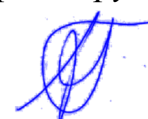


ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«РОССИЙСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ МЕДИЦИНЫ»
МИНИСТЕРСТВА ЗДРАВООХРАНЕНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

На правах рукописи



Амиев Тимур Артемович

**Оценка электропроводности и электровозбудимости зубов при
стоматологических заболеваниях хирургического профиля**

3.1.7. Стоматология

Диссертация

на соискание ученой степени
кандидата медицинских наук

Научный руководитель

доктор медицинских наук, профессор

Панин Андрей Михайлович

Москва – 2025

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	4
ГЛАВА 1. ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ. ЭЛЕКТРООДОНТОДИАГНОСТИКА В СОВРЕМЕННОЙ СТОМАТОЛОГИИ	13
1.1. История разработки электроодонтодиагностики и используемая терминология	13
1.2. Методика проведения электроодонтодиагностики	18
1.3. Электровозбудимость зубов в норме и при патологических состояниях	23
1.4. Применение электроодонтодиагностики в современной стоматологической практике	31
ГЛАВА 2. МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ	35
2.1. Общая характеристика обследованных больных.....	35
2.2. Методика проведения электроодонтодиагностики	39
2.3. Определение оптимальных параметров электрического тока для проведения электроодонтодиагностики при неврите нижнего альвеолярного нерва.....	47
2.4. Оценка электропроводности зубов при проведении электроодонтодиагностики.....	52
2.5. Изучение изменений электровозбудимости зубов при различных заболеваниях челюстно-лицевой области.....	56
2.6. Статистическая обработка результатов исследований.....	57
ГЛАВА 3. РЕЗУЛЬТАТЫ СОБСТВЕННЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ	58
3.1. Результаты определения оптимальных параметров электрического тока для проведения электроодонтодиагностики при неврите нижнего альвеолярного нерва.....	58
3.2. Результаты оценки электропроводности зубов при проведении электроодонтодиагностики.....	65
3.3. Результаты изучения изменений электровозбудимости зубов при различных заболеваниях челюстно-лицевой области.....	74

ЗАКЛЮЧЕНИЕ.....	85
ВЫВОДЫ.....	98
ПРАКТИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ.....	99
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ.....	100

ВВЕДЕНИЕ

Актуальность темы исследования

Метод электроодонтодиагностики представляет собой способ оценки нервных элементов, обеспечивающих иннервацию зубов, с использованием электрического тока. Этот метод был разработан в нашей стране [48]. Его автором является профессор Л.Р. Рубин, который ввел электроодонтодиагностику в клиническую практику в 1949 году. Принцип работы этого метода заключается в регистрации ответной реакции нервной ткани на раздражение ее определенным видом электрического тока. Способность зубов к ответной реакции на подобное раздражение обусловлено состоянием рецепторного аппарата пульпы зуба и периодонта, а также состоянием чувствительных нервных волокон ветвей тройничного нерва, передающих нервный импульс в центральную нервную систему [84].

В связи с тем, что электровозбудимость зубов связана с состоянием рецепторного аппарата пульпы зуба, электроодонтодиагностику применяют в терапевтической стоматологии для оценки состояния пульпы зуба при лечении кариеса и его осложнений.

При стоматологических заболеваниях хирургического профиля электровозбудимость зубов также может меняться. Это чаще всего связано с нарушением проводимости чувствительных нервных волокон ветвей тройничного нерва, которая возникает на фоне воспаления и травмы. В практике хирургической стоматологии использование электроодонтодиагностики является не менее важным, чем применение рентгенологических методов. Применение электроодонтодиагностики позволяет не только уточнить диагноз, но и контролировать эффективность проводимого лечения.

Измерение электровозбудимости зубов является важным дополнительным методом исследования, рекомендованным Министерством Здравоохранения РФ к широкому применению в стоматологии и челюстно-лицевой хирургии.

Особенностью использования электроодонтодиагностики в медицинской практике является то, что ее применение в настоящее время сопряжено с определенными проблемами и сложностями. Это обусловлено тем, что, в связи с развалом производства отечественной медицинской аппаратуры в начале 90х годов, в нашу страну стали ввозить зарубежные аппараты. Сейчас на российском рынке представлены различные как иностранные, так и российские устройства, именуемых «тестерами» определения состояния пульпы зуба, которые должны оценивать состояние иннервации зубов, однако диагностическая эффективность многих из них вызывает сомнения [35].

Одна из серьезных проблем заключается в том, что данные устройства, производимые различными компаниями, генерируют разнообразные типы и формы электрического тока. Это усложняет процесс анализа результатов измерений, поскольку аппараты используют различные токи, делая результаты исследований несравнимыми. Использование некачественной аппаратуры для проведения электроодонтодиагностики приводит к ложным результатам исследования и дискредитации метода.

В связи с вышеизложенным, актуальным является вопрос определения оптимальных технических характеристик и стандартов, касающихся медицинской аппаратуры, используемой для проведения электроодонтодиагностики.

Степень разработанности темы исследования

Для решения проблем, связанных с применением электроодонтодиагностики в современной хирургической стоматологической практике, необходимо провести ряд исследований.

Во-первых, необходимо определить оптимальные параметры электрического тока, применяемые для проведения электроодонтодиагностики. Если для оценки состояния рецепторного аппарата пульпы зуба и периодонта в норме, а также при кариесе и его осложнениях, такие параметры, на сегодняшний день, установлены,

то изучение эффективности применения различных видов токов для оценки электровозбудимости зубов при нарушениях проводимости чувствительных волокон ветвей тройничного нерва у больных стоматологического хирургического профиля не проводилось [84].

Во-вторых, необходимо изучить факторы, влияющие на электропроводность зубов при проведении электроодонтодиагностики, так как практикующие врачи-стоматологи сталкиваются с ситуацией, когда при проведении электроодонтодиагностики отдельных зубов, ток, достигнув какого-либо значения, перестает увеличиваться, т.е. напряжение, генерируемое аппаратом, не может преодолеть электросопротивление исследуемого зуба. Это наиболее часто наблюдается при тяжелой степени неврита. При этом, на фоне отсутствия чувствительности, не удастся добиться максимальной силы тока, заявленной к паспорту аппарата, не только при исследовании зубов с запломбированными корневыми каналами, ранее подвергшихся эндодонтическому лечению, но и при изучении электровозбудимости интактных зубов и зубов с пломбами из композитных материалов, где ранее было проведено лечение по поводу кариеса.

В-третьих, нужно уточнить, какие изменения электровозбудимости зубов могут наблюдаться при заболеваниях хирургического стоматологического профиля в тех случаях, когда электроодонтодиагностика проводится с использованием оптимальных параметров электрического тока. Полученные результаты исследования необходимо сопоставить с результатами оценки электропроводности зубов.

Цель и задачи исследования

Цель: повышение эффективности диагностических мероприятий, за счет оценки электропроводности и электровозбудимости зубов, у больных хирургического стоматологического профиля.

Задачи:

1. Определить оптимальные параметры электрического тока для проведения электроодонтодиагностики при неврите нижнего альвеолярного нерва.
2. Разработать способ оценки электропроводности зубов при проведении электроодонтодиагностики.
3. Оценить комплексное электросопротивление зубов при проведении электроодонтодиагностики.
4. Определить факторы, влияющие на электропроводность зубов при проведении электроодонтодиагностики
5. Уточнить особенности электровозбудимости зубов при различных стоматологических заболеваниях хирургического профиля.

Научная новизна

Впервые проведена сравнительная оценка диагностической ценности различных видов тока, применяемых для проведения электроодонтодиагностики при неврите нижнего альвеолярного нерва.

Определены оптимальные параметры электрического тока для проведения электроодонтодиагностики у больных хирургического стоматологического профиля.

Разработан способ оценки электропроводности зубов при проведении электроодонтодиагностики.

Впервые изучены факторы, влияющие на электропроводность зубов при проведении электроодонтодиагностики.

Впервые изучено комплексное электросопротивление зубов при проведении электроодонтодиагностики.

Уточнены показания электроодонтодиагностики при различных заболеваниях челюстно-лицевой области.

Доказано, что при стоматологических заболеваниях хирургического профиля, когда нарушена проводимость ветвей тройничного нерва, не всегда удается определить степень снижения электровозбудимости интактных зубов и зубов, подвергшихся лечению по поводу кариеса, из-за их низкой электропроводности.

Теоретическая и практическая значимость работы

Определены оптимальные параметры электрического тока, предназначенные для проведения электроодонтодиагностики у больных хирургического стоматологического профиля.

Изучено комплексное электросопротивление зубов и определены факторы, влияющие на электропроводность зубов при проведении электроодонтодиагностики с использованием оптимальных параметров электрического тока.

Уточнены особенности изменений электровозбудимости зубов при различных заболеваниях челюстно-лицевой области.

Определение электровозбудимости зубов при различных заболеваниях стоматологического хирургического профиля, с помощью аппаратов электроодонтодиагностики, продуцирующих оптимальный электрический ток для проведения этого исследования, в сочетании с оценкой электропроводности исследуемых зубов, позволяют более адекватно оценить результаты исследования, что повышает эффективность диагностических мероприятий у данной категории больных.

Методология и методы исследования

Данная диссертация была выполнена в соответствии с принципами и стандартами доказательной медицины. На основе обширных клинических данных 184 больных с различными заболеваниями челюстно-лицевой области была проведена оценка электровозбудимости и электропроводности зубов.

С использованием современных аппаратов для проведения электроодонтодиагностики, определены оптимальные параметры электрического тока для проведения данного исследования при неврите нижнего альвеолярного нерва.

За счет одновременной регистрации силы тока и напряжения при проведении электроодонтодиагностики, было изучено комплексное электросопротивление зубов и дана оценка их электропроводности.

С использованием оптимальных параметров электрического тока для проведения электроодонтодиагностики, изучены особенности изменений электровозбудимости зубов при различных заболеваниях челюстно-лицевой области.

В данной работе применены, соответствующие современным требованиям, методы сбора и анализа данных с использованием статистических программ.

