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

Кафедра медицинской физики

Определение качества зубной эмали методом сверхвысокочастотного автодина

### АВТОРЕФЕРАТ БАКАЛАВРСКОЙ РАБОТЫ

студентки

4

курса 4021 группы

направления

<u>03.03.02«Физика»</u>

институт физики

Лукониной Варвары Андреевны

Научные руководитель

к.ф.-м.н., доцент кафедры физики твердого тела

должность, уч. ст., уч. зв.

Juse 9.06.2022

личная подпись, дата

А.Э. Постельга

инициалы, фамилия

Зав.кафедрой

д.ф.-м.н., профессор

должность, уч. ст., уч. зв.

Афл. 9.06.22 тинная полинал пата

А.В. Скрипаль инициалы, фамилия

minimum, quimin

### Введение

Современная медицина требует применения последних технических достижений совершенствования ДЛЯ методов диагностики. Основным требованием к таким методам является бесконтактное, неразрушающее воздействие технических средств на органы и ткани пациента. Это требование обоснованно этическими нормами медицины, а также заботой о комфорте пациентов. Отталкиваясь от этих требований необходим такой метод определения качества зубной эмали, при котором идет минимальное физическое воздействие на зуб, но давал бы достаточную информацию о лальнейшего качестве зубной эмали, ДЛЯ лечения.

Актуальность данной работы заключается в том, что определение степени качества зубной эмали (реминерализации, деминерализации и прочности эмали) важно для последующих процедур, в целях восстановления или сохранения зубной эмали в хорошем состоянии. Известно, что большую роль в появления кариеса на зубах играет степень кариесрезистентности зубных тканей к вредоносным факторам ротовой полости, которые в совокупности специалисты определяют как кариесогенную ситуацию.

На данный момент нам известно достаточно много способов определения степени кариесрезистентности и проводимости зубной эмали. Самыми распространенными из них являются тесты, основанные на электропроводности твердых тканей зубов и проницаемости. Но при этом нет никаких методов определения качества зубной эмали путем использования СВЧ – автодина, что и определяет актуальность работы.

**Целью** бакалаврской работы является разработка метода определения качества зубной эмали и неоднородностей, минерального состава зубной эмали, путем использования СВЧ — автодина и проведение экспериментального подтверждения теоретическим материалам.

Для достижения поставленной цели необходимо решить следующие задачи:

- критический анализ литературы, о возможностях использования СВЧ автодина в медицине.
- рассмотреть влияние различных характеристик зуба на качество зубной эмали.
- описать различные методы определения качества зубной эмали.
- более подробно изучить и описать выбранный метод определения качества зубной эмали.
- сделать соответствующие выводы о выбранном методе, после проведения эксперимента.

## Глава 1. Зубная эмаль

### 1.1 Зубная эмаль

Зубная эмаль — это твердый, практически гладкий, устойчивый к разрушению, верхний слой ткани зуба, бессосудистый, определяющийся некоторым спектром оттенков от белого до светло-желтого цвета. Помимо этого, эмаль остается относительно неизменной на протяжении всех биологических этапов жизни человека, от рождения и до смерти. Эмаль зуба покрывает большую часть зуба, то есть, всю коронку и дентин. Конкретно благодаря эмали зубы имеют высокую резистентность, при хорошем ее состоянии, конечно.

В случае, когда зубная эмаль истончена или повреждена, то сопротивление зубов, каким-либо препаратам и веществам снижена, что влечет за собой серьезные последствия, как и точечный кариес, так и разрушение всего зуба, вплоть до разрушения костной ткани.

Эмаль практически самая твердая ткань в человеческом организме. Это можно объяснить высоким содержанием неорганических веществ (до 97%). Твердость может достигать примерно 370 кг/ мм². В зубной эмали меньше воды, чем в остальных органах, примерно 3%. Толщина слоя эмали отличается на различных участках коронковой части зуба, в некоторых местах она достигает 2 мм, а у шейки зуба и вовсе может доходить до нуля.

