент RU2778598C1), который позволяет установить связь между результатами клинического зондирования и данными лучевого исследования [6, 7, 31].

Проводились измерения по каждой из поверхностей зубов, которым были присвоены соответствующие цифровые индексы:

- $h_{п1}, h_{п2}, h_{п3}$  и  $h_{п4}$  – для полной длины корня;
- $h_{о1}, h_{о2}, h_{о3}$  и  $h_{о4}$  – для длины открытой части корня.

После чего, выполнялся расчет значения «а» объема резорбции пародонта по формуле:  $a = \frac{(h_{о1} + h_{о2} + h_{о3} + h_{о4})}{(h_{п1} + h_{п2} + h_{п3} + h_{п4})} * 100$ .

По результатам лучевого обследования методом КЛКТ, пациенты по степени тяжести заболевания, распределились следующим образом: легкая степень – 37 пациентов (45,68 %); средняя степень – 35 пациентов (43,21 %); тяжелая степень – 4 пациента (4,94 %); очень тяжелая степень – 5 пациентов (6,17 %).

Выявленные различия в оценке степени тяжести лучевыми методами являются следствием ряда преимуществ КЛКТ перед цифровой ОПТГ. Благодаря трехмерной визуализации, высокой разрешающей способности и точным количественным измерениям, КЛКТ позволяет точнее оценить резорбцию пародонта, что делает ее более предпочтительным методом для диагностики хронического пародонтита.

С целью выявления взаимосвязей между изучаемыми на втором этапе исследования признаками, а также определения факторов, оказывающих на них влияние, был проведен статистический анализ. Статистическая обработка полученных данных осуществлялась с использованием специализированного программного обеспечения. Для первичной сортировки, систематизации и визуализации информации применялась программа Microsoft Excel (Microsoft Inc., США). Проведение углубленного статистического анализа осуществлялось в среде STATISTICA 12 (Statsoft Inc., США).

Оценка взаимосвязи изучаемых признаков, определения факторов, влияющих на эти признаки, в исследовании проводилась с помощью корреляционно-регрессионного анализа. Ранговый коэффициент корреляции Спирмена для глубины зондирования и объема резорбции пародонта составил  $R = 0,788$ , что говорит о высокой прямой зависимости этих показателей. Статистический анализ, выполненный в данной работе, позволяет утверждать, что предложенный критерий диагностики хронического пародонтита обладает высокой информативностью. При поиске взаимосвязи между объемом резорбции и глубиной зондирования разделенных по степеням тяжести заболевания: легкая, средняя, тяжелая и очень тяжелая степени были выявлены статистически значимые различия в распределении пациентов по степеням тяжести. Коэффициент корреляции в регрессии  $R$  и коэффициент детерминации  $R^2$  соответственно составили: для легкой степени:  $R = 0,27$  и  $R^2 = 0,07$ ; для средней степени:  $R = 0,27$  и  $R^2 = 0,02$ ; для тяжелой степени:  $R = 0,85$  и  $R^2 = 0,72$ ; для очень тяжелой степени:  $R = 0,67$  и  $R^2 = 0,45$ .

В 64 случаях (79 %) наблюдалось полное совпадение степени тяжести хронического пародонтита, установленной по результатам клинико-инструментального обследования и определенной на основе данных конусно-лучевой компьютерной томографии. Однако в 17 случаях (21 %) было выявлено расхождение в стадировании заболевания. При этом у 11 пациентов (13,58 %) степень тяжести, определенная по КЛКТ, оказалась выше, чем по клинико-инструментальным данным, тогда как у 6 пациентов (7,42 %) она, напротив, была занижена.

Анализ систематических ошибок диагностических методов показал, что метод зондирования демонстрирует значительную среднюю ошибку (2,27), а конусно-лучевая компьютерная томография показала минимальную и стабильную среднюю ошибку (0,12). В отличие от объективного и воспроизводимого метода КЛКТ, погрешность при зондировании является закономерной и предсказуемой, что указывает на его методическую ограниченность.

В ходе анализа результатов клинико-инструментального и лучевого обследований была установлена основная причина расхождения в определении степени тяжести заболевания. Ею оказались погрешности в результатах измерения глубины пародонтального кармана, связанная с недостаточной точностью пародонтального зондирования.

С целью повышения точности в оценке степени тяжести хронического пародонтита была разработана и предложена новая классификация данного заболевания. В ее основу положена количественная оценка объема резорбции пародонта (а), осуществляемая по оригинальной методике (патент RU2819658C1), а также совокупность клинико-инструментальных показателей, отражающих выраженность деструктивных изменений в пародонтальных тканях [4, 8, 32].

Классификация включает четыре степени тяжести:

I степень (легкая): объем резорбции (а) – от 10 % до 35 %. Характерны умеренный отек и кровоточивость слизистой, подвижность зубов первой степени или ее отсутствие, глубина зондирования – до 6 мм.

II степень (средняя): объем резорбции (а) – 36-65 %. Характерны изменения генерализованного характера. Отек легкой-средней выраженности с кровоточивостью первой-второй степени, подвижность зубов первой степени, глубина зондирования – до 9 мм.

III степень (тяжелая): объем резорбции (а) более 66 %, с характерным генерализованным отеком и кровоточивостью второй-третьей степени. Подвижность зубов второй-третьей степени, глубина зондирования – 10-14 мм. Наблюдаются глубокие костные карманы и вторичная адентия с потерей до четырех зубов.

IV степень (очень тяжелая): объем резорбции (а) также более 66 %. Клиническая картина усугубляется и проявляется стойким тяжелым генерализованным отеком с кровоточивостью третьей степени. Подвижность зубов третьей степени. Глубина зондирования – более 15 мм. Часто встречаются костные карманы, а вторичная адентия сопровождается потерей более четырех зубов.

В современной пародонтологии продолжают поиски объективных методов оценки резорбции альвеолярной кости для совершенствования классификации хронического пародонтита.

Известен способ определения жевательной эффективности на основе рентгенологического измерения резорбции опорных тканей («С») [27]. Несмотря на клиническую полезность, метод обладает существенным недостатком, поскольку однопроекционные измерения не позволяют провести точный трехмерный количественный анализ, необходимый для стадирования заболевания, что было решено в предложенном нами способе, отражающим объемные изменения резорбции [6, 7].

Более комплексный подход предложен Фадеевым Р.А. [29]. Данный метод использует данные КЛКТ для многоплоскостной оценки толщины костной ткани и ее динамики. Метод позволяет классифицировать резорбцию по степеням, однако его применение ограничено сложностью расчетов и необходимостью иметь исходные данные для сравнения, что затрудняет первичную диагностику, в то время как наше исследование позволяет проводить более простую оценку сразу [4, 7].

Альтернативой служат клинические методы, такие как определение степени тяжести по максимальной глубине пародонтальных карманов с помощью пародонтометра [28]. Однако эта методика субъективна, может давать погрешности из-за состояния тканей пародонта и не всегда технически выполнима со всех поверхностей зубов, что подтверждается сравнением результатов клинико-инструментального и лучевого метода обследования в нашем исследовании [4, 32].

Таким образом, существующие методы, будучи научно обоснованными, обладают рядом клинических ограничений: одномерность оценки, сложность, субъективность или невозможность применения для первичного пациента, что указывает на необходимость дальнейших исследований в данной области.

Заключительной частью работы стала разработка программного обеспечения для автоматизированного анализа одонтопародонтограммы пациента, объединяющего в себе все полученные ранее результаты исследования [3, 5].

В качестве базовой платформы для разработки программного обеспечения, предназначенного для автоматизированного анализа одонтопародонтограмм, был выбран фреймворк Electron, разработанный компанией GitHub. Данная технология позволяет создавать кроссплатформенные нативные приложения, совместимые с операционными системами Windows, macOS и Linux, с использованием веб-технологий – HTML, CSS и JavaScript.