Положения, выносимые на защиту

1. Оптимальным видом тока для проведения электроодонтодиагностики при неврите нижнего альвеолярного нерва является переменный синусоидальный ток, частотой 50 Гц. Этот ток не вызывает поляризации тканей, легко дозируется, вызывает чёткие, но не болевые ощущения, даёт наименьший разброс показателей при повторных исследованиях.

2. Электропроводность зубов также, как и их комплексное электросопротивление, определяется состоянием твердых тканей зубов и не

зависит от пола и возраста, состояния пульпы зуба, периапикальных тканей и состояния пародонта.

3. При стоматологических заболеваниях хирургического профиля, когда нарушена проводимость ветвей тройничного нерва, не всегда удается определить степень снижения электровозбудимости интактных зубов и зубов, подвергшихся лечению по поводу кариеса, из-за их низкой электропроводности.

Соответствие диссертации паспорту научной специальности

Диссертационное исследование соответствует паспорту научной специальности 3.1.7. Стоматология, пункту 3 «Изучение проблем хирургической стоматологии с разработкой методов диагностики и лечения заболеваний челюстей и полости рта» направлений исследований.

Степень достоверности и апробация результатов

Высокая степень достоверности результатов исследования подтверждена обширными клиническими данными и большим объемом исследований электропроводности и электровозбудимости зубов, выполненными с применением современных методов анализа данных. Исследование было представлено и обсуждено на XIX Международной (XXVIII Всероссийской) Пироговской научной медицинской конференции студентов и молодых ученых в Москве 21 марта 2024 года.

Апробация проведена на межкафедральном заседании кафедр пропедевтики хирургической стоматологии, хирургической стоматологии и имплантологии, терапевтической стоматологии и эндодонтии, восстановительной медицины и биомедицинских технологий, (протокол № 11/1 от 24 июня 2025).

Личный вклад автора

Автор обследовал 184 больных с различными заболеваниями челюстно-лицевой области, у которых была проведена оценка электровозбудимости и электропроводности зубов. Автор лично определял оптимальные параметры электрического тока для проведения электроодонтодиагностики у больных с невритом нижнего альвеолярного нерва, а также изучал комплексное сопротивление зубов и давал оценку их электропроводности. Соискатель самостоятельно проводил электроодонтодиагностику и оценивал особенности изменений электровозбудимости зубов при различных заболеваниях челюстно-лицевой области.

Публикации по теме диссертации

По теме диссертации опубликовано 4 печатных работ, в том числе 1 – включенных в Перечень рецензируемых научных изданий Сеченовского Университета/ Перечень ВАК при Минобрнауки России, в которых должны быть опубликованы основные научные результаты диссертаций на соискание ученой степени кандидата наук, 2 – в журналах, входящих в международные реферативные базы данных (Scopus, WOS), 1 – публикация в сборниках материалов международных и всероссийских научных конференций.

Структура и объем диссертации

Диссертация изложена на 118 страницы машинописного текста, состоит из введения, 3 глав, заключения, выводов, практических рекомендаций, списка

литературы, который включает 159 источник (102 – отечественных, 57 – зарубежных). Работа иллюстрирована 20 рисунками и содержит 9 таблиц.

ГЛАВА 1. ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ. ЭЛЕКТРООДОНТОДИАГНОСТИКА В СОВРЕМЕННОЙ СТОМАТОЛОГИИ

1.1. История разработки электроодонтодиагностики и используемая терминология

Электроодонтодиагностика или измерение электровозбудимости зубов – это метод исследования, позволяющий не только качественно, но и количественно оценить состояние иннервационного аппарата зуба [84].

Основной принцип, лежащий в основе данного метода, заключается в том, что при нанесении раздражения электрическим током, в зубе возникают определенные ощущения. Зафиксировав параметры тока, вызвавшего эти ощущения, появляется возможность оценить пороговое возбуждение нервной ткани и выразить его в цифровых значениях [83].

Метод электроодонтодиагностики был разработан и внедрен в медицинскую практику советским ученым Львом Рувимовичем Рубиным, который в 1949 году в журнале «Стоматология» опубликовал первое сообщение под названием «Электроодонтодиагностика». С тех пор этот термин используется в отечественной стоматологии [30].

Вводя понятие «Электроодонтодиагностика», профессор Л.Р. Рубин основывался на аналогии с электродиагностикой состояния нервно-мышечных волокон, при которой нанесение раздражения электрическим током на двигательные нервные волокна приводит к мышечному сокращению. При этом определяется пороговая сила раздражителя, которая позволяет количественно оценить состояние двигательных нервных волокон.

При электроодонтодиагностики речь идет о чувствительных нервных волокнах. При этом, нанесение порогового раздражения электрическим током позволяет диагностировать состояние рецепторного аппарата пульпы зуба и периодонта, а также состояние соответствующих ветвей тройничного нерва.

Первые публикации о возможности использования раздражающего действия электрического тока в качестве способа диагностики состояния пульпы зуба появились в последней четверти 19 века. Этот период характеризуется внедрением в зубоврачебную практику электрических бормашинок. Такие машины были далеки от совершенства и, за счет утечки тока через стоматологический наконечник и металлические боры, оказывали раздражающее воздействие на пульпу зуба. Это не могло остаться незамеченным, в связи с чем появляются первые публикации, посвященные возможности использовать электрический ток для определения состояния зубов при их лечении [49].

Эти авторы предлагали использовать электрический ток для определения жизнеспособности пульпы зуба при кариесе.

Однако, разрабатываемые методики были несовершенны, а используемая для проведения исследования аппаратура обладала большой погрешностью измерений. В связи с этим, использование электрического тока с диагностической целью при лечении заболеваний зубов не нашло широкого применения.

Неоспоримой заслугой профессора Л.Р. Рубина является то, что он на основании обширных исследований, посвященных этапам развития иннервационного аппарата пульпы при формировании корней зубов, изменению их электровозбудимости и электропроводности в этот период, разработал оригинальную, оптимальную методику оценки состояния иннервационного аппарата зуба с помощью электрического тока.

Изначально для определмости электровозбудимости зубов предлагалось использовать постоянный импульсный ток. Однако, прохождение постоянного электрического тока через ткани зуба вызывало поляризацию тканей, что препятствовало проведению электроодонтодиагностики. В связи с этим, профессор Л.Р. Рубин пришел к выводу, что при проведении данного исследования необходимо использовать переменный электрический ток, который по сравнению с постоянным обладает более выраженным раздражающим действием и не вызывает поляризацию тканей.

Были определены, так называемые, «активные» или «чувствительные» участки на поверхности эмали интактных зубов. При расположении активного электрода на этих участках, пороговое значение силы тока, на которое реагируют рецепторы пульпы зуба, является наименьшим по сравнению с другими участками поверхности эмали зубов.

Была разработана методика проведения электроодонтодиагностики при наличии кариозной полости и способ определения состояния пульпы в корневых каналах при раскрытой полости зуба.

Проведенные исследования позволили сформулировать показания и противопоказаний к проведению электроодонтодиагностики.

Методика проведения электроодонтодиагностики совершенствовалась, пока в конце 60-х годов не приобрела тот вид, которым мы пользуемся и в настоящее время [36].

Под руководством профессора Л.Р. Рубина были проведены исследования по изменению электровозбудимости зубов при кариесе и его осложнениях.

Сотрудники курса физиотерапии Московского медицинского стоматологического института, который возглавлял профессор Л.Р. Рубин, изучали электровозбудимость зубов при различных заболеваниях стоматологического профиля. Так, Панина А.П. исследовала влияние заболеваний пародонта на электровозбудимость зубов, Джафарова А.Д. изучала электровозбудимость зубов у детей. Было установлено, что электровозбудимость зубов зависит от состояния и степени развития нервно-рецепторного аппарата пульпы зуба [77].

Научных исследований подобного рода, которые были проведены Л.Р. Рубиным и его сотрудниками, по их качеству и объёму за рубежом никогда не проводилось.

Благодаря проведенным исследованиям и разработке медицинской аппаратуры, в 70 – 80-е годы электроодонтодиагностика стала широко применяться в отечественной стоматологической практике. Большой вклад в распространение этого метода внёс профессор Олег Иванович Ефанов, который реорганизовал курс физиотерапии в кафедру в Московском медицинском стоматологическом

институте им. Н.А. Семашко, а затем возглавлял эту кафедру в Московском государственном медико-стоматологическом университете им. А.И. Евдокимова. Под его руководством были разработаны стандарты по используемому электрическому току и аппаратуре. Электроодонтодиагностика вошла в перечень обязательных медицинских стоматологических мероприятий [96].

В конце 80-х начале 90-х годов в нашей стране разразился тяжелейший экономический кризис, что привело к развалу страны и производства. Это коснулось и медицинской аппаратуры, в том числе и аппаратов для проведения электроодонтодиагностики. Одновременно с развалом отечественного производства были сняты запреты на ввоз зарубежной медицинской аппаратуры [73]. Сейчас на российском рынке представлены различные иностранные устройства, именуемые «тестерами» определения состояния пульпы зуба, которые должны оценивать состояние иннервации зубов, однако диагностическая эффективность многих из них вызывает сомнения [108,111,119,154,157].

Использование некачественной медицинской аппаратуры приводит к дискредитации метода и делает актуальным вопрос об определении оптимальных параметров, используемого при проведении электроодонтодиагностики, электрического тока и стандартизации аппаратуры, применяемой для определения электровозбудимости зубов [12,43,131].

Еще одним важным аспектом, связанным с медицинской аппаратурой, является вопрос, используемой терминологии.

В настоящее время наряду с термином электроодонтодиагностика, используется термин электроодонтометрия [37,46,57,58,63]. Даже в рекомендациях Стоматологической Ассоциации России (СтАР) электроодонтодиагностика, которая подразумевает определение электровозбудимости зубов, именуется электроодонтометрией.

На наш взгляд, эти слова не могут являться синонимами, а замена одного термина другим может привести к серьезным проблемам, связанными с производством и эксплуатацией медицинской аппаратуры, предназначенной для проведения этого исследования.