Прозрачность эмали значительно влияет на цвет зубов. В состав зубной эмали входят те образования, что располагаются на ее поверхности. По

большей части ЭТО перикиматии очень маленькие валики, линиями опоясывающие горизонтально коронку зуба. Перикиматии имею равномерное положение, но иногда могут быть явно отличимы. Между перикиматиями располагаются ямки и бороздки, что все вместе составляет микрорельеф зубной поверхности.  $\mathbf{C}$ рельеф годами пропадает из-за долговременного трения эмалевого слоя, ЭТО происходит под воздействием нагрузок и других факторов. [1]

Ещё одним образованием на поверхности эмали является кутикула — это двухслойная, но очень тонкая плёнка, внутренний слой которой состоит из гликопротеинов, а наружный слой является ослабленной тканью. Кутикула находится только на временных зубах, а после прорезывания стирается в местах их контакта с едой и немного остается в удаленных участках. После этого, на ее месте образовывается пелликула — многослойная плёнка, состоящая из оседавших на эмали белков и гликопротеинов. Толщина пелликулы не выше нескольких мкм, и после механической чистки зубов она восстанавливается в прежнем объеме за два — три часа. [2]

Слюна является источником питательных веществ для эмали. Однако интенсивность ионного обмена и минерализации эмали наиболее выражена в детском и молодом возрасте, а с возрастом снижается. На самых ранних стадиях кариеса проницаемость эмали резко возрастает (особенно молочных зубов). Повышение проницаемости эмали — признак прогрессирующей деминерализации твердых тканей зуба, но благодаря этому свойству развивается обратный процесс — реминерализация, которая способствует приостановлению кариеса.[3]

Поверхностный (наружный) слой эмали обладает особыми физическими и химическими свойствами, отличающими его от подлежащих слоев. Он более устойчив к действию кислот. По-видимому, это связано с более высоким содержанием кальция и фосфора в поверхностном слое. Причем содержание этих основных минеральных макроэлементов остается постоянно высоким в наружном слое, так как после прорезывания зубов основным источником поступления веществ в эмаль является слюна.

### Свойства зубной эмали

Важнейшим свойством зубной эмали является ее проводимость. Степень проводимости обеспечивает транспорт веществ. Это было выведено методов введения меченого глицина внутривенно, он обнаруживается во всех тканях

зуба. При нанесении его на поверхность зуба через два часа он поступает в дентин.

Через эмаль проникают аминокислоты, витамины, ферменты, углеводы. Скорость проникновения различных веществ через эмаль относительно велика. Особенно быстро в эмаль проникают углеводы, органические кислоты (лимонная), бактериальные токсины. Для проницаемости эмали имеют значение ее микропространства, заполненные водой. Транспорт веществ через твердые зубные ткани происходит благодаря гидростатическому давлению крови и тканевой жидкости пульпы, термодинамического эффекта, связанного с перепадами температуры в полости рта, возникающими при дыхании и т. д.. Вследствие разности осмотического давления в тканевой жидкости пульпы, дентинной, эмалевой и ротовой жидкости возникают осматические токи. В эмали и дентине существуют также явления электроосмоса, обусловленные электрокинетическими процессами, возникающими на границе твердой и жидкой фазы. Хорошо проникают в эмаль отрицательные ионы. Электрофорез способствует активному проникновению кальция в эмаль.

В эмали все время происходят процессы обновления и обеспечения постоянства ее состава, за счет (де- и ре-)минерализации тканей. Основой этих процессов является способность некоторых веществ к ионному обмену (гидроксиапатит) и способность белков зубной эмали к химическим связям с этими веществами (гидроксиапатит).

Зубная эмаль имеет высокую резистентность, из-за своего химического состава и строения, при этом проницаемость эмали может возрастать под воздействием органических кислот, высокой температуры или при накоплении углеводов, из-за активной жизнедеятельности микрофлоры ротовой полости. Дантисты выделяют так же, так называемые, эстетические свойства зубов, они заключаются во внешнем удовлетворяющем виде зубов и ротовой полости в целом. И включают в себя здоровый, натуральный цвет коронки зуба,блеск, опалесценцию и флуоресценцию.

«Живой вид» зуба появляется при помощи оптических законов, так как ткани

зуба способны отражать, пропускать, поглощать, рассеивать свет. Оттенок зубной эмали зависит не только от состояния эмали, но и от высоких отражающих свойств эмали. Коэффициент диффузионного отражения колеблется от 20 до 40 %.

Резистентность эмали зубов – способность сопротивляться кариозному поражению и зависит от кислотоустойчивости эмали по индивидуальными показателями заболеваемости кариесом детей можно разделить на кариесрезистентных и кариесвосприимчивых.[4]

Кариесрезистентность зависит от степени минерализации эмали и обусловлена:

- 1. генетической стойкостью минерализующей функцией ротовой жидкости
- 2. гигиеническим состоянием полости рта общей резистентностью организма.

Генетическая кариесустойчивость: передаваемая OT родителей гидроксиапатитов эмали или минерализующая «полноценность» функция ротовой жидкости -перенасыщенность слюны ионами кальция и фосфатами. Гигиеническое состояние полости рта подразумевает постоянное удаление зубного налета, ЧТО исключает кислоторастворяющеедействие микроорганизмов на эмаль.

