

Министерство науки и
высшего образования Российской Федерации

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«САРАТОВСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ Н.Г.ЧЕРНЫШЕВСКОГО»

Кафедра медицинской физики
наименование кафедры

**«Диагностика деминерализации и контроль
реминерализующей терапии зубной эмали с
использованием ближнеполевого СВЧ-микроскопа,
работающего в автодинном режиме»**

Автореферат выпускной квалификационной работы бакалавра

студентки 4 курса 451 группы

направления 03.03.02 «Физика», профиль «Компьютерные технологии в
медицинской физике»

факультета нано- и биомедицинских технологий

Исаевой Анастасии Андреевны

Научный руководитель

доцент, к.ф.-м.н.

подпись, дата

А.Э.Постельга

Зав. кафедрой:

д.ф.-м.н., профессор

подпись, дата

А.В.Скрипаль

Саратов 2020 г.

Современный уровень фундаментальных научных знаний в области медицины позволяет проводить диагностику, лечение и наблюдение за состоянием пациентов, полагаясь на объективные критерии, которые дают максимально полную информацию о состоянии органов и функций организма, а также определяющие даже самые малые изменения в состоянии организма. Стремительно развивающиеся современные технологии выполняют основную задачу современной инструментальной диагностики – рациональное использование всевозможных ее методов.

Зубочелюстная система человека является важной составляющей создания зрительно воспринимаемых образов – сигналов, отражающих эмоции человека, выполняя «информационно - эстетическую функцию». Кариес и болезни пародонта являются социально значимыми заболеваниями, поскольку сопровождаются структурно – функциональными и эстетическими нарушениями, которые снижают качество жизни пациента, обусловленного стоматологическим здоровьем.

Выявить болезнь на ранней стадии и предупредить ее легче и дешевле, чем впоследствии производить лечение. Этот факт убеждает в необходимости использования современных методов функциональной диагностики и предоставляет следующие возможности:

- Прогнозировать риск возникновения заболеваний, осуществлять их диагностику на раннем сроке, давать оценку условий их прогрессирования;
- Предотвратить болезнь на ранней стадии развития и определить рациональные пути ее лечения;
- Провести анализ динамики изменений функционального состояния организма и назначить процесс лечения.

Проблема кариеса зубов, имеет большое медицинское и социальное значение. Несмотря на определенные успехи в профилактике и лечении этого

заболевания показатели распространенности и интенсивности кариеса остаются очень высокими.

Кариес – патологический процесс твердых тканей зуба, возникающий после их прорезывания и сопровождающийся процессами деминерализации, протеолиза и результирующийся в образовании дефекта в виде полости.[1] Начальная стадия заболевания – стадия пятна представляется собой очаг деминерализации твердых тканей зуба. Выявление кариеса на стадии деминерализации, а также контроль последующей реминерализующей терапии – актуальные проблемы современной профилактической и консервативной стоматологии. Изучение особенностей изменения структурного строения эмали и ее физико - химических свойств при проявлении, развитии и лечении кариозного повреждения - является важным шагом для решения данной проблемы.

Диагностика деминерализации эмали вызывает трудности, в отличие от диагностики кариеса на поздних стадиях, когда поражение эмали можно обнаружить визуально. Проблемы диагностики кариеса на стадии пятна связаны с отсутствием эффективных аппаратных методов исследования состояния эмали.

При кариозных поражениях на поздних стадиях требуется инвазивное лечение, а при повреждениях значительной части зуба даже его удаление.

В лечении кариеса на стадии деминерализации есть свои преимущества. Во-первых, методы лечения деминерализации являются неинвазивными, что сводит к минимуму возможность занесения инфекции. Во-вторых, процедура реминерализации, в отличие от пломбирования или удаления зуба, является сравнительно недорогой процедурой. Чтобы сохранить жевательную функцию, а так же сформировать правильный прикус у детей необходимо сохранение целостности зубов, что возможно только при ранней диагностике кариеса и проведении соответствующего лечения.

Большое количество методов и приборов отечественных и зарубежных ученых направлено на диагностику ранней деминерализации и контроль реминерализирующей терапии. Активное применение в стоматологической практике метода диагностики ранней деминерализации зубной эмали, в основе которого лежит использование лазерного диода, помогает легко обнаружить микротрещины, кариес фисур и другие начальные повреждения эмали. Этот метод имеет ряд недостатков: невозможность использования на пациентах с имплантированными кардиостимуляторами или другими системами, так как воздействие электромагнитных полей от прибора может нарушать действие таких систем; возможность повреждения органов зрения лучом лазера класса 1.