Назначение данной программы – выдача оператору информации об объеме резорбции пародонта (а) и степени тяжести хронического пародонтита, полученной в результате расчета по формуле  $a = \frac{(h_{o1} + h_{o2} + h_{o3} + h_{o4})}{(h_{п1} + h_{п2} + h_{п3} + h_{п4})} * 100$ . Результаты работы программы выводятся в наглядной форме в виде готовой одонтопародонтограммы.

Внедрение программного обеспечения обеспечивает автоматизацию и стандартизацию диагностики хронического пародонтита. Программа исключает расчетные ошибки, обеспечивает объективную визуализацию данных в виде одонтопародонтограммы и создает электронный архив для динамического наблюдения. Это приводит к системному повышению точности, воспроизводимости и эффективности диагностического процесса.

Таким образом, проведенное исследование подтвердило высокую диагностическую значимость конусно-лучевой компьютерной томографии в оценке состояния пародонта у пациентов с хроническим пародонтитом. Метод КЛКТ позволяет получить объективные и воспроизводимые данные об объеме резорбции альвеолярной костной ткани, что особенно важно для стадирования заболевания и выбора тактики лечения. Применение данного метода в сочетании с разработанным специализированным программным обеспечением обеспечивает более точную оценку деструктивных изменений, тем самым повышая надежность и точность диагноза. КЛКТ может служить основным методом не только для начального установления диагноза и определения степени тяжести патологического процесса, но и для динамического наблюдения за пациентами в процессе лечения. Высокая точность, неинвазивность и быстрота получения результатов делают данный метод особенно ценным при мониторинге

эффективности терапевтических мероприятий. Следует подчеркнуть, что включение КЛКТ в комплексный алгоритм диагностики хронического пародонтита способствует более раннему выявлению заболевания, позволяет количественно и качественно оценить степень резорбции пародонта и назначить персонализированное лечение. В ряде случаев КЛКТ выявляет патологические изменения до появления выраженной клинической симптоматики, что особенно важно для своевременного лечения и профилактики дальнейшего прогрессирования заболевания.

## ВЫВОДЫ

1. Разработана и внедрена новая методика количественной оценки объема резорбции тканей пародонта, основанная на использовании конусно-лучевой компьютерной томографии. Методика позволяет получить объективные количественные показатели о состоянии пародонта, обеспечивает трехмерную визуализацию деструктивных изменений и повышает точность диагностики за счет исключения субъективности, характерной для традиционных методов обследования.

2. На основании количественного показателя объема резорбции пародонта, полученного с помощью КЛКТ, предложены объективные критерии стадирования хронического пародонтита. Предложенная система классификации позволяет точно разграничивать степени тяжести заболевания, что способствует стандартизации диагностического процесса и обоснованному выбору тактики лечения.

3. Проведен сравнительный анализ КЛКТ и традиционного метода зондирования пародонтальных карманов. Установлено, что КЛКТ демонстрирует более высокую диагностическую точность, воспроизводимость и визуальную наглядность. Уточнено, что в ряде клинических случаев зондирование может давать искаженные данные об уровне костной ткани, особенно при глубокой резорбции тканей, что подчеркивает преимущество КЛКТ в диагностике хронического пародонтита.

4. Разработано специализированное программное обеспечение, позволяющее автоматизировать анализ одонтопародонтограммы, автоматически определяя степень тяжести заболевания. Программа интегрирует алгоритмы оценки объема резорбции, ускоряет процесс интерпретации, снижает риск ошибок и может быть использована как в клинической практике, так и в научных целях.

## ПРАКТИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ

1. Для количественной оценки резорбции альвеолярной кости при хроническом пародонтите предложено использовать разработанную методику RU2778598C1 оценки объема резорбции пародонта на основе данных конусно-лучевой компьютерной томографии.

2. При определении степени тяжести хронического пародонтита рекомендовано использовать предложенные критерии RU2819658C1, объединяющие объективный показатель объема резорбции пародонта с ключевыми клиническими параметрами: глубиной зондирования, степенью подвижности зубов, степенью кровоточивости, выраженностью отека и фактом вторичной адентии. Данные критерии следует применять для формирования развернутого диагноза и составления индивидуализированного плана комплексного лечения.

3. КЛКТ следует применять для уточнения состояния костной ткани при хроническом пародонтите в ситуациях, где данные двумерных рентгенологических методов и данные зондирования могут быть искажены (дефекты вестибулярных и оральных стенок, выраженный отек десен, ложные пародонтальные карманы).

4. Для автоматизации анализа функционального состояния пародонта может использоваться специализированное программное обеспечение (свидетельство о государственной регистрации программы ЭВМ №2024619312), предназначенное для автоматизированного расчета и заполнения одонтопародонтограммы.

## ПЕРСПЕКТИВЫ ДАЛЬНЕЙШЕЙ РАЗРАБОТКИ ТЕМЫ

Учитывая высокую распространенность хронического пародонтита и постоянный рост числа пациентов с данным заболеванием, особенно в сочетании с сопутствующей системной патологией, требуются углубленные исследования в данном направлении.

Отдельного внимания требует изучение влияния метаболических нарушений, таких как сахарный диабет и системных воспалительных заболеваний, таких как ревматоидный артрит, на объем резорбции тканей пародонта. Анализ этих взаимосвязей позволит более точно прогнозировать течение пародонтита у данной категории пациентов и разрабатывать персонализированные подходы к лечению.

Дополнительно актуальной научной задачей является оценка последствий перенесенной новой коронавирусной инфекции (COVID-19) для тканей пародонта. Поскольку COVID-19 может вызывать выраженные иммунные и сосудистые нарушения, не исключается его потенциальное влияние на патогенез хронического пародонтита, включая активацию воспалительных процессов и ускорение костной резорбции.

В перспективе данное направление исследований предполагает разработку усовершенствованных диагностических алгоритмов, учитывающих наличие сопутствующих заболеваний и состояние общего соматического фона пациента. Такой подход может позволить повысить эффективность выявления и лечения хронического пародонтита в условиях коморбидности, а также минимизировать риск осложнений, обусловленных взаимодействием основного и сопутствующего патологических процессов.

**СПИСОК УСЛОВНЫХ СОКРАЩЕНИЙ**

КЛКТ – конусно-лучевая компьютерная томография

КТ – компьютерная томография

ОПТГ – цифровая ортопантомография

ПО – программное обеспечение

СтАР – Стоматологическая Ассоциация России

ААР – American Academy of Periodontology (Американская Академия Пародонтологии)

ЕФР – European Federation of Periodontology (Европейская Федерация Пародонтологии)

**СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ**

1. Абакаров, С. И. Основы технологии зубного протезирования : учебник : в 2 томах. Том 1 / С. И. Абакаров ; под редакцией Э. С. Каливрадджияна. – Москва : ГЭОТАР-Медиа, 2022. – 576 с. – ISBN 978-5-9704-7475-4.

2. Арсенина, О. И. Совершенствование диагностической оценки биотипа пародонта при планировании ортодонтического лечения / О. И. Арсенина, Н. В. Попова, А. И. Грудянов [и др.] // Клиническая стоматология. – 2019. – № 2 (90). – С. 34-38.

3. Баранов, И. А. Возможности конусно-лучевой компьютерной томографии в диагностике хронического пародонтита в комбинации со специальным программным обеспечением / И. А. Баранов, Л. А. Титова, И. А. Беленова [и др.] // Институт стоматологии. – 2024. – № 1(102). – С. 30-31.

4. Баранов, И. А. Конусно-лучевая компьютерная томография и ее роль в определении степени тяжести хронического пародонтита (клинико-рентгенологическое исследование) / И. А. Баранов, Л. А. Титова, И. А. Беленова [и др.] // Институт стоматологии. – 2023. – № 3(100). – С. 58-59.

5. Баранов, И. А. Перспективы конусно-лучевой компьютерной томографии в диагностике хронического пародонтита при использовании нового программного обеспечения / И. А. Баранов, Л. А. Титова, А. А. Грицай [и др.] // Невский радиологический форум : Сборник тезисов XV международного конгресса, Санкт-Петербург, 12–13 апреля 2024 года. – Санкт-Петербург: Балтийский медицинский образовательный центр, 2024. – С. 44.