К подобному утверждению нас привели следующие соображения:

Во-первых, введение термина «Электроодонтометрия» приведёт к тому, что аппаратура, используемая для проведения этого исследования, перейдёт в разряд средств измерения. Это, в свою очередь, поменяет смысл проводимого исследования, так как произойдет подмена понятия – диагностика на метрологическое измерение, а также приведёт к значительному удорожанию, потому что при разработке аппаратов потребуются дополнительные метрологические испытания, а эксплуатация данной аппаратуры будет требовать регулярного метрологического контроля, для чего придётся создавать метрологическую службу в каждом стоматологическом учреждении;

Во-вторых, «Электроодонтодиагностика» – давно устоявшееся название, которое используется с 1949 года. Во всех учебниках, рекомендациях Минздрава используется именно это название;

В-третьих, термин «Электроодонтодиагностика» гораздо точнее отражает суть, проводимого исследования. Как было сказано выше, аналогом электроодонтодиагностики является электродиагностика состояния нервно-мышечных волокон. И в том, и другом случае в качестве раздражителя используется электрический ток, т.е. электрический ток выполняет роль индикатора возбуждения нервной ткани. Отличие заключается только в том, что при нервно-мышечной диагностике электрический ток раздражает двигательные нервные волокна и вызывает сокращение мышцы, при электроодонтодиагностике электрический ток вызывает раздражение чувствительных нервных элементов пульпы зуба или периодонта (в случае гибели пульпы), вызывая определённые ощущения.

Таким образом, электроодонтодиагностика является важным диагностическим методом, доказавшим свою эффективность, и применяется в отечественной стоматологии более 70 лет. Однако, широкое применение электроодонтодиагностики в практической стоматологии, на сегодняшний день, сталкивается с определёнными проблемами и сложностями, которые будут подробно изложены в следующих разделах литературного обзора.

1.2. Методика проведения электроодонтодиагностики

При проведении электроодонтодиагностики регистрируется минимальная сила тока, которая, за счет раздражения рецепторного аппарата, вызывает первые легкие ощущения в зубе [104]. Эта сила тока называется пороговой [76]. На уровне порогового тока возникают такие ощущения, как тепло, жжение, покалывание, вибрация, т.е. в зубе, подвергаемом исследованию, возникают ощущения, не характеризующиеся болью [74, 135].

При проведении электроодонтодиагностики используются два электрода: активный и пассивный.

Характерным отличием методики проведения электроодонтодиагностики, разработанной Л.Р. Рубиным, является то, что во время проведения процедуры пассивный электрод, в виде металлического цилиндра, пациент держит в руке [36]. При использовании иностранных тестеров определения состояния пульпы зуба и их отечественных аналогов, пассивный электрод располагают на слизистой оболочке щеки, используя металлический электрод загубник. Производители подобных аппаратов связывают необходимость размещения пассивного электрода на слизистой оболочке полости рта с уменьшением общей электрической нагрузки на организм. Однако, на наш взгляд, подобное объяснение является весьма спорным, так как, независимо от места расположения электродов, при подаче напряжения электрический ток сразу возникает во всех токопроводящих тканях организма. Кроме того, размещение пассивного электрода в полости рта создает дополнительные неудобства для пациента и врача, осуществляющего исследование электровозбудимости зубов [61].

Чтобы избежать утечки тока при проведении исследования, зуб изолируют от слюны, а его поверхность высушивают. Для изоляции зуба от слюны используют ватные валики, коффердам не используют, так как это сделало бы процедуру слишком трудоемкой, затратной и долгой по времени. Для высушивания зуба используют ватный шарик, пустер с этой целью не используют. Это связано с тем,

что, продуцируемая пускером, струя воздуха может вызвать значительную болевую реакцию при пульпите.

Еще одним важным моментом при проведении электроодонтодиагностики является то, что для отведения мягких тканей (губы, щеки, язык) необходимо применять инструменты, выполненные из материала, обладающего диэлектрическими свойствами. Обычно с этой целью используют пластмассовый или деревянный шпатель. Металлическое зеркало для отведения мягких тканей не применяют, так как при его случайном соприкосновении с электродом может возникнуть утечка тока [35].

Необходимо отметить, что для прохождения электрического тока через ткани зуба при проведении электроодонтодиагностики интактных зубов и зубов, чья коронковая часть восстановлена с помощью постоянной пломбы, нужно использовать контактную среду.

Это связано с тем, что эмаль зуба обладает очень большим электросопротивлением. При отсутствии контактной среды площадь контакта активного электрода с эмалью зуба будет очень маленькой, а электропроводность очень низкой. В этом случае, может не хватить электрического напряжения, генерируемого аппаратом, для преодоления дополнительного электросопротивления в области контакта металлической части активного электрода и эмалью зуба. При использовании контактной среды снижается электросопротивление в области контакта металлической части активного электрода с эмалью зуба за счет увеличения площади этого контакта. В результате, генерируемого аппаратом, напряжения становится достаточно для возникновения электрического тока в исследуемом зубе.

Ранее для увеличения площади контакта активного электрода с эмалью зуба, металлическую часть активного электрода оборачивали ватой и смачивали водой или физиологическим раствором. На сегодняшний день предпочтение отдают зубным пастам, которые являются хорошим проводником электрического тока [84]. Прежде чем приступить к электроодонтодиагностике, металлическую часть

активного электрода покрывают зубной пастой, являющейся контактной средой, окунув электрод в эту пасту.

При анализе электровозбудимости здоровых зубов, называемыми «интактными», вне зависимости от типа используемого оборудования, металлический активный электрод размещают на так называемом чувствительном участке эмали зуба [58, 117, 136,143, 152]. К таким участкам относятся: середина режущего края у фронтальных зубов, вершина щечного бугра у премоляров, а также вершина переднего щечного бугра у моляров. Эти зоны считаются чувствительными, поскольку при электроодонтодиагностике, когда активный электрод находится на этих участках, нервные рецепторы пульпы реагируют на минимальные значения электрического тока [69].

Это можно объяснить тем, что, когда активный электрод находится на определённых участках коронки зуба, электрический ток, воздействующий на нервные рецепторы, имеет более высокую плотность по сравнению с другими местами размещения электрода.

Плотность тока определяется отношением силы тока к площади поверхности, по которой растекается этот ток:

$$J = I/S \quad (1)$$

где J – плотность тока, I – сила тока, S – площадь поверхности.

Для возникновения возбуждения в нервных рецепторах нужен электрический ток определённой силы. Чем меньше электросопротивление ткани, тем большую возможность имеет ток растекаться по этой ткани. Соответственно площадь поверхности, по которой растекается электрический ток, будет увеличиваться, а плотность тока будет снижаться. При снижении плотности тока, за счёт увеличения площади поверхности, увеличивается количество нервных рецепторов, на которые может воздействовать этот ток. Однако, при этом, снижается количество электрического тока, приходящегося на каждый конкретный нервный рецептор, и силы тока может быть недостаточно для возникновения возбуждения в этих нервных рецепторах.

В области чувствительных точек находится наиболее толстый слой эмали. Эмаль обладает очень большим электросопротивлением. В связи с этим в области чувствительных точек электрический ток не имеет возможности растекаться по ткани. Через ткани проходит электрический ток большей плотности, а на отдельно взятые нервные рецепторы пульпы зуба воздействует большее количество электрического тока.

В том случае, если чувствительная точка закрыта пластмассовой пломбой, активный электрод располагают на эмали зуба, на границе с пломбой, стараясь максимально приблизиться к чувствительной точке. При наличии в зубе амальгамовой пломбы возможно искажение показаний электроодонтодиагностики из-за утечки тока по амальгаме, особенно в тех случаях, когда амальгама контактирует с десной. В подобной ситуации точные показания электровозбудимости зуба можно определить только, удалив амальгамовую пломбу [49].

При кариесе, когда эмаль зуба на пораженном участке отсутствует, можно провести электроодонтодиагностику со дна кариозной полости [13,24]. Однако, такое исследование можно осуществить только с использованием тех аппаратов для проведения электроодонтодиагностики, у которых конструкционные особенности активного электрода позволяют разместить его на дне кариозной полости.

Электроодонтодиагностику со дна кариозной полости проводят при всех типах кариозных полостей по Блэку, за исключением кариозных полостей V класса. Данное обстоятельство связано с тем, что при расположении кариозной полости в пришеечной области зуба, нельзя исключить утечку тока на десну, что приведет к искажению результатов исследования.

При проведении электроодонтодиагностики со дна кариозной полости необходимо удалить размягченный дентин, так как в размягченных тканях, особенно если они имеют контакт с десневой жидкостью и десной зуба, будут возникать токи утечки.

После высушивания кариозной полости, проводят электроодонтодиагностику 3-4 раза, размещая металлический активный электрод в разных точках дна кариозной полости.

При проведении исследования со дна кариозной полости контактную среду не используют, так как дентин по сравнению с эмалью зуба обладает значительно меньшим электросопротивлением и напряжением, создаваемого аппаратом, обычно, достаточно для преодоления этого сопротивления без увеличения площади контакта за счет использования контактной среды.

Как было сказано выше, исследование проводят 3-4 раза, при этом, из полученных значений тока, в истории болезни регистрируют минимальное значение. Это объясняется тем, что минимальное значение тока фиксируется в тех участках, где ток имеет меньшую возможность растекаться по тканям, т.е. утечка тока является наименьшей.

При эндодонтическом лечении зубов часто возникает необходимость оценки состояния пульпы в корневых каналах зубов [78]. Для решения этой задачи электровозбудимость исследуют, помещая электрод в область устьев или в сам корневой канал.

Как и в случае проведения электроодонтодиагностики со дна кариозной полости, данный вид исследования может быть осуществлен только теми аппаратами, у которых конструкционные особенности активного электрода позволяют провести это исследование.

При проведении электроодонтодиагностики с устьев корневых каналов контактную среду не используют, металлический активный электрод располагают в области устья корневого канала, а при облитерации каналов на дне полости зуба, в зоне предполагаемого устья. Затем регистрируют и записывают значения для каждого корневого канала отдельно [48, 91].

При поиске остатков пульпы в корневых каналах, электроодонтодиагностика может быть осуществлена прямо в корневом канале [9,51]. С этой целью могут быть использованы как металлический эндодонтический файл, так и, применяемый при внутриканальном воздействии постоянным током, серебряно-медный электрод

в тефлоновой изоляции [52,53,80]. Файл или электрод вводят до упора в корневой канал. В процессе диагностики металлического инструмента, размещённого в корневом канале, касаются активным электродом, или, при использовании серебряно-медного электрода, его соединяют с активным электродом устройства для проведения электроодонтодиагностики за пределами полости рта.