Часто используется способ диагностики ранней деминерализации эмали зубов с использованием стоматологического зонда. Поскольку установка и удержание датчика в процессе измерения осуществляется вручную-это является большим недостатком, так как в процессе измерения трудно сохранить положения датчика неизменным на искривленной поверхности зуба, что может привести к снижению точности результатов.

Использование ультразвукового метода диагностики в стоматологической практике менее распространено, но также имеет ряд недостатков: дискомфорт пациента, который вызван в результате контакта измерителей с зубами; неопределенность скорости звука, так как в зависимости от химического состава эмали это значение изменяется, что приводит к неконтролируемой погрешности.

Исходя из вышеизложенного, актуальна проблема создания новых безвредных и эффективных методов аппаратного исследования деминерализации и контроля реминерализирующей терапии эмали *in vivo*.

Перспективным методом ранней диагностики деминерализации эмали зуба может стать ближнеполевое СВЧ зондирование. С помощью этого метода можно точно и без влияния сторонних факторов проводить контроль реминерализирующей терапии на зубах с любым состоянием зубной эмали.

Цель работы: показать возможность проведения диагностики деминерализации и контроля реминерализирующей терапии зубной эмали с использованием ближнеполевого СВЧ-микроскопа, работающего в автодином режиме.

Метод рентгенодиагностики используется только при проксимальном кариесе с наличием кариозной полости. При начальном кариесе на рентгенограмме невозможно увидеть полости или очаги деминерализации.

Метод термодиагностики не эффективен на этапе диагностики деминерализации, так как ответная реакция организма в виде болевых ощущений на температурные раздражители в области кариозного поражения наблюдаться не будет.

При кариесе зубов может использоваться также электроодонтодиагностика - электроодонтометрия (ЭОД). Метод используется для определения пульпита. В основе метода воздействие электрических микротоков на зуб и оценка ответной реакции.

В отличие от рентгенографических исследований, микро-КТ позволяет получать 2D-проекции максимальной интенсивности и 3D-реконструкции псевдоцветного объёмного рендеринга при минимальной подготовке образцов. Применение 3D псевдоцветного объёмного (трёхмерного) окрашивания в микро-КТ позволяет отчётливо, и с высокой степенью точности, визуализировать очаги деминерализации (кариозного поражения) зубной эмали от здоровых твёрдых тканей, имеющих схожие показатели оптической (рентгенологической) плотности.[6]

Существуют так же оптические (световые) методы диагностики: метод фиброоптической трансиллюминации (FOTI), метод цифровой волоконно-оптической трансиллюминации (DIFOTI), метод количественной световой флюоресценции (QLF) и лазерно-флуоресцентный метод (DIAGNOdent).[7]

Метод фиброоптической трансиллюминации (FOTI) основан на прохождении пучка холодного света сквозь коронковую часть зуба, в результате чего при наличии кариозного очага образуется тень. Данный

метод часто используют для диагностики кариеса на контактных поверхностях.

Чувствительность метода количественной световой флюоресценции (QLF) равна 79%. Принцип действия данного метода заключается в облучении зуба импульсным потоком голубого света с длиной волны 488нм. Здоровые ткани зуба флюоресцируют зелёным светом, а кариес выглядит как тёмная область.[8] (13-8)

Существует множество рекомендаций и способов диагностики данной патологии эмали зубов, но объективных стандартов и метода, дающего точную количественную оценку поражению, не существует. Открытым остается и вопрос об оптимизации показаний к применению тех или иных методов и средств реминерализации эмали зубов в зависимости от степени деминерализации ее структуры.

Ближнеполевая СВЧ-микроскопия — это неразрушающий прямой метод исследования, позволяющий с высокой степенью локальности получать информацию о поверхностных и подповерхностных свойствах различных сред. Данная возможность возникает за счет использования эффектов «ближнего поля», обусловленных образованием квазистационарных полей, быстро затухающих с расстоянием и локализующихся в области, малой по сравнению с длиной волны, распространяющейся в электродинамической системе.

Располагая исследуемый объект в области существования этого поля, можно исследовать распределение его электрофизических свойств с разрешением, намного меньшим, чем длина волны используемого излучения. Пространственное разрешение в такого рода микроскопах определяется размером острия зонда.