6. Баранов, И. А. Роль конусно-лучевой компьютерной томографии в диагностике объема атрофии альвеолярных гребней при хроническом пародонтите / И. А. Баранов, Л. А. Титова // Лучевая диагностика и терапия. – 2023. – № S (14). – С. 53-54.

7. Баранов, И. А. Совершенствование клинико-рентгенологического обследования пациентов с хроническим пародонтитом / И. А. Баранов, Л. А.

Титова, И. А. Беленова, Т. А. Русанова // Институт стоматологии. – 2022. – № 3(96). – С. 96-97.

8. Баранов, И. А. Сравнительная оценка точности конусно-лучевой компьютерной томографии и инструментального обследования при определении степени тяжести хронического пародонтита: клинико-рентгенологическое исследование / И. А. Баранов, Л. А. Титова, М. А. Лебединский // Конгресс российского общества рентгенологов и радиологов : сборник тезисов, Санкт-Петербург, 08–10 ноября 2023 года. – Санкт-Петербург: Санкт-Петербургская общественная организация «Человек и его здоровье», 2023. – С. 20-21.

9. Барер, Г. М. Терапевтическая стоматология : в 3 ч. Часть 2 : Болезни пародонта : учебник / под ред. Г. М. Барера. – Москва : ГЭОТАР-Медиа, 2021. – 224 с.

10. Бованова, Н. В. Особенности визуализации наружной кортикальной пластинки во фронтальном отделе нижней челюсти на КЛКТ / Н. В. Бованова // Медицинский алфавит. – 2020. – № 35. – С. 32-35.

11. Васильев, А. Ю. Лучевая диагностика в стоматологии : национальное руководство / Т. Ю. Алексахина, А. П. Аржанцев, Ю. В. Буковская [и др.] / Под ред. А. Ю. Васильева, С. К. Тернового. – Москва : ГЭОТАР-Медиа, 2010. – 288 с.

12. Грудянов, А. И. Классификация заболеваний пародонта и периимплантатных тканей (Евро-Перио, 2018). Достоинства и недостатки / А. И. Грудянов, Е. В. Фоменко // Стоматология. – 2021. – Том 100, № 2. – С. 76-85.

13. Долгалев, А. А. Современные подходы к устранению артефактов данных конусно-лучевой компьютерной томографии челюстно-лицевой области / А. А. Долгалев, А. Б. Данаев, Ш. Д. Хоссаин [и др.]. – DOI 10.33667/2078-5631-2021-38-14-20 // Медицинский алфавит. – 2021. – № 38. – С. 14-20.

14. Елизова, Л. А. Новая классификация заболеваний пародонта. Пародонтит / Л. А. Елизова, В. Г. Атрушкевич, Л. Ю. Орехова // Пародонтология. – 2021. – Том 26, № 1. – С. 80-82.

15. Захаркина, Е. С. Обоснование способов оценки выносливости пародонта зубов на основе одонтопародонтограммы / Е. С. Захаркина, М. Л. Маренкова //

Актуальные вопросы современной медицинской науки и здравоохранения : материалы VII Международной научно-практической конференции молодых учёных и студентов, Екатеринбург, 17-18 мая 2022 г. – Екатеринбург : УГМУ, 2022. – С. 2486-2490.

16. Каливраджиян, Э. С. Ортопедическая стоматология : учебник / под ред. Э. С. Каливраджияна, И. Ю. Лебедеико, Е. А. Брагина, И. П. Рыжовой – Москва : ГЭОТАР-Медиа, 2020. – 800 с. – ISBN 978-5-9704-5272-1.

17. Капранов, М. Ю. Оптимизация клинико-лучевого мониторинга стоматологического лечения с использованием имплантатов : специальность 14.01.13 «Лучевая диагностика, лучевая терапия» : автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата медицинских наук / Капранов Михаил Юрьевич ; Институт повышения квалификации Федерального медико-биологического агентства России. – Москва, 2013. – 24 с.

18. Клинические рекомендации (протоколы лечения) «Пародонтит» : утверждены решением Совета Ассоциации общественных объединений «Стоматологическая Ассоциация России» 23 апреля 2013 года / Стоматологическая Ассоциация России. – Москва, 2014. – URL: <https://e-stomatology.ru/director/protokols/> (дата обращения: 22.07.2023). – Текст: электронный.

19. Ланг, Н. П. Здоровый пародонт / Н. П. Ланг, М. П. Бартольд // Пародонтология. – 2019. – Том 24, № 2. – С. 187-192.

20. Лебедеико, И. Ю. Ортопедическая стоматология : национальное руководство / под редакцией И. Ю. Лебедеико, С. Д. Арутюнова, А. Н. Ряховского. – Москва : ГЭОТАР-Медиа, 2019. – 824 с. – ISBN 978-5-9704-4948-6.

21. Макарова, Е. С. Современный метод диагностики пародонта с использованием Florida probe и современное лечение рецессии десны / Е. С. Макарова, С. А. Рыжова, К. Е. Фролова, В. И. Иванова // Образование и наука в России и за рубежом. – 2019. – № 2 (50). – С. 244-254.

22. Мальковец, О. Г. Информативность конусно-лучевой компьютерной томографии для определения индивидуальных особенностей расположения

верхушек корней моляров нижней челюсти относительно нижнечелюстного канала / О. Г. Мальковец, О. С. Савостикова, Ю. М. Казакова [и др.] // Современная стоматология. – 2022. – № 2 (87). – С. 68-71.

23. Манукян, И. А. Конусно-лучевая компьютерная томография при повторном эндодонтическом лечении / И. А. Манукян, С. И. Рисованный // Международный научно-исследовательский журнал. – 2021. – № 4 (106). – С. 167-170.

24. Микляев, С. В. Анализ распространенности хронических воспалительных заболеваний тканей пародонта / С. В. Микляев, О. М. Леонова, А. В. Сущенко // Современные проблемы науки и образования. – 2018. – № 2. – С. 15.

25. Наумович, С. С. Конусно-лучевая компьютерная томография: современные возможности и перспективы применения в стоматологии / С. С. Наумович, С. А. Наумович // Современная стоматология. – 2012. – № 2 (55). – С. 31-35.

26. Осипова, М. В. Системный анализ распространенности заболеваний пародонта / М. В. Осипова // Ученые записки СПбГМУ им. И. П. Павлова. – 2012. – Том 19, № 3. – С. 118-122.

27. Патент № 2565097 Российская Федерация, МПК А61В 5/00 (2006.01). Способ определения жевательной эффективности пародонта зубов : № 2014114680/14 : заявл. 14.04.2014 : опубл. 20.10.2015 / А. А. Копытов, А. В. Цимбалистов ; заявитель БелГУ. – 9 с.

28. Патент № 2723517 Российская Федерация, МПК А61С 7/00(2006.01). Способ определения степени пародонтита : № 2019139706 : заявл. 04.12.2019 : опубл. 11.06.2020 / А. С. Иванов, А. В. Силин, А. А. Иванников, Г. А. Гребнев; заявитель СЗГМУ им. И.И. Мечникова. – 20 с.

29. Патент № 2752763 Российская Федерация, МПК А61В 6/02 (2006.01). Способ количественной оценки резорбции костной ткани пародонта в ходе ортодонтического лечения : № 2020135306 : заявл. 27.10.2020 : опубл. 02.08.2021 / Р. А. Фадеев, А. Н. Ланина, П. В. Ли; заявитель НовГУ. – 14 с.

30. Патент № 2765860 Российская Федерация, МПК А61В 6/02 (2006.01), А61С 7/00 (2006.01). Способ определения степени корневой резорбции : № 2020135306 : заявл. 17.06.2021 : опубл. 03.02.2022 / Р. А. Фадеев, А. Н. Ланина, Н. В. Прозорова [и др.] ; заявитель НовГУ. – с 9.