Общая и местная резистентность (иммунитет) обеспечивает сохранение оптимального микробиоценозаротовой полости c преобладанием сапрофитной микрофлоры. Начальные этапы кариозного процесса в эмали связаны с ее деминерализацией. Деминерализация является поверхность воздействия на зуба органических продуцируемых микробами зубной бляшки, с последующим растворением эмали и повышением ее проницаемости.

Однако, деминерализующее действие кислот на зубные ткани является уже заключительным этапом результативного воздействия целого ряда кариесогенных факторов и защитных механизмов полости рта.[4] Функции зубной эмали

Основной из функций зубной эмали является защитная функция. Защита мягких тканей, дентина, пульпы от механических, химических, температурных влияний, в общем, защищает от воздействия на них внешних раздражителей с большим количеством бактерий, чтобы избежать последствий для организма. Структурные особенности эмали были приобретены в процессе филогенеза.

Еще одна функция зубной эмали, это транспортная функция. Транспорт веществ через эмаль происходит, как в одну сторону, из крови, через пульпу и дентин, так и в другую, из ротовой полости, через жидкость, окружающую зубы.

На этом основании эмаль зуба считают полупроницаемой мембраной. Некоторые исследователи считают, что проницаемость — это главный фактор созревания эмали зубов после прорезывания.

# Глава 2. Диэлектрическая проницаемость биологических веществ Понятие диэлектрической проницаемости биологических веществ

Диэлектрическая проницаемость зубной эмали может влиять на качество эмали, так как, вбирая в себя те или иные вещества, зубная эмаль подвергается изменениям. Параметр диэлектрической проницаемости тоже влияет на качество эмали. Биологическим объектам и веществам присущи пассивные электрические свойства: диэлектрическая сопротивление И проницаемость. Изучение пассивных электрических свойств биологических объектов имеет большое значение понимания структуры И физико-химического состояния биологического вещества.

Биологические объекты обладают свойствами как проводников, так и диэлектриков. Наличие свободных ионов в клетках и тканях обусловливает проводимость этих объектов. Диэлектрические свойства биологических объектов и величина диэлектрической проницаемости определяются структурными компонентами и явлениями поляризации.

При пропускании постоянного тока через живые ткани было установлено, что сила тока не остается постоянной во времени, хотя прикладываемое напряжение не изменяется. Сила тока после наложения разности потенциалов начинает непрерывно уменьшаться и через некоторое время устанавливается на постоянном уровне. При этом она уменьшается в сотни и даже тысячи раз по сравнению с исходным значением.

Относительная проницаемость живых тканей зависит от макроструктурной, поверхностной, дипольной, ионной, электронной поляризаций.

Проницаемость - это важнейшее физиологическое свойство зубной эмали, которое играет не малозначимую роль в решении проблемы микробных ситуаций. Это свойство зависит от некоторых характеристик эмали, таких как, особенность структуры и химический состав твердой, высокоминерализованной ткани, которая, ко всему прочему, не способна к регенерации. Определяется уровень проницаемости рН среды характеристикой.

Проницаемость возрастает при наличии кариозных процессах, даже находящихся в стадии мелового пятна, иными словами, на самой ранней стадии развития кариеса и других патологических процессов, к примеру, очаговая деминерализация. Разработка патогенетической терапии начальных форм кариеса основана, в большей степени, на принципе проницаемости ионов кальция и др. веществ в меловое пятно зубной эмали.

Проницаемость эмали молочных зубов и постоянных несформированных значительно выше, чем у постоянных сформированных зубов.

Проницаемость эмали зависит от: размеров микропространств, заполненных водянистой жидкостью в структуре эмали, размера иона или размера молекулы вещества и способности этих ионов или молекул связываться с компонентами эмали.[5]

### 2.2. Диэлектрическая проницаемость зубной эмали

Свойства проницаемости зависят от состава смешанной слюны. Так, слюна по-разному действует на этот параметр эмали. Это связано со свойствами ферментов, существующих в слюне.

Как было сказано выше, диэлектрическая проницаемость зависит также от возраста человека: самая высокая проницаемость отмечается после прорезывания зуба. Она снижается к моменту созревания тканей зуба и продолжает снижаться с возрастом. От 25 до 28 лет повышена резистентность к кариесу, происходит сложный обмен при сохранении постоянства состава эмали. [6]

При повышении рН слюны, а также при снижении рН под зубным налетом, где образуются органические кислоты, проницаемость увеличивается активации деминерализации эмали. Ha стадии белого вследствие пигментированного пятна больше проницаемость, при ЭТОМ больше возможность проникновения различных ионов и веществ, а также Са и фосфатов. Это свидетельствует о развитии компенсаторных реакций в ответ на активную деминерализацию. Не каждое кариозное пятно превращается в кариозную полость, кариес развивается в течение очень длительного времени. Например, ночью отмечается резко выраженная гипосаливация, которая приводит к разрушению эмали. Поэтому кариес называют ночной болезнью. Поверхностные образования на зубах, такие как кутикула, пелликула, зубной налет, зубной камень, кроме муцина, также могут привести к кариесу.