Таким образом, можно констатировать, что, на сегодняшний день, методика проведения электроодонтодиагностики в литературных источниках изложена достаточно подробно. Это позволяет использовать данный вид исследования в разных конкретных клинических ситуациях.

1.3. Электровозбудимость зубов в норме и при патологических состояниях

По данным литературы электровозбудимость зубов зависит от состояния нервных рецепторов пульпы и периодонта, а также от состояния нервных волокон ветвей тройничного нерва, передающих нервный импульс в центральную нервную систему [11, 70, 122, 133, 148].

При сформированном рецепторном аппарате зуба и отсутствии патологии тройничного нерва отмечается реакция пульпы на минимальную силу тока [8,94]. Важно отметить, что при изучении электровозбудимости, на сегодняшний день, применяют разнообразные типы и формы электрического тока. В результате, минимальная сила тока, вызывающая пороговое возбуждение болевых и тактильных рецепторов в пульпе, для разных токов будет различным.

Рубин Л.Р. указывает, что для переменного синусоидального тока электровозбудимость зубов со сформированным рецепторным аппаратом составляет от 2 мкА до 6 мкА [88]. Такой разброс показателей определяется реакцией нервных рецепторов на раздражитель. Этот диапазон называют физиологическим, т.е. связанным с нормальной реакцией нервных рецепторов, определяющей физиологическую ошибку, проводимого измерения.

Таким образом, разброс показателей электроодонтодиагностики в 4 мкА вполне допустим при неоднократном измерении электровозбудимости одного и того же зуба.

При несформированном рецепторном аппарате пульпы зуба электровозбудимость зубов снижена. Это особенно заметно во время прорезывания постоянных зубов и формирования их корней [28,55,115,145]. Отмечается связь между уровнем развития нервно-рецепторного аппарата пульпы зуба, степенью развития корня зуба и изменением показателей электроодонтодиагностики.

Если корень зуба развит на одну треть или половину своей длины и нервная система пульпы еще не сформирована, то зуб либо не реагирует на электрический ток величиной 200 мкА, либо, при проведении исследования, отмечаются высокие цифровые значения в пределах 150 и 200 мкА.

В случае, когда корень развит на две трети, изучение гистологических препаратов дает возможность обнаружить нервные окончания в области рогов пульпы и элементы субодонтобластического сплетения, при этом электровозбудимость зуба обычно находится в пределах 30 - 60 мкА.

Как только корень зуба полностью развивается, т.е. завершается процесс его формирования, рецепторная система его пульпы также достигает полного развития, при этом электровозбудимость составляет от 2 до 6 мкА.

В литературе имеются сведения, что электровозбудимость интактных моляров со сформированными корнями в некоторых случаях может быть снижена до 20 мкА. Авторы связывают снижение электровозбудимости третьих моляров с атипичным развитием рецепторного аппарата пульпы этих зубов [49].

Дискутабельным является вопрос о влиянии возраста на электровозбудимость интактных зубов [7,93].

Ерганова О. И. (2021) в своей научной работе «Совершенствование методов комплексной диагностики состояния твердых тканей и пульпы зубов у лиц пожилого возраста» утверждает, что с возрастом снижается электровозбудимость интактных зубов. Она указывает: «При оценке возбудимости рецепторного аппарата выявлено увеличение порога раздражения чувствительных нервов

пульпы зуба на 46,12% у пациентов пожилого возраста, что связано с дегенеративными процессами и уменьшением количества нервных волокон» [15]. При этом, отмечается, что в контрольной группе, которую составили лица молодого возраста, среднее значение электровозбудимости интактных зубов было $3,25 \pm 0,16$ мкА, а в основной группе, в которую вошли лица пожилого возраста, электровозбудимость интактных зубов составила $6,04 \pm 0,23$ мкА [67].

Сделанные автором выводы вызывают сомнения, так как разница электровозбудимости интактных зубов у лиц молодого и пожилого возраста находится в рамках физиологической погрешности измерений. На это указывают Волков А.Г. и др. (2020 г.) отмечая, что достоверного изменения электровозбудимости интактных зубов с возрастом не наблюдается, так как все изменения укладываются в рамках физиологической погрешности, т.е. не превышают 4 мкА [36,73].

В литературе имеются сведения о том, что некариозные поражения твердых тканей зубов не оказывают существенное влияние на электровозбудимость [26, 124]. Электрическая возбудимость зубов с такими поражениями, в отсутствие воспалительных процессов в пульпе, сопоставима с электровозбудимостью здоровых зубов [105, 152]. Даже при стираемости твердых тканей тяжелой степени и при глубоких клиновидных дефектах, цифровые показатели электроодонтодиагностики увеличиваются до 7 - 15 мкА. Это увеличение связано не с патологическими изменениями в пульпе, а с изменениями в электропроводности твердых тканей зубов.

В литературе наиболее освящен вопрос об изменении электровозбудимости зубов при кариесе и его осложнениях [18, 27,41,71, 98, 160].

При диагнозе кариес цифровые значения электроодонтодиагностики могут достигать 20 мкА. Аналогичные цифровые значения наблюдаются в недепульпированных зубах с пломбами, т.е. в зубах, где было проведено лечение кариеса [25,45, 82, 85, 137, 158].

В случае гиперемии пульпы, когда изменения в пульпе зуба носят обратимый характер, электровозбудимость зубов, при соответствующей клинике, находится в пределах от 20 мкА до 25 мкА [27,29, 93, 101, 107, 114].

При необратимых формах пульпита электровозбудимость зубов зависит от степени развития патологического процесса в пульпе, что отражается в соответствующем поражении ее рецепторного аппарата [50, 90, 118, 126, 142, 160, 161].

Показания электроодонтодиагностики в диапазоне от 26 мкА до 60 мкА говорят о развитии необратимых форм пульпита, при этом воспалительный процесс развивается в коронковой части, так как данные цифры позволяют судить о сохранении реакции части нервных рецепторов, расположенных в коронковом отделе пульпы зуба.

Цифровые значения 61-100 мкА указывают на отсутствие реакции рецепторов коронковой пульпы, т.е. о локализации процесса в корневой части пульпы [44,54,138].

Волков А.Г. и др. (2021) указывают, что электроодонтодиагностика является единственным надёжным способом обнаружения остатков не девитализированной инфицированной пульпы в труднодоступной части корневого канала зуба. Авторы отмечают, что «при необходимости проведения повторного эндодонтического лечения более чем в 80% случаев в зубах, где до этого было проведено эндодонтическое лечение и было осуществлено пломбирование каналов, обнаруживались остатки инфицированной витальной корневой пульпы» [35].

При полной потере жизнеспособности пульпы, так как нервные рецепторы пульпы полностью отсутствуют, реакция на электрический ток исходит от рецепторов периодонта, при этом электрическая возбудимость зуба колеблется между 101 мкА и 200 мкА [34, 97]. В случаях хронического периодонтита со значительными патологическими изменениями в периапикальной области, реакция на ток величиной 200 мкА может отсутствовать [38,130, 132,156].

В литературе имеются сведения об особенностях электроодонтодиагностики зубов с запломбированными корневыми каналами, ранее подвергшихся

эндодонтическому лечению. Отмечается, что при проведении электроодонтодиагностики таких зубов иногда складывается ситуация, когда показатели силы тока, достигнув какого-либо значения, перестают увеличиваться [10]. Это связывают с тем, что напряжение, генерируемое аппаратом, не может преодолеть электросопротивление исследуемого зуба. Авторы утверждают, что депульпированные зубы с запломбированными корневыми каналами, из-за обезвоживания тканей зуба, обладают по сравнению с другими зубами самым большим электросопротивлением.

При кистах и опухолях челюстей электроодонтодиагностику проводят для уточнения тяжести и распространенности патологического процесса [35, 161].

При радикулярных кистах рекомендуется проводить электроодонтодиагностику не только причинного зуба, в котором, как правило, электровозбудимость отсутствует, но и всех прилегающих к кисте зубов. Уменьшение электровозбудимости зубов, расположенных рядом с кистой, т.е. повышение цифровых значений электроодонтодиагностики, указывает на то, что киста оказывает давление на сосудисто-нервные пучки этих зубов.

В случае опухолей челюстей наблюдается постепенное уменьшение чувствительности зубов в затронутой зоне, что может привести к полному исчезновению их электровозбудимости.

Особо важную роль играет правильная интерпретация результатов определения электровозбудимости зубов при диагностике заболеваний тройничного нерва [17,19,64, 68, 110, 146, 147].

Существуют данные о том, что электровозбудимость зубов изменяется при невралгии тройничного нерва [75, 116,121,139,140 151, 148].

При обострении заболевания может наблюдаться повышенная электровозбудимость интактных зубов в области пораженной ветви тройничного нерва, т.е. зубы реагируют на ток менее 2 мкА. В тех случаях, если при лечении невралгии применялись методы, связанные с деструкцией периферических ветвей тройничного нерва, электровозбудимость зубов соответствующей области может быть снижена.

При неврите второй, третьей ветвей тройничного нерва электроодонтодиагностику проводят с целью определения степени тяжести неврита [2,20, 45, 78, 100,106]. При этом, ориентируются на изменение электровозбудимости интактных зубов.

По данным литературы степень тяжести неврита нижнего альвеолярного нерва находится в прямой зависимости от снижения электровозбудимости интактных зубов пораженной области. Однако, разные авторы придерживаются различных цифровых значений электроодонтодиагностики при определении степени тяжести неврита.

Ефанов О.И, Волков А.Г. (1999) указывают, что при неврите легкой степени электровозбудимость зубов может быть снижена незначительно – до 25 мкА, при неврите средней степени тяжести наблюдается более значительное снижение электровозбудимости зубов – до 100 мкА, при неврите тяжелой степени исследуемые зубы реагируют на ток выше 100 мкА. При этом электровозбудимость может полностью отсутствовать, когда зубы интактные при проведении исследования не реагируют на ток в 200 мкА [49].