31. Патент № 2778598 С1 Российская Федерация, МПК А61В 6/02. Способ определения объема атрофии пародонта : № 2022101493 : заявл. 24.01.2022 : опубл. 22.08.2022 / Л. А. Титова, И. А. Баранов, И. А. Беленова [и др.] ; заявитель Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования "Воронежский государственный медицинский университет имени Н.Н. Бурденко" Министерства здравоохранения Российской Федерации. – 11 с.

32. Патент № 2819658 С1 Российская Федерация, МПК А61В 6/03, А61В 5/107. Способ определения степени тяжести хронического пародонтита : № 2023121458 : заявл. 16.08.2023 : опубл. 22.05.2024 / И. А. Баранов, Л. А. Титова, И. А. Беленова [и др.] ; заявитель Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования "Воронежский государственный медицинский университет им. Н.Н. Бурденко" Министерства здравоохранения Российской Федерации. – 7 с.

33. Пенькова, Е. А. Состояние пародонта пациентов с избыточной массой тела / Е. А. Пеньковой, К. С. Головатова, И. Ю. Пчелин [и др.] // *Juvenis scientia*. – 2023. – Том 9, № 2. – С. 21-31.

34. Рogaцкий, Д. В. Лучевая диагностика в стоматологии: 2D/3D / Д. В. Рogaцкий. – Москва : ТАРКОММ, 2021. – 403 с. – ISBN 978-5-6041424-7-9.

35. Рубрикатор клинических рекомендаций : сайт / Министерство здравоохранения Российской Федерации. – Москва, 2019. – URL: <https://cr.minzdrav.gov.ru/> (дата обращения 28.07.2023). – Текст: электронный.

36. Сабилова, А. И. Современные аспекты эпидемиологических вопросов заболеваний тканей пародонта / А. И. Сабилова, И. А. Акрамов, З. Д. Рамазанова [и др.] // *The Scientific Heritage*. – 2021. – № 73. – С. 31-38.

37. Сабилова, А. И. Современные представления о факторах риска развития и прогрессирования заболеваний тканей пародонта / А. И. Сабилова, И. А.

Акромов, З. Д. Рамазанова [и др.] // The Scientific Heritage. – 2021. – № 73. – С. 23-31.

38. Тамасханова, М. И. Клинико-рентгенологическая оценка состояния костной ткани при воспалительных заболеваниях пародонта : специальность 14.01.14 «Стоматология» : автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата медицинских наук / Тамасханова Марина Иссаевна ; Институт повышения квалификации Федерального медико-биологического агентства России. – Москва, 2014. – 25 с.

39. Фазылова, Ю. В. Современные технологии в диагностике заболеваний пародонта / Ю. В. Фазылова // Молодой ученый. – 2020. – № 22 (312). – С. 450-452.

40. Хайрова, Э. И. Особенности лечения пародонтита в зависимости от клинических проявлений / Э. И. Хайрова, С. Н. Лебедева, Т. Л. Харитоновна // Бюллетень медицинских интернет-конференций. – 2017. – Том 7, № 9. – С. 1422-1426.

41. Цакоев, А. Г. Хронический пародонтит в стадии обострения. Клиника, диагностика, лечение / А. Г. Цакоев // Актуальные вопросы науки и практики : сборник научных трудов по материалам XLI Международной научно-практической конференции, Анапа, 05 февраля 2022 г. – Анапа : НИЦ ЭСП, 2022. – С. 83-86.

42. Цепов, Л.М. К вопросу о систематизации и классификациях заболеваний пародонта: бесконечные дискуссии в науке и практике / Л. М. Цепов, А. И. Николаев, М. М. Нестерова [и др.] // Смоленский медицинский альманах. – 2020. – № 3. – С. 178-184.

43. Черепанова, А. А. Современные методы лучевой диагностики в ортодонтии / А. А. Черепанова, Г. Г. Манашев, В. В. Кан [и др.] // Сибирский журнал клинической и экспериментальной медицины. – 2010. – № 3-2. – 47-51.

44. Чибисова, М. А. Методы рентгенологического обследования и современной лучевой диагностики, используемые в стоматологии / М. А. Чибисова, Н. М. Батюков // Институт стоматологии. – 2020. – № 3 (88). – С. 24-33.

45. Юдина, Н. А. Диагностическое значение конусно-лучевой компьютерной томографии в эндодонтии / Н. А. Юдина, Н. Н. Пиванкова // Современная стоматология. – 2021. – № 3 (84). – С. 23-26.
46. Янушевич, О. О. Пародонтология : национальное руководство / под редакцией О. О. Янушевича, Л. А. Дмитриевой. – Москва : ГЭОТАР-Медиа, 2018. – 752 с. – ISBN 978-5-9704-4365-1.
47. Янушевич, О. О. Терапевтическая стоматология : учебник / О. О. Янушевич, Ю. М. Максимовский, Л. Н. Максимовская, Л. Ю. Орехова. – 3-е изд., перераб. и доп. – Москва : ГЭОТАР-Медиа, 2023. – 768 с. – ISBN 978-5-9704-7454-9.
48. Ярулина, З. И. Интерпретация и описание панорамных зонограмм и КЛКТ-исследований челюстно-лицевой области : методическое пособие для врачей лучевой диагностики / З. И. Ярулина, Ю. Г. Седов, Е. Ю. Сердобинцев. – Москва : ПИКАССО, 2014. – 87 с.
49. Abdelkarim, A. Cone-Beam Computed Tomography in Orthodontics / A. Abdelkarim. – DOI 10.3390/dj7030089 // Journal of Dentistry (Basel). – 2019. – № 7 (3). – P. 89.
50. Abdinian, M. Comparison of intraoral digital radiography and cone-beam computed tomography in the measurement of periodontal bone defects. / Abdinian, M., Yaghini, J., Jazi, L. // Dental and Medical Problems. – 2020. – № 57 (3). – P. 269-273.
51. Adurty, C. Accuracy of digital intraoral periapical radiography and cone beam computed tomography in the measurement of intrabony defects: a comparative study / C. Adurty, K. Tejaswi, C. Shivani [et al.] // Journal of Indian Society of Periodontology. – 2021. – № 25. – P. 491-495.
52. Alsakr, A. M. Accuracy and Reliability of CBCT Compared to Clinical Probing in Detection of Trifurcation Defects: An In Vivo Study / A. M. Alsakr, A. G. Creanga, A. S. Alqahtani, K. Gufran. – DOI 10.1155/2022/5805776 // BioMed Research International. – 2022. – № 14. – P. 58.

53. Aljehani, Y. A. Diagnostic Applications of Cone-Beam CT for Periodontal Diseases / Y. A. Aljehani. – DOI 10.1155/2014/865079 // International Journal of Dentistry. – 2014. – № 2014. – P. 86.

54. Alshamsi, F. N. Comparative evaluation of clinical probing versus CBCT for furcation involvement in patients with periodontitis / F. N. Alshamsi, J. D'souza, S. Reddy, B. Jha Kukreja, H. Abdelmagyd // Bangladesh Journal of Medical Science. – 2023. – № 22 (1). – P. 90-95.

55. AlShayeb, K. N. Periodontal probing: a review / K. N. AlShayeb, W. Turner, D. G. Gillam. – DOI 10.1308/205016814812736619 // Primary Dental Journal. – 2014. – № 3. – P. 25-29.

56. Althaf, N. Accuracy of cone beam computed tomography over conventional radiography (IOPA), clinical probing and direct surgical measurements in the assessment of periodontal defects / M. N. Althaf, M. Mustafa, R. Hosadurga [et al.]. – DOI 10.7860/JCDR/2019/41840.13128 // Journal of Clinical and Diagnostic Research. – 2019. – № 13 (9). – P. 11-18.

57. Assiri, H. Cone beam computed tomography (CBCT) in periodontal diseases: a Systematic review based on the efficacy model / H. Assiri, A. A. Dawasaz, A. Alahmari, Z. Asiri. – DOI 10.1186/s12903-020-01106-6 // BMC Oral Health. – 2020 – № 20 (1). – P. 191.