Исследования в этой области показывают, что на уровень проницаемости зубной эмали могут оказывать влияние ряд факторов, например, такие как:

- Возраст. С возрастом данный показатель снижается.
- Применениеэлектрофореза.
- Ультразвуковые волны способствуют усилению проницаемости зубной эмали.
- Значимым фактором для проницаемости является низкий показатель ph.
- Фермент гиалуронидаза. Проницаемость эмали увеличивается под её воздействием. Количество этого фермента становится больше в ротовой полости при наличии зубного налёта и развивающихся в нём микроорганизмов.
- Сахароза. Проницаемость становится более выраженной, если наряду с микроорганизмами в зубном налёте увеличивается количество сахарозы.

Несколько слов нужно сказать о некоторых элементах, оказывающих не последнюю роль в процессах реминерализации. Так, на поступление ионов в зубную высокой степени влияет характеристика эмаль В ионов. Например, у двухвалентных ионов проникающая способность меньше, чем у одновалентных. Огромное значение в этом отводится также зарядам ионов, ph среды и ферментной активности. При этом отдельного внимания требует изучение того, как распространяются в зубной эмали ионы фтора. Раствор фторида натрия при аппликации позволяет ионам фтора оперативно достигнуть небольшой глубины и, по мнению отдельных исследователей, включиться в кристаллическую решётку. Поверхность зубной эмали, обработанная таким раствором, становится низко проницаемой.[7]

### Глава 3. Способы исследования зубной эмали

### 3.1Методы исследования проницаемости зубной эмали

В опыте «invivo» (внутри организма) было показано, что проницаемость эмали, нарушенная после воздействия молочной кислотой, под влиянием ротовой жидкости через 30 сек. полностью восстанавливается. Используя способность ГОА к ионному обмену, можно целенаправленно влиять на состав эмали с помощью специальных минерализующих растворов.

Для процессов реминерализации имеет значение концентрация в слюне кальция, фосфора, кислотность и ионная сила слюны. Кальций в слюне находится как в ионизированном (5%), так и в связанном состоянии: с белками - 12%, с цитратом и фосфатом - 30%. Также кальций может связываться в слюне с амилазой, муцином и гликопротеидами.

В отношении солей кальция и фосфора слюна является перенасыщенным раствором гидроксиапатита. Перенасыщенность слюны препятствует растворению эмали и способствует поступлению в эмаль ионов кальция и фосфора. С уменьшением рН степень перенасыщения слюны снижается и её минерализующие действие прекращается. В норме рН слюны колеблется в широких пределах: от 6,0 до 8,0. Заметный деминерализующий эффект наблюдается при рН ниже 6,0. В кариозных полостях, в осадке слюны, в мягком зубном налете рН опускается ниже 4,0. Снижение рН происходит в результате кислотообразующей деятельности микрофлоры, активность которой особенно велика в области спинки языка и контактных поверхностей зубов.

#### Заключение

После проведения анализа различных методов определения качества зубной эмали, таких как УЗ метод, люминесцентный метод, витальное окрашивание и др., которые не используются в практической медицине,

необходимо было создать новый метод определения качества зубной эмали, которым в дальнейшем было бы легко изучить состояние зубной эмали, без долговременных процедур и доставления дискомфорта пациентам.

Метод диагностики СВЧ — автодином, работающем в ближнеполевом режиме удовлетворяет таким требованиям и является первой установкой, используемой для таких целей, как определение плотности зубной эмали и нахождения неоднородностей минерального состава в зубной эмали.

После проведения эксперимента по определению качества зубной эмали можно сделать следующие выводы о проделанной работе:

- 1. В течение эксперимента была достигнута цель и решены следующие задачи:
- был проведен критический анализ литературы, о возможностях использования
   СВЧ автодина в стоматологии.
- рассмотрено влияние различных характеристик зуба на качество зубной эмали.
- были описаны различные методы определения качества зубной эмали.
- более подробно был изучен и описан выбранный метод определения качества зубной эмали.
- были сделаны соответствующие выводы о выбранном методе, после проведения эксперимента.
  - 2. После проведения эксперимента было получено 28 графиков, при помощи которых была сформирована таблица со стадиями ухудшения качества зубной эмали. На графиках, представленных выше, наглядно видно изменения зубной эмали, места, в которых состав зубной эмали более или менее насыщен минеральными

элементами.