Авдеева Е.А., Походенько-Чудакова И.О. (2013) в своем методическом руководстве «Комплексное обследование пациентов с травматическими повреждениями нижнего альвеолярного нерва» рекомендуют использовать следующие критерии электроодонтодиагностики для оценки степени тяжести неврита нижнего альвеолярного нерва [1].

– Незначительное повреждение нижнего альвеолярного нерва характеризуется уменьшением электровозбудимости до 40 мкА, что соответствует невриту легкой степени;

– Умеренное повреждение нервных волокон определяется значениями электровозбудимости от 40 мкА до 99 мкА, что говорит о неврите средней степени тяжести;

– Высокая степень повреждения нижнего альвеолярного нерва проявляется, когда показатели электроодонтодиагностики превышают 100 мкА, что свидетельствует о развитии неврита тяжелой степени.

Сирак С.В., Нечаева Н.К. в своем патенте RU 2 407 453 C1 от 2010 г. «Способ определения степени повреждения нижнего альвеолярного нерва при дентальной имплантации» указывают, что при легкой степени повреждения нижнего альвеолярного нерва электровозбудимость интактных зубов может быть снижена до 25 мкА. При повреждении средней степени тяжести, этот показатель находится в пределах от 26 до 50 мкА. В случае тяжелого повреждения, показатели электроодонтодиагностики составляют более 50 мкА [103].

Неврит тройничного нерва часто возникает из-за повреждения нервных волокон во время анестезии, травматических хирургических вмешательств, выхода пломбировочного материала за пределы корней зубов, переломов челюстей, повреждений зубов и других подобных случаев [3,16, 21,24,34,40, 125, 155]. Также неврит может появиться при остеомиелите челюстей [6,39,56].

Обострение хронического гайморита обычно сопровождается увеличением показателей электроодонтодиагностики зубов, расположенных рядом с верхнечелюстной пазухой, что также указывает на развитие неврита [41,113,123,127,128, 149,150, 159].

Электроодонтодиагностика позволяет контролировать эффективность лечения неврита, так как наряду с восстановлением чувствительности кожи и слизистой оболочки, наблюдается повышение электровозбудимости зубов.

В литературе имеются сведения об изменениях электровозбудимости при травме зуба [4,62,66,95,144,157].

Отмечается, что резкое снижение электровозбудимости при травме зуба может быть связана как с гибелью пульпы зуба, так и с нарушением проводимости нервных волокон тройничного нерва, иннервирующей соответствующий зуб, т.е. с развитием неврита. В том случае, если электровозбудимость травмируемого зуба соответствует норме, говорят о полной сохранности сосудисто-нервного пучка и пульпы зуба. Однако, при высоких показаниях электроодонтодиагностики, а травма произошла без вскрытия полости зуба и без явных признаков острого пульпита и периодонтита, рекомендуется избегать эндодонтических манипуляций в первые дни после травмы и следовать «стратегии ожидания». В большинстве

случаев, около 70%, при такой клинической картине, повреждение зубов вызывает не некроз пульпы, а развитие травматического неврита. Это может привести к значительному повышению цифровых значений электроодонтодиагностики, даже до полного отсутствия реакции на раздражение электрическим током. Жизнеспособность пульпы в случае неврита можно определить по постепенному уменьшению показателей электроодонтодиагностики поврежденного зуба. Электроодонтодиагностику травмированного зуба проводят каждые две недели до тех пор, пока не восстановится чувствительность зуба.

В отношении влияния заболеваний пародонта на электровозбудимость зубов имеются следующие сведения: заболевания пародонта не оказывают прямого воздействия на состояние нервных элементов зуба и состояние нервных волокон тройничного нерва, отвечающих за иннервацию зубов. В связи с этим, электровозбудимость зубов не зависит от степени атрофии костной ткани альвеолярных отростков и подвижности зубов. Однако, при пародонтите тяжелой степени, когда глубина пародонтальных карманов становится более 6 мм, может наблюдаться развитие ретроградного пульпита [22,72,87]. При этом, микробиота пародонтального кармана проникает в пульпу зуба через апикальное отверстие и вызывает воспаление пульпы, что сопровождается снижением электровозбудимости пораженного зуба.

В ортодонтии применяют электроодонтодиагностику для контроля нагрузки на зубы во время лечения [102, 109]. Этот метод позволяет оценить, насколько адекватно зубы реагируют на силу, оказываемого на них давления. Если в процессе лечения уменьшается электровозбудимость здоровых зубов, это может указывать на необходимость внесения коррекции в лечебные мероприятия, так как чрезмерная нагрузка может привести к гибели пульпы зуба.

Электроодонтодиагностику используют для определения эффективности местного обезболивания при проведении амбулаторных стоматологических вмешательств [5,14,31, 59, 81, 92].

Анисимова Е.Н. и др. (2018) рекомендуют ориентироваться на изменения электровозбудимости интактных зубов, находящихся в области соответствующей проведенной анестезии [10,12, 23].

Таким образом, анализ литературных данных свидетельствует о том, что электровозбудимость зубов может быть изменена при многих заболеваниях челюстно-лицевой области. При этом, наиболее подробные сведения имеются о показаниях электроодонтодиагностики при кариесе и его осложнениях. Однако, вопросы изменения электровозбудимости зубов при заболеваниях хирургического стоматологического профиля, на наш взгляд, в литературе освящены недостаточно. Указывается, что, при отсутствии воспаления пульпы, электровозбудимость зубов может снижаться за счет травмы и воспаления чувствительных нервных волокон периферических ветвей тройничного нерва, отвечающих за иннервацию зубов в соответствующей области. При этом, рекомендуется при оценке степени нарушения проводимости нервных волокон периферических ветвей тройничного нерва и эффективности проводимого лечения ориентироваться на показания электровозбудимости интактных зубов.

1.4. Применение электроодонтодиагностики в современной стоматологической практике

Применение электроодонтодиагностики в современной стоматологической практике сопряжено с определенными проблемами и сложностями. Причиной этого является то, что для проведения данного вида исследования часто используется некачественная диагностическая аппаратура.

Как было сказано выше, в разделе «История разработки электроодонтодиагностики и используемая терминология», в настоящее время, на рынке представлено множество как отечественных, так и зарубежных устройств для анализа состояния иннервационного аппарата зубов. При этом, диагностическая ценность многих аппаратов является сомнительной.

Использование подобных аппаратов приводит к ложным результатам исследования. Это дает повод практикующим врачам усомниться в эффективности данного метода исследования.

Следует напомнить, использование некачественной аппаратуры для проведения электроодонтодиагностики приводит к дискредитации метода. Это свидетельствует об актуальности решения вопроса стандартизации, используемой аппаратуры для проведения электроодонтодиагностики, на основании исследования качества и диагностической ценности различных аппаратов.

Знакомясь с современной литературой, посвященной электроодонтодиагностики, нами были обнаружены публикации, в которых проблемы, связанные с трудностями интерпретации результатов исследования, авторы связывают не с качеством, используемой аппаратуры, а с недостатками самого метода исследования [114, 129, 134, 147]. При этом, полностью игнорируется более чем семидесятилетний опыт применения электроодонтодиагностики в отечественной стоматологии. Так, Николаев А.И. и др. (2014) в своем учебном пособии «Электроодонтодиагностика», описывая основные принципы применения электроодонтодиагностики в стоматологической практике, указывают, что: «На основании данных ЭОМ более или менее достоверно можно лишь сделать заключение о витальности или невитальности пульпы зуба. Интерпретировать промежуточные значения ЭОМ не следует» [84].

Кроме того, авторы утверждают, что: «Чувствительность пациентов к диагностическому току при проведении ЭОМ подвержена значительным индивидуальным колебаниям. Поэтому при проведении ЭОД-исследования следует ориентироваться только на относительные цифры ЭОМ» [84]. Данное утверждение нельзя считать справедливым, так как достоверных методов исследования, целиком зависящих от индивидуальной чувствительности, при отсутствии общей физиологической нормы для всех, не существует. Следует напомнить, что физиологическая погрешность при проведении электроодонтодиагностики составляет 4 мкА. Максимально возможная сила тока при проведении электроодонтодиагностики составляет 200 мкА, т.е. возможная

физиологическая ошибка измерений составляет всего 2%, что говорит о достаточно высокой абсолютной точности данного диагностического метода.

Одна из серьезных проблем заключается в том, что устройства для электроодонтодиагностики, производимые различными компаниями, используют разнообразные типы и формы электрического тока. Это приводит к сложностям в толковании результатов измерений, поскольку разные виды токов делают результаты исследований несравнимыми [43, 89]. Это подчеркивает необходимость проведения исследований, целью которых является определение диагностической значимости различных видов и форм тока, применяемых для проведения электроодонтодиагностики при различных заболеваниях стоматологического профиля.

Макеева И.М. и др. (2018) анализировали, насколько эффективна электроодонтодиагностика различными типами тока при лечении кариеса и его осложнений [84]. Исследование показало, что для диагностики состояния рецепторного аппарата пульпы при данных заболеваниях наиболее подходит переменный синусоидальный ток с частотой 50 Гц [60].

При этом, современная доступная литература не содержит информации о том, как разные виды тока влияют на электровозбудимость зубов при нарушении проводимости чувствительных ветвей тройничного нерва, что часто наблюдается у пациентов хирургического стоматологического профиля.

Еще одной проблемой, с которой сталкиваются практикующие врачи-стоматологи, является то, что при проведении электроодонтодиагностики отдельных зубов, ток, достигнув какого-либо значения, перестает увеличиваться. Очевидно, что в данном случае напряжение, генерируемое аппаратом, не может преодолеть электросопротивление исследуемого зуба. С подобной ситуацией мы часто сталкивались, изучая электровозбудимость зубов при неврите нижнего альвеолярного нерва. При этом, на фоне отсутствия чувствительности, не удавалось добиться максимальной силы тока, заявленной к паспорту аппарата, не только при исследовании зубов с запломбированными корневыми каналами, но и

при проведении электроодонтодиагностики зубов с композитными пломбами после лечения кариеса, а также здоровых (интактных зубов) [10].

Это говорит о необходимости проведения исследований, направленных на изучение электропроводности зубов при проведении электроодонтодиагностики.