58. Bagis, N. Comparison of the burr and chemically induced periodontal defects using different field-of-view sizes and voxel resolutions / N. Bagis, H. Eren, M. E. Kolsuz [et al.] // Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol. – 2018. – № 125 (3). – P. 260-267.

59. Bailey, D. L. Periodontal diagnosis in private dental practice: a case-based survey / D. L. Bailey, S-Y. Barrow, B. Cvetkovic [et al.] // Australian Dental Journal. – 2016. – № 61 (2). – P. 244-251.

60. Balasundaram, A. Comparison of cone-beam computed tomography and periapical radiography in predicting treatment decision for periapical lesions: a clinical study / A. Balasundaram, P. Shah, M. M. Hoen [et al.] // International Journal of Dentistry. – 2012. – № 2012. – P. 8.

61. Banodkar, A. B. Evaluation of accuracy of cone beam computed tomography for measurement of periodontal defects: A clinical study / A. B. Banodkar, R. P. Gaikwad, T. U. Gunjekar, T. A. Lobo // *J Indian Soc Periodontol.* – 2015. – № 19. – P. 285-289.
62. Bayat, S. Detection of simulated periodontal defects using cone-beam CT and digital intraoral radiography / S. Bayat, A. R. Talaeipour, F. Sarlati // *Dentomaxillofacial Radiology.* – 2016. – № 45 (6). – P. 20-22.
63. Bois, A. H. Is there a role for the use of volumetric cone beam computerized tomography in periodontics? / A. H. Bois, B. Kardachi, P. M. Bartold // *Australian Dental Journal* – 2012. – № 57. – P. 103-108.
64. Bornstein, M. M. Cone beam computed tomography in implant dentistry: A systematic review focusing on guidelines, indications, and radiation dose risks / M. M. Bornstein, W. C. Scarfe, V. M. Vaughn, R. Jacobs. – DOI 10.11607/jomi.2014suppl.g1.4 // *International Journal of Oral & Maxillofacial Implants.* – 2014. – № 29. – P. 55-77.
65. Braun, X. Diagnostic accuracy of CBCT for periodontal lesions / X. Braun, L. Ritter, P-M. Jervøe-Storm, M. Frentzen. – DOI 10.1007/s00784-013-1106-0 // *Clinical Oral Investigations.* – 2013. – № 18 (4). – P. 1229-1236.
66. Brown, J. Basic training requirements for the use of dental CBCT by dentists: A position paper prepared by the European Academy of Dento Maxillo Facial Radiology / J. Brown, R. Jacobs, J. E. Levring [et al.]. – DOI 10.1259/dmfr.20130291 // *Dentomaxillofacial Radiology.* – 2014. – № 43.
67. Billings, M. Age-dependent distribution of periodontitis in two countries: Findings from NHANES 2009 to 2014 and SHIP-TREND 2008 to 2012 / M. Billings, B. Holtfreter, P. N. Papapanou [et al.] // *Journal of Clinical Periodontology.* – 2018. – № 45. – P. 130-148.
68. Cimaljevic, M. M. Clinical and CBCT-based diagnosis of furcation involvement in patients with severe periodontitis / M. M. Cimaljevic, R. R. Spin-Neto, V. J. Miletic, [et al.] // *Quintessence Int.* – 2015. – № 46 (10). – P. 70.
69. Chapple, I. L. C. Periodontal health and gingival diseases and conditions on an intact and a reduced periodontium: Consensus report of workgroup 1 of the 2017 World Workshop on the Classification of Periodontal and Peri-Implant Diseases and Conditions

/ I. L. C. Chapple, B. L. Mealey, E. V. D. Thomas [et al.] // Journal of Periodontology. – 2018. – № 89. – P. 74-84.

70. Choi, I. G. Comparison of conventional imaging techniques and CBCT for periodontal evaluation: a systematic review / I. G. Choi, A. R. Cortes, E. S. Arita, M. A. Georgetti // Imaging Science in Dentistry. – 2018. – № 48 (2). – P. 79-86.

71. Chung H. M., Periodontal probing on digital images compared to clinical measurements in periodontitis patients / H. M. Chung, J. Y. Park, K. A. Ko [et al.]. – DOI 10.1038/s41598-021-04695-6 // Scientific Reports. – 2022. – № 12 (1). – P. 1616.

72. Clark-Perry, D. Accuracy of clinical and radiographic measurements of periodontal infrabony defects of diagnostic test accuracy (DTA) studies: a systematic review and meta-analysis / D. Clark-Perry, G. A. Van der Weijden, W. E. R. Berkhout, [et al.] DOI 10.1016/j.jebdp.2021.101665 // Journal of Evidence-Based Dental Practice. – 2022. – № 22 (1).

73. Coelho-Silva, F. Influence of windowing and metal artefact reduction algorithms on the volumetric dimensions of five different high-density materials: a cone-beam CT study / F. Coelho-Silva, L. A. C. Martins, D.A. Braga [et al.] – DOI 10.1259/dmfr.20200039 // Dentomaxillofac Radiol. – 2020. – № 49 (8).

74. Colceriu-Şimon, I. M. Clinical indications and radiation doses of cone beam computed tomography in orthodontics / I. M. Colceriu-Şimon, M. Băciuş, R. I. Ştiuşiuc [et al.] // Med Pharm Rep. – 2019. – №. 92 (4). – P. 346-351.

75. Darby, I. Comparison of clinical and cone beam computed tomography measurements to diagnose furcation involvement / I. Darby, M. Sanelli, S. Shan, J. Silver, A. Singh, M. Soedjono, L. Ngo // International Journal of Dental Hygiene. – 2015. – №. 13 (4). – P. 241-245.

76. de Faria Vasconcelos, K. Detection of periodontal bone loss using cone beam CT and intraoral radiography / K. de Faria Vasconcelos, K.M. Evangelista, C.D. Rodrigues [et al.]. – DOI 10.1259/dmfr.20190135 // Dentomaxillofacial Radiology. – 2020. – № 49 (2). – P. 1-7.

77. Dula, K. SADMFR Guidelines for the Use of Cone-Beam Computed Tomography/Digital Volume Tomography / K. Dula, G. I. Benic, M. Bornstein [et al.] // Swiss Dental Journal. – 2015. – № 125. – P. 945-953.

78. Erriu, M. Probing depth in periodontal pockets: In vitro evaluation of contributions to variability due to probe type and operator skill / M. Erriu, G. Genta, F. M. G. Pili [et al.]. – DOI 10.1177/0954411915606170 // Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers. – 2015. – № 229. – P. 743-749.

79. Elashiry, M. From manual periodontal probing to digital 3-D imaging to endoscopic capillaroscopy: Recent advances in periodontal disease diagnosis / M. Elashiry, M. M. Meghil, R. M. Arce, C. W. Cutler // Journal of Periodontal Research. – 2019. – № 54. – P. 1-9.

80. Eshraghi, V. T. Role of Cone-Beam Computed Tomography in the Management of Periodontal Disease / V. T. Eshraghi, K. A. Malloy, M. Tahmasbi // Dentistry Journal (Basel). – 2019. – № 7 (2). – P. 57.

81. Fan, W. The Application of Deep Learning on CBCT in Dentistry / W. Fan, J. Zhang, N. Wang [et al.]. – DOI 10.3390/diagnostics13122056 // Diagnostics (Basel). – 2023. – № 13 (12). – P. 2056.

82. Felemban, O. M. Accuracy of Cone-beam Computed Tomography and Extraoral Bitewings Compared to Intraoral Bitewings in Detection of Interproximal Caries / O. M. Felemban, C. Y. Loo, A. Ramesh // J Contemp Dent Pract. – 2020. – № 21 (12). – P. 1361-1367.

83. Frencken, J. E. Global epidemiology of dental caries and severe periodontitis - a comprehensive review / J. E. Frencken, P. Sharma, L. Stenhouse [et al.] // Journal of Clinical Periodontology. – 2017. – № 44. – P. 94-105.