3. На основе полученных результатов можно сделать вывод о том, что СВЧ - автодин, работающий в ближнеполевом режиме, реагирует на изменение структуры и изменения в составе зубной эмали и пригоден для такой медицинской цели, как определение качества зубной эмали.

### Список использованной литературы и источников

- 1. Боровский Е.В., Леонтьев В.К. Биология полости рта. Н. Новгород, 2001. 305 с.
- 2. Бывальцева С.Ю., Доржиева З.В. Строение твердых тканей зуба Иркутск. 2013. 21c

Методы исследования проницаемости эмали. Проницаемость эмали. [Электронный ресурс] (от 13.11.2017) URL: https://studfle.net/preview/2705971/page/(дата обращения 20.05.2022)

- 3. Резистентность эмали зуба к кариозному поражению / Липецкая городская стоматологическая поликлиника №1 [Электронный ресурс] (от 13.04.2020) URL: http://лсп1.рф/pacientam/medprosvet1/rezistentnost-emali-zuba-k-karioznomu-porazheniyu.html (дата обращения 20.05.2022)
- 4. Профилактика стоматологических заболеваний [Электронный ресурс] (от 09.08.2019)URL: https://www.stomatolog9.by/stati/813-profilactica-stom-zabolevanii\_(дата обращения 19.05.2022)
- Методы исследования проницаемости эмали. Проницаемость эмали.
   [Электронный ресурс] (от 13.11.2017) URL: https://studfle.net/preview/2705971/page/(дата обращения 20.05.2022)
- 6. Методы исследования диэлектрической проницаемости эмали.
   [Электронный ресурс] (от 12.10.2010) URL:
   https://studfile.net/preview/2705971/page:2/(дата обращения 20.05.2022)

- Гранько С. А., Данилова Д. В., Белодед Л. В., Диагностика начальных кариозных поражений твердых тканей зуба. // Современная стоматология.

   2017. №4. С. 59 62.
- 8. Костиленко Ю. П., Бойко И. В., Петренко А. И. Морфологические особенности кариеса соприкасающихся поверхностей зубов человека // Медицинский алфавит. Стоматология 2015. №2. с. 14 16
- 9. Горбунова И.Л. Вишнягова В.В. Роль тканевой резистентности зубной эмали в профилактике кариеса. Материалы XXIV Международного юбилейного симпозиума «инновационные технологии в стоматологии», посвященного 60-летию стоматологического факультета омского государственного медицинского университета/ Сборник статей отв. ред. Г.И. Скрипкина. 2017. С. 120-124.
- 10.Леонтьев В.К. Статья 4 (7) «Зубы прижизненное определение электропроводности. Стоматология. Стоматологическое сообщество (Dental Community) [Электронный ресурс] (от 25.08.2012) URL: https://dentalcommunity.ru/articles/1816/ (дата обращения 21.05.2022)
- 11.Измененная эмаль. Энциклопедия HELPIKS [Электронный ресурс] (от 01.03.2015)
  - URL: https://helpiks.org/1-135525.html (дата обращения 22.05.2022)
- 12. 4.2.8. Люминесцентная диагностика. Терапевтическая стоматология. Учебник, Терапевтическая стоматология. Боровский Е. В. (от 02.11.2019) [Электронный ресурс] URL: https://med.wikireading.ru/20123
- 13. Ультразвуковаятерапия. УЗТ. [Электронный ресурс] (от 05.12.2018)URL: http://vashdoctor-omsk.ru/ultrazvukovaya-terapiya/ (дата обращения 21.05.2022)
- Макарова Н. Е., Винниченко Ю.А Очаговая деминерализация эмали.
   Методы диагностики и лечения.//Стоматология. 2017 №4
- 15. Михейкина Н.И., Горбунова И.Л. Электропроводность зубной эмали лиц с различной предрасположенностью к реализации кариеса как критерий

оценки особенностей ее морфологии и текстуры// Фундаментальные исследования. – 2015. - №1 (часть 1) – С. 110-114.

16.Контроль реминерализирующей терапии зубной эмали с использованием ближнеполевого СВЧ - микроскопа, работающего в автодином режиме. А.Э. Постельга, В.О. Шароватов, Н.А. Калякина, А.А. Исаева Саратовский национальный исследовательский государственный университет имени Н.Г. Чернышевского. // Методы компьютерной диагностики в биологии и медицине, нанотехнологии. 2020