Таким образом, подводя итог анализу доступных литературных источников, можно сделать следующий вывод, что для решения проблем, связанных с применением электроодонтодиагностики в современной хирургической стоматологической практике, необходимо провести ряд исследований. Нужно изучить эффективность применения разных видов тока, применяемых для проведения электроодонтодиагностики, при нарушении проводимости чувствительных ветвей тройничного нерва. Кроме того, необходимо изучить факторы, влияющие на электропроводность зубов при проведении электроодонтодиагностики. Также нужно уточнить, какие изменения электровозбудимости зубов могут наблюдаться у пациентов хирургического стоматологического профиля.

Решению этих вопросов посвящено данное диссертационное исследование.

ГЛАВА 2. МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

2.1. Общая характеристика обследованных больных

Оценивали электровозбудимость и электропроводность зубов у 184 пациентов молодого и среднего возраста с различными заболеваниями челюстно-лицевой области.

При распределении пациентов по возрастным категориям использовали классификацию ВОЗ:

- молодой возраст от 18 до 44 лет;
- средний возраст от 45 до 59 лет.

Среди обследованных пациентов лиц молодого возраста было 114 человек (62%), среднего возраста 70 человек (38%) (Рисунок 1).

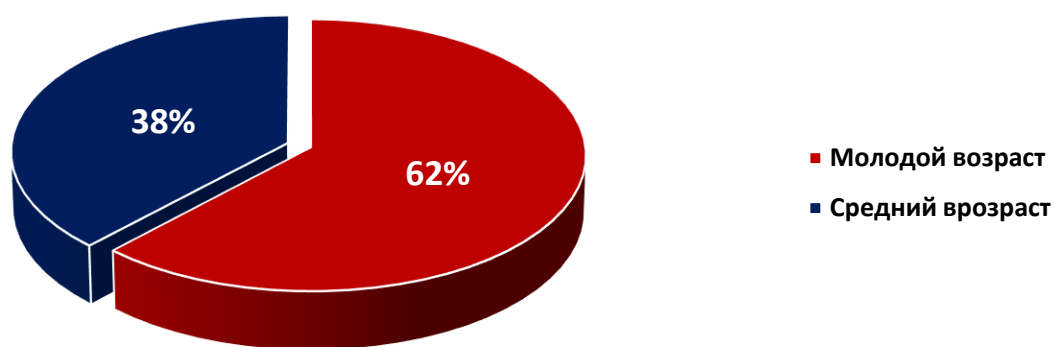


Рисунок 1 – Распределение обследованных больных по возрастным категориям

Среди обследованных больных лиц женского пола было 98 человек (53%), мужского – 86 человек (47%) (Рисунок 2).

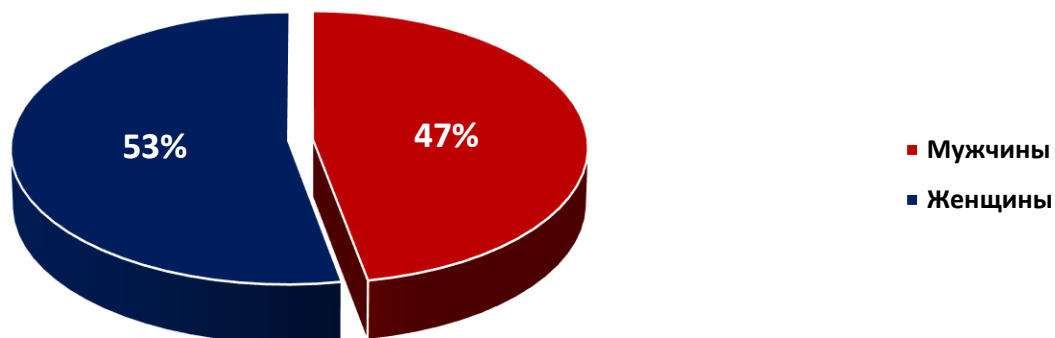


Рисунок 2 – Распределение обследованных больных по полу

Определение электропроводности и электровозбудимости зубов было проведено у пациентов с такими заболеваниями челюстно-лицевой области, как: кариес и его осложнения, травма зуба, радикулярная киста, доброкачественные опухоли челюстей, неврит нижнего альвеолярного нерва, хронический остеомиелит, обострение хронического гайморита, состояние после операции на гайморовой пазухе, хронический генерализованный пародонтит.

Критерии включения, не включения и исключения пациентов из исследования по изучению электропроводности и электровозбудимости зубов при различных заболеваниях челюстно-лицевой области представлены в Таблице 1.

Все участники перед началом исследования давали свое информированное согласие на участие в нем на добровольной основе, подписывая соответствующие документы.

Проведение данного информационного исследования было одобрено Межвузовским комитетом по этике, протокол № 03-23 от 16.03.2023.

Таблица 1 – Критерии включения, не включения и исключения пациентов из исследования по изучению электропроводности и электровозбудимости зубов при различных заболеваниях челюстно-лицевой области

Критерии включения в исследование	Пациенты молодого и среднего возраста от 18 до 59 лет, мужчины и женщины, подписавшие добровольное согласие на проведение исследования
	Наличие стоматологических заболеваний, при которых может быть изменена электропроводность и электровозбудимость зубов, а именно: кариес и его осложнения, травма зуба, радикулярная киста, доброкачественные опухоли челюстей, неврит нижнего альвеолярного нерва, хронический остеомиелит, обострение хронического гайморита, состояние после операции на гайморовой пазухе, хронический генерализованный пародонтит.
Критерии не включения в исследование	Все зубы в исследуемой области покрыты искусственными коронками
	Наличие сопутствующих соматических заболеваний в период обострения и декомпенсации
	Наличие психических заболеваний, в том числе эпилепсии
	Отсутствие добровольного информированного согласия на участие в проведении исследования
	Наличие кардиостимулятора
Критерии исключения из исследования	Добровольный отказ продолжать участие в любой момент исследования
	Несоблюдение пациентом условий исследования

Исследование состояло из трех этапов.

Первый этап исследования был посвящен определению оптимальных параметров электрического тока для проведения электроодонтодиагностики.

В исследовании приняли участие 32 пациента. У всех пациентов появление неврита нижнего альвеолярного нерва было обусловлено травматическим удалением третьих моляров нижней челюсти.

Оценивали диагностическую эффективность четырех различных типов электрического тока в условиях развившегося неврита нижнего альвеолярного нерва травматического происхождения. Исследовали:

- постоянный импульсный ток как с положительной, так и с отрицательной полярностью, с частотой от 1 до 10 Гц;

- импульсный переменный ток, с уменьшающейся амплитудой, имеющего длительность импульсов от 60,5 мс до 124 мс и периодичность их повторения от 140 мс до 284 мс;

- импульсный ток с уменьшающейся амплитудой, имеющего длительность импульсов между 60,5 мс и 124 мс и интервалы повторения от 140 мс до 284 мс;

- двухполярный импульсный ток прямоугольной формы, частотой 50 Гц;

- переменный ток синусоидальной формы, имеющего частоту 50 Гц.

После того, как, в результате первого этапа исследования, был выявлен наиболее эффективный вид тока для проведения электроодонтодиагностики, приступали ко второму этапу исследования.

Второй этап исследования был посвящен оценке электропроводности зубов при проведении электроодонтодиагностики.

В исследовании приняли участие 70 пациентов с различными заболеваниями стоматологического профиля. Исследование было проведено на 254 зубах.

Для оценки комплексного электросопротивления тканей зуба использовали переменный синусоидальный ток, частотой 50 Гц.

Третий этап исследования был посвящен изучению изменений электровозбудимости зубов при различных заболеваниях челюстно-лицевой области.

В исследовании приняли участие 184 пациента с различными заболеваниями челюстно-лицевой области.

Измерение электровозбудимости зубов проводилось с использованием переменного синусоидального тока с частотой 50 Гц.

Электровозбудимость сопоставляли с результатами оценки электропроводности этих зубов.

2.2. Методика проведения электроодонтодиагностики

Электроодонтодиагностику осуществляли с использованием следующих устройств:

- «ИВН-01 Пульптест – Про» от компании ООО "Каскад-ФТО" (Россия);
- «ЭндоЭст» от Геософт (Россия – Израиль);
- «Digitest», произведенный компанией Parkell (США).

Электропитание устройства «ИВН-01 Пульптест – Про» обеспечивается от сети переменного тока с напряжением 220 В. Данный аппарат относится к II классу защиты и не требует заземления (Рисунок 3).

Электроодонтодиагностика с использованием данного устройства может проводиться как с ассистентом, так и без его участия.

Источником питания аппарата «ЭндоЭст» является аккумуляторная батарея (Рисунок 4).



Рисунок 3 – «ИВН-01 Пульптест – Про»



Рисунок 4 – Аппарат «ЭндоЭст»

При проведении электроодонтодиагностики с помощью аппарата «ЭндоЭст» требуется ассистент-помощник. При этом, врач фиксирует активный электрод на исследуемом зубе, а ассистент-помощник осуществляет подачу тока и прекращения его подачи при возникновении характерных ощущений в исследуемом зубе.

Источником питания аппарата «Digitest», также, как и у аппарата «ЭндоЭст», является аккумуляторная батарея (Рисунок 5).



Рисунок 5 – Аппарат «Digitest»

При проведении электроодонтодиагностики с помощью этого аппарата не требуется ассистент-помощник. Процедура проводится врачом.

Электроодонтодиагностику осуществляли согласно методическим рекомендациям.

Электроодонтодиагностику проводили в стоматологическом кресле в положении больного сидя.

Перед проведением исследования пациенту подробно объясняли, какие ощущения могут возникнуть в исследуемом зубе во время процедуры

электроодонтодиагностики. Объясняли, что это могут быть ощущения тепла, жжения, покалывания, вибрации или лёгкой болезненности.

В зависимости от используемого аппарата, пассивный электрод располагали в руке больного, используя металлический цилиндрический электрод (аппарат «ИВН-01 Пульстест – Про»), или на слизистой оболочке щеки, используя, выполненный в виде крючка, металлический электрод загубник (аппараты «ЭндоЭст», «Digitest») (Рисунки 6-7).