84. Friedlander-Barenboim, S. Patterns of Cone-Beam Computed Tomography (CBCT) Utilization by Various Dental Specialties: A 4-Year Retrospective Analysis from a Dental and Maxillofacial Specialty Center / S. Friedlander-Barenboim, W. Hamed, A. Zini [et al.]. – DOI 10.3390/healthcare9081042 // Healthcare (Basel). – 2021. – № 9 (8). – P. 1042.

85. Fitzgerald, B. P. Reproducibility of Manual Periodontal Probing Following a Comprehensive Standardization and Calibration Training Program. / B. P. Fitzgerald, C. E. Hawley, C. Q. Harrold [et al.]. – DOI 10.13188/2377-987X.1000063 // Archives of Oral Biology (Northborough). – 2022. – № 8 (1). – P. 63.

86. Ganz, S. D. Three-dimensional imaging and guided surgery for dental implants / S. D. Ganz. – DOI 10.1016/j.cden.2014.11.001 // Dental Clinics of North America. – 2015. – № 59. – P. 265-290.

87. Garcia-Pola, M-J. Oral hygiene instructions and professional control as part of the treatment of desquamative gingivitis. Systematic review / M-J. Garcia-Pola, S. Rodriguez-Lopez, A. Fernanz-Vigil [et al.] // Medicina Oral, Patologia Oral, Cirugia Bucal. – 2019. – № 24 (2). – P. 136-144.

88. Global oral health status report: towards universal health coverage for oral health by 2030. – Text : electronic // World Health Organization : website. – 2023. – URL: <https://www.who.int/publications/i/item/9789240061484> (дата обращения: 15.05.2023).

89. Goodarzi, P. D. Accuracy of Cone Beam Computed Tomography for Detection of Bone Loss / P. D. Goodarzi, E. Romoozi, Y. S. Shayesteh // Journal of dentistry (Tehran). – 2015. – № 12 (7). – P. 513-523.

90. Grimard, B. A. Comparison of clinical, periapical radiograph, and cone-beam volume tomography measurement techniques for assessing bone level changes following regenerative periodontal therapy / B. A. Grimard, M. J. Hoidal, M. P. Mills [et al.] // Journal of Periodontology. – 2009. – № 80. – P. 48-55.

91. Gul, S. S. Prevalence and severity of circumferential alveolar bone loss at mesial, distal, buccal and lingual sites: a CBCT-based assessment / S. S. Gul, F. A. [et al.] // Diagnostics. – 2024. – № 14 (5). – P. 507.

92. Haas, L.F. Precision of cone beam CT to assess periodontal bone defects: a systematic review and meta-analysis. / Haas L.F., Zimmermann G.S., De Luca Canto G., Flores-Mir C., Corrêa M. – DOI 10.1259/dmfr.20170084 // Dentomaxillofac Radiol. – 2019. – № 47.

93. Hamasni, F. M. Comparison of the clinical biological width with the published standard histologic mean values / F. M. Hamasni, F. El Hajj. – DOI 10.4103/jispcd.JISPCD\_261\_17 // Journal of International Society of Preventive & Community Dentistry. – 2017. – № 7. – P. 264-271.

94. Hans, M. G. History of imaging in orthodontics from Broadbent to cone-beam computed tomography / M. G. Hans, J. M. Palomo, M. Valiathan. – DOI 10.1016/j.ajodo.2015.09.007 // American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics. – 2015. – № 148. – P. 914-921.

95. Hartshorne J. Essential guidelines for using cone beam computed tomography (CBCT) in implant dentistry. Part 2: Clinical considerations // Int. Dent. Afr. Ed. – 2018. – № 8. – P. 19.

96. Hung, K. Current Applications, Opportunities, and Limitations of AI for 3D Imaging in Dental Research and Practice / K. Hung, A. W. K. Yeung, R. Tanaka, M. M. Bornstein. – DOI 10.3390/ijerph17124424 // International Journal of Environmental Research and Public Health. – 2020. – № 17 (12). – P. 4424.

97. Icen, M. Comparison of CBCT with different voxel sizes and intraoral scanner for detection of periodontal defects: an in vitro study / M. Icen, K. Orhan, Ç. Şeker [et al.]. – DOI 10.1259/dmfr.20190197 // Dentomaxillofacial Radiology. – 2020. – № 49 (5).

98. James, S. L. Global, regional, and national incidence, prevalence, and years lived with disability for 354 diseases and injuries for 195 countries and territories, 1990-2017: A systematic analysis for the Global Burden of Disease Study 2017 / S. L. James, D. Abate, K. H. Abate [et al.]. – DOI 10.1016/s0140-6736(18)32279-7 // The Lancet. – 2018. – № 392. – P. 1789-1858.

99. Je, U. K. 3D reconstruction based on compressed-sensing (CS)-based framework by using a dental panoramic detector. / U. K. Je, H. M. Cho, D. K. Hong [et al.]. // Phys Med. – 2016. – № 32(1). – P. 7.

100. Jiang, Y. Clinical, radiographic characterizations and complications of maxillary molar in a periodontitis population: a retrospective study based on CBCT radiography / Y. Jiang, W. Cui, J. Chen [et al.]. // Clin Oral Investig. – 2023. – № 27(5). – P. 2335-2346.

101. Johari, M. Metal Artifact Suppression in Dental Cone Beam Computed Tomography Images Using Image Processing Techniques / M. Johari, M. Abdollahzadeh, F. Esmaili, V. Sakhamanesh // *J Med Signals Sens.* – 2018. – № 8(2). – P. 12-24.

102. Kaasalainen, T. Dental cone beam CT: An updated review / T. Kaasalainen, M. Ekholm, T. Siiskonen, M. Kortensniemi. – DOI 10.1016/j.ejmp.2021.07.007 // *European Journal of Medical Physics.* – 2021. – № 88. – P. 193-217.

103. Kamburoglu, K. Use of dentomaxillofacial cone beam computed tomography in dentistry / K. Kamburoglu. – DOI 10.4329/wjr.v7.i6.128 // *World Journal of Radiology.* – 2015. – № 7. – P. 128-130.

104. Karamifar, K. Endodontic Periapical Lesion: An Overview on the Etiology, Diagnosis and Current Treatment Modalities / Karamifar K, Tondari A, Saghiri MA. // *Eur Endod J.* – 2020. – № 14. – P. 54-67.

105. Kassebaum, N. J. Global, regional, and national prevalence, incidence, and disability-adjusted life years for oral conditions for 195 countries, 1990–2015: A systematic analysis for the global burden of diseases, injuries, and risk factors / N. J. Kassebaum, A. G. C. Smith, E. Bernabe [et al.]. – DOI 10.1177/0022034517693566 // *Journal of Dental Research.* – 2017. – № 96 (4). – P. 380-387.

106. Kim, D.M. Effect of gingival biotype on the accuracy of cone beam computed tomography scanning for periodontal bone loss: A pilot study / D.M. Kim, S.H. Bassir, T.T. Nguyen. – DOI 10.1002/JPER.19-0100 // *Journal of Periodontology.* – 2020. – № 91, № 5. – P. 622-630.

107. Könönen, E. Periodontitis: A Multifaceted Disease of Tooth-Supporting Tissues / E. Könönen, M. Gursoy, U. K. Gursoy // *Journal of Clinical Medicine.* – 2019. – № 8 (8). – P. 1135.

108. Kwon, T. Current Concepts in the Management of Periodontitis / T. Kwon, I. B. Lamster, L. Levin. – DOI 10.1111/idj.12630 // *International Dental Journal.* – 2021. – № 71 (6). – P. 462-476.

109. Kwon, T. Panoramic dental tomosynthesis imaging by use of CBCT projection data / T. Kwon, D. I. Choi, J. Hwang [et al.]. – DOI 10.1038/s41598-023-35805-1 // *Scientific Reports.* – 2023. – № 13(1). – P. 8817.

110. Lee, J. S. Digital scanning is more accurate than using a periodontal probe to measure the keratinized tissue width / J. S. Lee, Y. S. Jeon, F. J. Strauss [et al.]. – DOI 10.1038/s41598-020-60291-0 // Scientific Reports. – 2020. – № 10. – P. 3665.