Этот вид микроскопии имеет ряд преимуществ, среди которых — отсутствие квантовых эффектов поглощения излучения веществом исследуемого объекта, прозрачность в СВЧ-диапазоне многих оптически непрозрачных веществ.[22]

При непосредственном подключении зонда ближнеполевого СВЧ-микроскопа к СВЧ-генератору без использования элементов развязки может быть создана автодинная система, в которой реализуется, так называемый, эффект автодинного детектирования, при котором активный элемент СВЧ-генератора является одновременно источником и приёмником отражённой электромагнитной волны.[23]

Устройства, в основе работы которых лежит эффект автодинного детектирования, отличаются конструктивной простотой, малогабаритностью и высокой чувствительностью к изменению нагрузки. Вследствие этого они находят широкое применение для решения различных задач метрологии, контроля технологических процессов, ближней локации и других целей. Выделенный сигнал регистрируется либо в цепи питания СВЧ-генератора, либо внешним детектором, на который ответвляется часть генерируемой СВЧ-мощности.

Применение эффекта автодинного детектирования в полупроводниковых СВЧ-генераторах для контроля параметров материалов основано на установлении зависимостей величины протектированного сигнала от параметров контролируемых слоев, например, толщины, диэлектрической проницаемости, электропроводности.

Если поверхность образца обладает рельефом, или образец является неоднородным по своим электрофизическим характеристикам (электропроводность, диэлектрическая проницаемость), то при перемещении зонда вдоль поверхности образца изменяется амплитуда и фаза отражённой электромагнитной волны и тем самым изменяется величина сигнала, фиксируемого детекторным диодом.

Воздействие СВЧ-сигнала на полупроводниковые структуры, работающие в режиме усиления или генерации колебаний, приводит к изменению режима их работы по постоянному току. Изменение режима работы активных полупроводниковых структур по постоянному току, в свою очередь, оказывает существенное влияние на выходные характеристики

СВЧ-устройств, элементами которых они являются. Это может быть обусловлено как тепловыми эффектами и связанным с ними изменением сопротивления полупроводниковой структуры, так и процессами детектирования, связанными с нелинейным характером взаимодействия СВЧ-сигнала с полупроводниковой структурой.

Анализ результатов применения полупроводниковых СВЧ-генераторов, работающих в режиме автодинного детектирования, позволяет сделать вывод о том, что в настоящее время не проведено достаточного количества исследований по применению СВЧ-генераторов в области стоматологии.

Компьютерное моделирование

Все вычисления производились в пакете MathCad. Результаты, полученные в ходе калибровки данных, использовались в графиках зависимости напряжения ближнеполевого СВЧ-микроскопа от толщины эмали. Вычисления производились для зубов с разной степенью деминерализации и толщиной эмали.

Проведены *in vivo* исследования образцов зубов человека с различным состоянием эмали (с различной степенью деминерализации). Успешный результат процесса реминерализации достигается путем проведения нескольких процедур, точное количество которых устанавливает врач, в зависимости от степени деминерализации зубов каждого пациента, а также от соблюдения предписанных медицинских назначений.

Перед процедурой реминерализации так же применяли процедуру чистки, для улучшения результатов восстановления эмали. На гистограммах (рисунки 17-19) показаны результаты реминерализирующей терапии после применения процедуры чистки.

Приведенные экспериментальные данные получены при исследовании образцов зубной эмали *in vivo* показывают перспективность разработки метода и аппаратуры для диагностики деминерализации и контроля процедуры реминерализации зубной эмали *in vivo* на основе СВЧ-автодина. Контроль реминерализирующей терапии поможет оценить воздействие

многих факторов на зубную эмаль, таких как тип реминерализующего состава, время воздействия реминерализующего состава, влияние чистоты зуба на процесс реминерализации. Для масштабного использования данной методики необходима доработка системы, с более универсальной и удобной комплектацией оборудования.

В ходе выполнения настоящей выпускной квалификационной работы была достигнута цель, которая заключалась в исследовании возможности проведения диагностики ранней деминерализации зубной эмали и контроля реминерализующей терапии по данным, полученным с использованием ближнеполевого СВЧ-микроскопа, работающего в автодином режиме.

В работе проведён критический анализ современного состояния исследований методов диагностики состояния зубной эмали.