Рисунок 6 – Расположение пассивного электрода в руке пациент



Рисунок 7 – Металлический электрод загубник

Зубы изолировали от слюны ватными валиками и высушивали, протирая их коронковую часть ватными шариками. Пустером при высушивании зубов не пользовались, чтобы избежать риска вызвать резкий болевой приступ, например, при пульпите.

Для отведения губ и щёк не использовали металлическое зеркало, так как при случайном прикосновении к нему в момент исследования активным электродом могла произойти утечка тока. Для отведения мягких тканей применяли деревянный шпатель.

В тех случаях, когда проводили электроодонтодиагностику интактных зубов или зубов, чья коронковая часть была восстановлена с помощью постоянной пломбы, использовали контактную среду, в которую перед исследованием погружали металлическую часть активного электрода.

Затем активным электродом, с нанесенной на него контактной средой, прикасались к поверхности эмали зуба. В качестве контактной среды использовали зубную пасту «Новый жемчуг» (Россия).

Использование контактной среды связано с низкой электропроводностью эмали зуба. Контактная среда улучшает и увеличивает площадь контакта активного электрода с поверхностью эмали, что позволяет снизить электросопротивление в области контакта электрода с эмалью зуба. В этом случае, генерируемого аппаратом, предназначенного для проведения электроодонтодиагностики, напряжения становится достаточно для прохождения тока через ткани зуба. В противном случае, при отсутствии контактной среды мощность аппарата может

оказаться недостаточной для преодоления электросопротивления эмали зуба, т.е. электрический ток в тканях не появится.

В процессе электроодонтодиагностики здоровых (интактных) зубов, а также зубов с поставленными постоянными пломбами, активный электрод устанавливали на определенные «чувствительные точки»:

- на середине режущего края у фронтальных зубов;
- на вершине щечного бугра у премоляров;
- на вершине переднего щечного бугра у моляров.

В случаях наличия кариеса, за исключением кариеса полостей пятого класса по классификации Блэка, электроодонтодиагностику также проводили со дна кариозной полости. Данную процедуру осуществляли только с использованием аппарата «ИВН-01 Пульптест – Про». Это было связано с тем, что конструкционные особенности активных электродов аппаратов «ЭндоЭст» и «Digitest» не позволяют провести данное исследование со дна кариозной полости.

Перед проведением исследования убирали размягченный дентин и высушивали кариозную полость.

При проведении исследования контактную среду не использовали, а металлической частью активного электрода прикасались к дентину зуба на дне кариозной полости.

Электроодонтодиагностику со дна кариозной полости проводили трижды, располагая активный электрод в трех разных точках на дне кариозной полости.

Фиксировали минимальное значение тока из трех полученных значений, при которых возникало характерное ощущение.

При раскрытой полости зуба для оценки состояния корневой пульпы электроодонтодиагностику проводили с устьев корневых каналов. Для этого, как и в случае с кариозными полостями, использовали только аппарат «ИВН-01 Пульптест – Про», так как конструкционные особенности активных электродов аппаратов «ЭндоЭст» и «Digitest» не позволяют осуществить данную манипуляцию.

В ходе диагностики металлическую часть активного электрода последовательно размещали прямо на устье или его проекции на дне зубной полости у каждого корневого канала, не используя при этом контактную среду.

Значения электровозбудимости регистрировали и записывали для каждого корневого канала.

В зависимости от особенностей устройства, используемого для электроодонтодиагностики, исследование проводилось либо с помощью ассистента, либо без него. В тех случаях, когда исследование осуществляли с ассистентом, что было возможно при использовании двух аппаратов «ИВН-01 Пульптест – Про» и «ЭндоЭст», пассивный электрод размещали в руке пациента при применении «ИВН-01 Пульптест – Про» или на слизистой оболочке щеки при применении «ЭндоЭст», а активным электродом врач прикасался к исследуемому зубу, т.е. электрическая цепь была замкнута, ассистент-помощник по команде врача нажимал на кнопку включения и прекращения подачи тока, размещённую на лицевой панели аппарата. О появлении порогового ощущения в исследуемом зубе пациент сообщал, издавая звук «а-а-а». Ассистент-помощник прекращал подачу тока. При этом на информационном цифровом табло отражались полученные значения.

При проведении электроодонтодиагностики без ассистента-помощника, в случае использования аппарата «ИВН-01 Пульптест – Про», после того, как врач размещал активный электрод на исследуемом зубе, он просит пациента нажать на кнопку включения и прекращения подачи тока на пассивном электроде, находящегося в руке пациента. При появлении пороговых ощущений в исследуемом зубе пациент отпускал кнопку включения и прекращения подачи тока. При этом полученные значения электрического тока сохранялись на информационном цифровом табло (Рисунок 8).

При проведении электроодонтодиагностики без ассистента-помощника, в случае использования аппарата «Digitest», после того, как электрическая цепь была замкнута, врач нажимал на кнопку подачи тока.

Следует отметить, что конструкционные особенности аппарата «Digitest» заключаются в том, что при проведении исследования врач держит в руке сам аппарат со вставленными в него активным электродом и проводом от пассивного электрода. При этом, активным электродом врач прикасается к исследуемому зубу, а пассивный электрод располагается на слизистой оболочке щеки.



Рисунок 8 – Показания электроодонтодиагностики на информационном цифровом табло

О появлении порогового ощущения в исследуемом зубе пациент сообщал, издавая звук «а-а-а». Врач прекращал подачу тока и фиксировал полученное значение на цифровом табло аппарата.

2.3. Определение оптимальных параметров электрического тока для проведения электроодонтодиагностики при неврите нижнего альвеолярного нерва

Электроодонтодиагностика представляет собой метод диагностики, при котором используют электрический ток в качестве раздражителя с целью оценки состояния иннервации зубов. Применение электроодонтодиагностики в стоматологии считается столь же значимым, как и проведение рентгеновских исследований. В связи с этим, данный метод Министерство здравоохранения России рекомендует к широкому применению.

Электровозбудимость зубов может снижаться при воспалении пульпы зуба или ее гибели. В практике терапевтической стоматологии электроодонтодиагностику проводят с целью определения состояния пульпы зуба. Однако, при хирургической патологии челюстно-лицевой области снижение электровозбудимости зубов чаще всего связано с травматическим повреждением и воспалением периферических ветвей тройничного нерва. Поэтому предметом изучения в нашем исследовании мы выбрали неврит нижнего альвеолярного нерва, возникший после травматического удаления нижнего третьего моляра.

Исследование было направлено на выявление типа электрического тока, который наиболее эффективен для диагностики при исследовании электровозбудимости зубов в случаях неврита нижнего альвеолярного нерва.

В рамках данного исследования приняли участие 32 пациента в возрастной категории от 22 до 57 лет, среди которых 14 лиц женского пола (43,8%) и 18 мужского пола (56,2%). У всех участников неврит развился после травматического удаления нижнего третьего моляра.

Распределение обследованных пациентов по степени тяжести неврита нижнего альвеолярного нерва представлено в Таблице 2.

Таблица 2 - Распределение обследованных пациентов по степени тяжести неврита нижнего альвеолярного нерва

Степень тяжести неврита	Количество пациентов	%
Легкая	17	53,1
Средняя	9	28,1
Тяжелая	6	18,8
Всего	32	100

Электровозбудимость зубов у всех обследованных пациентов изучали с помощью 4 типов электрического тока, которые включали: постоянный ток, который подавался в форме прямоугольных импульсов, два разных типа переменного тока в импульсном режиме и переменный синусоидальный ток частотой 50 Гц.

В качестве критерия эффективности электроодонтодиагностики, проводимой с помощью различных типов тока, рассматривали полученную погрешность измерений. Учитывали возможную аппаратную и физиологическую погрешности при использовании различных аппаратов, предназначенных для проведения электроодонтодиагностики.

Аппаратная ошибка измерений связана с несовершенством средства измерения, т.е. с конструктивно-технологическими особенностями используемого аппарата.

Физиологическая погрешность измерений связана с несовершенством тестирующего электрического сигнала, подаваемого на ткани исследуемого зуба, что приводит к неадекватной реакции нервно-рецепторного аппарата.

Для изучения формы электрического тока, который при проведении электроодонтодиагностики проходил через ткани зуба, использовали осциллограф С1 – 99 (Россия), представленный на Рисунке 9.



Рисунок 9 – Осциллограф для определения формы тока

Первым типом тока, эффективность которого изучали при проведении электроодонтодиагностики, являлся постоянный импульсный ток. Данный вид тока использовался в нашей стране для изучения электровозбудимости зубов до 70-х годов XX века. На сегодняшний день такой тип тока применяют в некоторых устройствах зарубежного, в основном, китайского производства. Моделирование данного типа тока осуществлялось на базе аппарата «ИВН-01 Пульптест – Про» (Россия), на основании ГОСТов, обеспечивающих электробезопасность при проведении процедуры.

Вторым типом тока, эффективность которого изучали при проведении электроодонтодиагностики, был переменный импульсный ток, генерируемый

аппаратом «Digitest» (Parkell, США). Данные аппараты имели большой объем продаж и получили достаточно широкое распространение в нашей стране.

Третьим типом тока, эффективность которого изучали при проведении электроодонтодиагностики, был переменный импульсный ток, продуцируемый аппаратом «ЭндоЭст» (Россия – Израиль). Такие аппараты также часто закупаются стоматологическими учреждениями с целью проведения электроодонтодиагностики.

Источником четвертого типа тока, эффективность которого изучали при проведении электроодонтодиагностики, являлся аппарат «ИВН-01 Пульптест – Про» (Россия), который генерирует переменный ток синусоидальной формы. Частота этого тока составляет 50 Гц.

Согласно действующим методическим указаниям в процессе электроодонтодиагностики определяли минимальную силу тока, вызывающую пороговое возбуждение нервных рецепторов. Это возбуждение характеризовалось ощущениями легкого толчка, укола или вибрации в зубе.

При проведении исследования обеспечивали изоляцию зуба от слюны с применением ватных валиков. Поверхность зуба высушивали. С этой целью использовали ватный шарик, перемещая его от режущего края или жевательной поверхности к экватору.