111. Leung, C. C. Accuracy and reliability of cone-beam computed tomography for measuring alveolar bone height and detecting bony dehiscences and fenestrations / C. C. Leung, L. Palomo, R. Griffith, M. G. Hans // The American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics. – 2010. – № 137. – P. 109-119.

112. Ludlow, J. B. Effective dose of dental CBCT-a meta-analysis of published data and additional data for nine CBCT units / J. B. Ludlow, R. Timothy, C. Walker [et al.]. – DOI 10.1259/dmfr.20140197 // Dentomaxillofacial Radiology. – 2015. – № 44 (1).

113. Mandelaris, G. A. American Academy of Periodontology Best Evidence Consensus Statement on Selected Oral Applications for Cone-Beam Computed Tomography / G. A. Mandelaris, E. T. Scheyer, M. Evans [et al.]. – DOI 10.1902/jop.2017.170234 // Journal of Periodontology. – 2017. – № 88 (10). – P. 939-945.

114. Mao, W. Y. Comparison of radiographical characteristics and diagnostic accuracy of intraosseous jaw lesions on panoramic radiographs and CBCT /W. Y. Mao, J. Lei, L. Z. Lim [et al.]. - DOI 10.1259/dmfr.20200165 // Dentomaxillofacial Radiology. - 2021. - № 50 (2).

115. Mark, R. Comparative Evaluation of Periodontal Osseous Defects Using Direct Digital Radiography and Cone-Beam Computed Tomography / R. Mark, R. Mohan, M. Gundappa, M. D. S. Balaji, V. K. Vijay, M. Umayal // Journal of Pharmacy and Bioallied Sciences. – 2021. – № 13 (1). – P. 306-311.

116. Misirli, M. Detection of natural and simulated periodontal defects using cone-beam computed tomography and digital intraoral radiography / M. Misirli, S. Aksoy, M. İçen [et al.] // Journal of Contemporary Medical Sciences. – 2022. – № 8 (1). – P. 38-43.

117. Mohan, R. Diagnostic Accuracy of CBCT for Aggressive Periodontitis / R. Mohan, R. Mark, I. Sing, A. Jain. – DOI 10.4103/2156-7514.133258 // Journal of Clinical Imaging Science. – 2014. – № 4. – P. 2.

118. Mol, A. In vitro cone beam computed tomography imaging of periodontal bone / A. Mol, A. Balasundaram // *Dentomaxillofacial Radiology*. – 2008. – № 37 (6). – P. 319-324.
119. Nikolic-Jakoba, N. Cone beam computed tomography for detection of Intrabony and furcation defects: a Systematic review based on a hierarchical model for diagnostic efficacy / N. Nikolic-Jakoba, R. Spin-Neto, A. Wenzel // *Journal of Periodontology*. – 2016. – № 87 (6). – P. 630-644.
120. Nikolic-Jakoba, N. Effect of section thickness on CBCT measurements of intrabony periodontal defects compared with clinical measurements. / Nikolic-Jakoba, N., Barac, M., Jankovic, S., [et al.]. // *Journal of Periodontology*. – 2021. – № 92 (5). – P. 670-677.
121. Nikolic-Jakoba, N. The Use of Cone-Beam Computed Tomography in Furcation Defects Diagnosis / Nikolic-Jakoba, N., Barac, M., Jankovic, S. // *Balkan Journal of Dental Medicine*. – 2016. – № 20 (3). – P. 143-148.
122. Noujeim, M. Evaluation of high-resolution cone beam computed tomography in the detection of simulated interradicular bone lesions / M. Noujeim, T. J. Prihoda, R. Langlais, P. Nummikoski // *Dentomaxillofacial Radiology*. – 2009. – № 38 (3). – P. 156-162.
123. Oliveira, P. R. D. Comparison of cone-beam computed tomography, clinical and surgical probing in assessing maxillary molar furcation involvement / P. R. D. Oliveira, T. O. Sousa, J. Valladares-Neto [et al.] // *Clinical Oral Investigations*. – 2021. – № 34. – P. 240-248.
124. Papapanou, P. N. Periodontitis: Consensus report of workgroup 2 of the 2017 World Workshop on the Classification of Periodontal and Peri Implant Diseases and Conditions / P. N. Papapanou, M. Sanz, N. Buduneli [et al.] // *Journal of Clinical Periodontology*. – 2018. – № 45. – P. 162-170.
125. Papapanou, P. N. Periodontitis: Consensus report of workgroup 2 of the 2017 World Workshop on the Classification of Periodontal and Peri-Implant Diseases and Conditions / P. N. Papapanou, M. Sanz, N. Buduneli [et al.] // *Journal of Periodontology*. – 2018. – № 89. – P. 173-182.

126. Patil, A. B. Comparative assessment of reliability and accuracy of cone-beam computed tomography (CBCT) over direct surgical measurement for periodontal bone loss: a prospective, cross-sectional study / A. B. Patil, N. Patil, R. Singh [et al.] – DOI doi:10.7759/cureus.44608 // *Cureus*. – 2023. – № 15 (9).

127. Patil, B. A. Evaluation of endo-perio lesions using cone beam computed tomography (CBCT): a cross-sectional study / B. A. Patil, S. Shakeel, R. Alotaibi [et al.] // *International Journal of Periodontics & Restorative Dentistry*. – 2023. – № (7). – P. 235-243.

128. Pitale, U. Comparative evaluation of the precision of cone-beam computed tomography and surgical intervention in the determination of periodontal bone defects: a clinicoradiographic study / U. Pitale, H. Mankad, R. Pandey [et al.]. – DOI 10.4103/jisp.jisp\_118\_19 // *Journal of Indian Society of Periodontology*. – 2020. – № 24. – P. 127-134.

129. Ramis-Alario, Comparison of the diagnostic efficacy of 2D radiography and cone beam computed tomography in persistent apical periodontal disease: A PRISMA-DTA systematic review and meta-analysis / A. Ramis-Alario, D. Soto-Peñaloza, B. Tarazona-Alvarez [et al.] // *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol*. – 2021. – № 132 (4). – P. 153-68.

130. Reddy, M. S. Periodontal regeneration - furcation defects: a consensus report from the AAP Regeneration Workshop / M. S. Reddy, M. E. Aichelmann-Reidy, G. Avila-Ortiz [et al.] // *Journal of Periodontology*. – 2015. – № 86. – P. 131-133.

131. Righolt, A. J. Global, regional, and country level economic impacts of dental diseases in 2015 / A. J. Righolt, M. Jevdjevic, W. Marcenes, S. Listl. – DOI 10.1177/0022034517750572 // *Journal of Dental Research*. – 2018. – № 97 (5). – P. 501-507.

132. Ruetters, M. Low-dose CBCT imaging of alveolar buccal bone adjacent to mandibular anterior teeth- a pilot study / M. Ruetters, H. Gehrig, D. Kronsteiner [et al.]. – DOI 10.1007/s00784-022-04389-x // *Clinical Oral Investigations*. – 2022. – № 26 (5). – P. 4173-4182.

133. Sanz, M. EFP Workshop Participants and Methodological Consultants. Treatment of stage I-III periodontitis-The EFP S3 level clinical practice guideline / M. Sanz, D. Herrera, M. Kerschull [et al.]. – DOI 10.1111/jcpe.13290 // *Journal of Clinical Periodontology*. – 2021. – № 48 (1). – P. 163.

134. Scarfe, W. C. The emerging role of maxillofacial radiology in the diagnosis and management of patients with complex periodontitis / W. C. Scarfe, B. Azevedo, L. R. Pinheiro, M. Priaminiarti, M. A. O. Sales // *Periodontology 2000*. – 2017. – № 74 (1). – P. 116-139.

135. Schulze, R. K. W. Cone-beam computed tomography and its applications in dental and maxillofacial radiology / R. K. W. Schulze, N. A. Drage. – DOI 10.1016/j.crad.2020.04.006 // *Clinical Radiology*. – 2020. – № 75. – P. 647-657.

136. Shukla, S. Role of cone beam computed tomography in diagnosis and treatment planning in dentistry: an update / S. Shukla, A. Chug, K. I. Afrashtehfar // *Journal of International Society of Preventive & Community Dentistry*. – 2017. – № 7. – P. 125-136.

137. Slots, J. Periodontitis: facts, fallacies and the future / J. Slots // *Periodontology 2000*. – 2017. – № 75. – P. 7-23.

138. Spagnuolo, G. The role of digital devices in dentistry: Clinical trends and scientific evidences / G. Spagnuolo, R. Sorrentino. – DOI 10.3390/jcm9061692 // *Journal of Clinical Medicine*. – 2020. – № 9 (6). – P. 1692.

139. Spin-Neto, R. Patient movement and motion artefacts in cone beam computed tomography of the dentomaxillofacial region: a systematic literature review / R. Spin-Neto, A. Wenzel. – DOI 10.1016/j.oooo.2015.11.019 // *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology Oral Radiology*. – 2016. – № 121. – P. 425-433.

140. Srebrzynska-Witek, A. CBCT for estimation of the cemento-enamel junction and crestal bone of anterior teeth / A. Srebrzynska-Witek, R. Koszowski, I. Rozylo-Kalinowska, M. Piskorz // *Open Med (Wars)*. – 2020. – № 15 (1). – P. 774-781.

141. Suomalainen, A. Dentomaxillofacial imaging with panoramic views and cone beam CT / A. Suomalainen, E. E. Pakbaznejad, S. Robinson. – DOI 10.1007/s13244-014-0379-4 // *Insights Imaging*. – 2015. – № 6. – P. 1-16.

142. Suphanantachat, S. Comparison of clinical values between cone beam computed tomography and conventional intraoral radiography in periodontal and infrabony defect assessment / S. Suphanantachat, K. Tantikul, S. Tamsailom [et al.] – DOI 10.1259/dmfr.20160461 // *Dentomaxillofacial Radiology*. – 2017. – № 46 (6).

143. Suzuki, S. Image quality and clinical usefulness of ray-summation image reconstructed from CT data, compared with digital radiography / S. Suzuki, K. Ichikawa, S. Tamaki. – DOI 10.6009/jjrt.2017\_JSRT\_73.5.372 // *Nihon Hōshasen Gijutsu Gakkai zasshi*. – 2017. – № 73 (5). – P. 372-381.

144. Tang, X. On the data acquisition, image reconstruction, cone beam artifacts, and their suppression in axial MDCT and CBCT - A review / X. Tang, E. A. Krupinski, H. Xie, A. E. Stillman. – DOI 10.1002/mp.13095// *Medical Physics*. – 2018. – № 45. – P. 761-782.

145. Tang, Z. Comparison of digital panoramic radiography versus cone beam computerized tomography for measuring alveolar bone / Z. Tang, X. Liu, K. Chen // *Head & Face Medicine*. – 2017. – № 13 (1). – P. 2.

146. Tonetti, M. S. Impact of the global burden of periodontal diseases on health, nutrition and wellbeing of mankind: A call for global action / M. S. Tonetti, S. Jepsen, L. Jin [et al.] // *Journal of Clinical Periodontology*. – 2017. – № 44 (5). – P. 456-462.

147. Tonetti, M. S. Implementation of the new classification of periodontal diseases: Decision making algorithms for clinical practice and education / M. S. Tonetti, M. Sanz // *Journal of Clinical Periodontology*. – 2019. – № 46 (4). – P. 398-405.

148. Tonetti, M. S. Self-reported bleeding on brushing as a predictor of bleeding on probing: Early observations from the deployment of an internet of things network of intelligent power-driven toothbrushes in a supportive periodontal care population / M. S. Tonetti, K. Deng, A. Christiansen [et al.] // *Journal of Clinical Periodontology*. – 2020. – № 47. – P. 1219-1226.

149. Tonetti, M. S. Staging and grading of periodontitis: Framework and proposal of a new classification and case definition / M. S. Tonetti, H. Greenwell, K. S. Kornman // *Journal of Periodontology*. – 2018. – № 89. – P. 159-172.

150. Umetsubo, O. S. Detection of simulated incipient furcation involvement by CBCT: an in vitro study using pig mandibles / O. S. Umetsubo, B. F. Gaia, F. F. Costa, M. G. Cavalcanti // *Brazilian Oral Research*. – 2012. – № 26. – P. 341-347.

151. Vandenberghe B. Detection of periodontal bone loss using digital intraoral and cone beam computed tomography images: an in vitro assessment of bony and/or infrabony defects / B. Vandenberghe, R. Jacobs, J. Yang // *Dentomaxillofacial Radiology*. – 2019. – № 37 (5). – P. 252-260.

152. Vandenberghe B. The crucial role of imaging in digital dentistry // *Dental Materials*. – 2020. – № 36, № 5. – P. 581-591.

153. Walter, C. Cone beam computed tomography (CBCT) for diagnosis and treatment planning in periodontology: a systematic review / C. Walter, J. C. Schmidt, K. Dula, A. Sculean // *Quintessence International*. – 2016. – № 47 (1). – P. 25-37.

154. Walter, C. Cone beam computed tomography (CBCT) for diagnosis and treatment planning in periodontology : systematic review update / C. Walter, J. C. Schmidt, C. A. Rinne [et al.]. – DOI 10.1007/s00784-020-03326-0 // *Clinical Oral Investigations*. – 2020. – № 24. – P. 2943-2958.

155. Wang, H. Multiclass CBCT Image Segmentation for Orthodontics with Deep Learning / H. Wang, J. Minnema, K. J. Batenburg [et al.]. – DOI 10.1177/00220345211005338 // *Journal of Dental Research*. – 2021. – № 100 (9). – P. 943-949.

156. Weiss, R. 2<sup>nd</sup>. Cone Beam Computed Tomography in Oral and Maxillofacial Surgery: An Evidence-Based Review / R. 2<sup>nd</sup>. Weiss, A. Read-Fuller. – DOI 10.3390/dj7020052 // *Dental Journal of Advance Studies*. – 2019. – № 7. – P. 52.

157. Weissman J. Association between the presence of apical periodontitis and clinical symptoms in endodontic patients using cone-beam computed tomography and periapical radiographs / J. Weissman, J. D. Johnson, M. Anderson [et al.]. – DOI 10.1016/j.joen.2015.06.004 // *Journal of Endodontia*. – 2015. – № 41 (11). – P. 1824-1829.

158. Woelber, J. P. Accuracy and usefulness of CBCT in periodontology: a Systematic review of the literature / J. P. Woelber, J. Fleiner, J. Rau [et al.] // *International Journal of Periodontics & Restorative Dentistry*. – 2018. – № 38 (2). – P. 289-297.

159. Yang, J., Cone-beam computed tomography performance in measuring periodontal bone loss. / Li, X., Duan, D., Bai, L., Zhao, L., Xu, Y. // *Journal of Oral Science*. – 2019. – № 61 (1). – P. 61-66.

160. Yun, Z. Automatic reconstruction method for high-contrast panoramic image from dental cone-beam CT data / Z. Yun, S. Yang, E. Huang [et al.]. – DOI 10.1016/j.cmpb.2019.04.024 // *Computer Methods and Programs in Biomedicine*. – 2019. – № 175. – P. 205-214.

161. Zhang, J. A fast automatic reconstruction method for panoramic images based on cone beam computed tomography / J. Zhang, Y. Jiang, F. Gao [et al.]. – DOI 10.3390/electronics11152404 // *Electronics*. – 2022. – № 11 (15). – P. 2404.

162. Zhang, X. The dimension and morphology of alveolar bone at maxillary anterior teeth in periodontitis: a retrospective analysis-using CBCT / X. Zhang, Y. Li, Z. Ge [et al.]. – DOI 10.1038/s41368-019-0071-0 // *International Journal of Oral Science*. – 2020. – № 12 (1). – P. 4.