Для повышения электропроводности между активным электродом и поверхностью коронки зуба, как интактных, так и зубов с постоянными пломбами, в качестве контактной среды использовали зубную пасту «Новый жемчуг» (Россия) (Рисунок 10).

Согласно методике, при исследовании указанных выше зубов, активный электрод устанавливали на, так называемые, «чувствительные» участки эмали зуба: на середине режущего края фронтальных зубов, на вершине щечного бугра у премоляров и на вершине переднего щечного бугра у моляров. Пломбы, которые в исследуемых зубах располагались на контактной поверхности в области шейки зуба и в фиссуре не мешали проведению электроодонтодиагностики. В тех случаях,

когда, пломба перекрывала «чувствительный» участок эмали, электрод располагали на границе эмали и пломбы вблизи «чувствительной точки».



Рисунок 10 – Зубная паста, применяемая для улучшения электропроводности

При измерении электровозбудимости зубов с использованием устройств «Digitest» или «ЭндоЭст», пассивный электрод, который представляет собой металлический крючок, устанавливали на слизистую оболочку нижней губы.

В случае применения аппарата «ИВН 01 Пульптест – Про», пассивный цилиндрический электрод пациент зажимал в кулаке правой руки.

Электроодонтодиагностику исследуемых зубов каждым изучаемым типом электрического тока проводили трижды. Затем сопоставляли, полученные данные.

2.4. Оценка электропроводности зубов при проведении электроодонтодиагностики

Оценку электропроводности зубов проводили на основании теоретических положений, изложенных ниже.

Под электропроводностью зубов понимают способность тканей зуба проводить электрический ток. Величина электропроводности тканей зуба зависит от их строения и химического состава.

Величиной обратной электропроводности является электросопротивление. Следовательно, для того, чтобы оценить электропроводность зубов, необходимо определить каким электросопротивлением обладают зубы к определенному виду электрического тока.

Исследования, проведенные на первом этапе диссертационной работы, показали, что для эффективного проведения электроодонтодиагностики наиболее подходящим является использование переменного тока синусоидальной формы с частотой 50 Гц.

Таким образом, для оценки электропроводности зубов при проведении электроодонтодиагностики необходимо установить каким электросопротивлением обладают зубы к переменному току синусоидальной формы частотой 50 Гц.

В связи с тем, что при электроодонтодиагностике применяется переменный электрический ток, речь идет о комплексном электросопротивлении или, как эту величину чаще называют за рубежом, импедансе. Импеданс – это противодействие переменному электрическому току, состоит из активной и реактивной составляющих и измеряется в ом. Импеданс является векторной величиной, так как этот показатель принимает во внимание фазовый сдвиг между током и напряжением.

Модуль импеданса или модуль комплексного электросопротивления определяется следующей формулой:

$$Z = U/I \quad (1),$$

где Z – модуль комплексного сопротивления (модуль импеданса),

U – напряжение,

I – сила тока.

Следовательно, чтобы рассчитать комплексное электросопротивление (импеданс) в процессе электроодонтодиагностики необходимо измерять как силу тока, так и напряжение.

Об электропроводности зубов при проведении электроодонтодиагностики судили по модулю комплексного электросопротивления (импеданса), вычисляемого на основании силы, проходящего через зуб, электрического тока и, создаваемого аппаратом в этот момент, напряжения.

Для измерения комплексного сопротивления тканей зуба применяли переменный ток синусоидальной формы с частотой 50 Гц, генерируемый устройством «ИВН-01 ПульпТест-Про» (Россия). В процессе измерений одновременно фиксировали значения тока и напряжения, результаты которых визуализировались на экране компьютера в виде графиков (Рисунок 11).

С помощью компьютерной программы, учитывающей динамику изменения силы тока и напряжения в процессе проведения электроодонтодиагностики, вычисляли модуль комплексного электросопротивления.

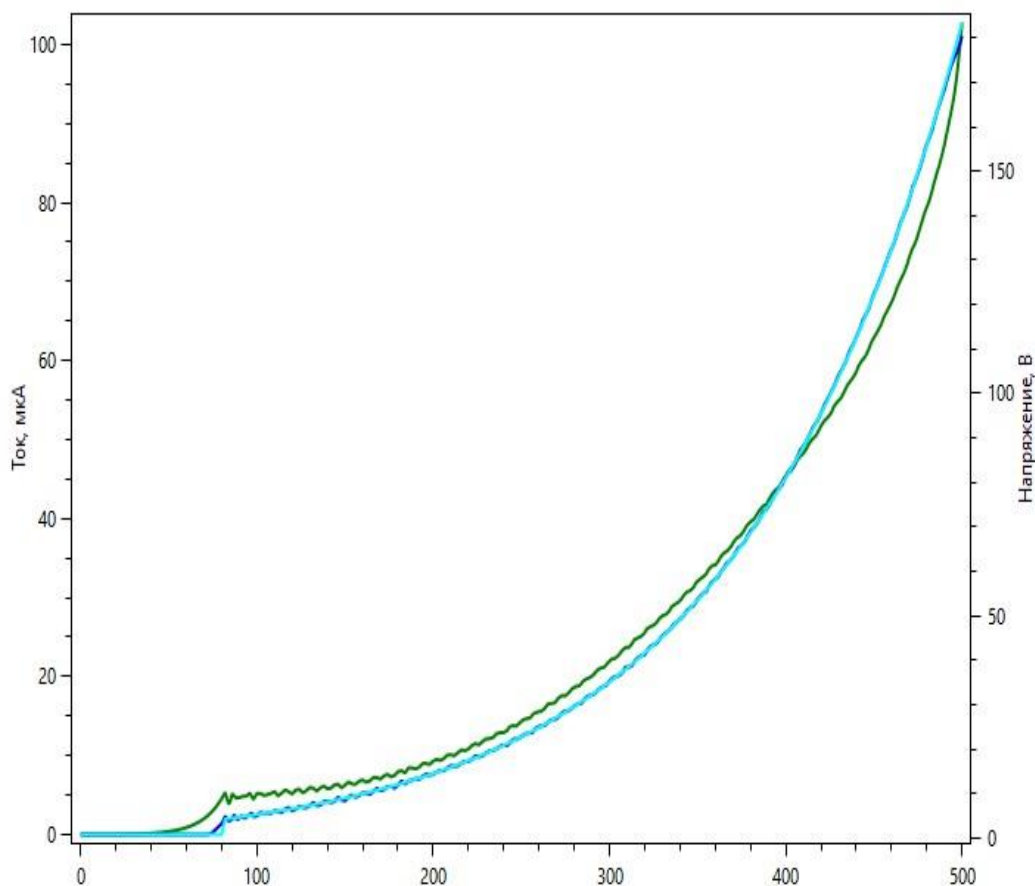


Рисунок 11 – Графическое изображение динамики изменения силы тока и напряжение при проведении электроодонтодиагностики

Вычисление комплексного электросопротивления было выполнено в ходе электроодонтодиагностики 70 пациентов в возрасте от 18 до 57 лет. Доля мужчин, принявших участие в исследовании, составила 48,6%, женщин – 51,4%. При распределении пациентов по возрастным категориям использовали классификацию ВОЗ.

Распределение обследованных пациентов по полу и возрасту представлено в Таблице 3.

В рамках исследования были проанализированы показатели 254 зубов. Из них зубы верхней челюсти составили 112 (44%), зубы нижней челюсти – 142 (56%). Исследование было проведено на 70 (27,6%) резцах, 15 (5,9%) клыках, 82 (32,3%) премолярах, 87 (34,2%) молярах.

Таблица 3 - Распределение обследованных пациентов по полу и возрасту

Пол	Возраст (лет)		Всего
	18-44	45-57	
Мужчины	22	12	34
Женщины	23	13	36
Всего	45	25	70

Все зубы, включенные в исследование, имели полностью сформированные корни. По состоянию твердых тканей зубов: 65 (25,6%) зубов не имели никакой патологии, т.е. были интактными; 52 (20,5%) имели постоянные пломбы, т.к. в этих зубах ранее было проведено лечение по поводу кариеса; в 38 (15%) зубах был обнаружен кариес дентина; в 33 (13%) зубах были выявлены необратимые формы пульпита; у 29 (11,4%) был обнаружен хронический периодонтит; 7 (2,8%) зубов имели радикулярную кисту. Эндодонтическое лечение ранее проводилось у 45 (17,7%) зубов.

По состоянию тканей пародонта у 87 зубов не отмечалась резорбция костной ткани межзубных перегородок. В области 78 зубов отмечалась неравномерная резорбция костной ткани межзубных перегородок до 1/3 длины корней зубов, т.е. рентгенологическая картина соответствовала пародонтиту легкой степени тяжести. В области 63 зубов отмечалась неравномерная резорбция костной ткани межзубных перегородок до 1/2 длины корней зубов, что соответствовало пародонтиту средней степени тяжести. В области 26 зубов отмечалась неравномерная резорбция костной ткани межзубных перегородок более 1/2 длины корней зубов, т.е. рентгенологическая картина соответствовала пародонтиту тяжелой степени.

Электросопротивление изучали под местным обезболиванием.

Электропроводность зубов оценивали на основании расчетов модуля комплексного электросопротивления.

2.5. Изучение изменений электровозбудимости зубов при различных заболеваниях челюстно-лицевой области

Изучали изменения электровозбудимости зубов при различных заболеваниях челюстно-лицевой области у 184 пациентов молодого и среднего возраста от 18 до 59 лет.

В исследовании приняли участие 98 женщин (53%) и 86 мужчин (47%).

Количество больных с различными заболеваниями челюстно-лицевой области, при которых изучали изменения электровозбудимости зубов, представлены в Таблице 4.

Таблица 4 - Количество больных с различными заболеваниями челюстно-лицевой области, при которых изучали изменения электровозбудимости зубов

Заболевания	Количество человек
Кариес	38
Пульпит	33
Хронический периодонтит	29
Травма зуба	6
Радикулярная киста	7
Доброкачественные опухоль челюстей	2
Неврит нижнего альвеолярного нерва	32
Хронический остеомиелит	2

Продолжение Таблицы 4

Обострение хронического гайморита	2
Состояние после операции на гайморовой пазухе	1
Хронический генерализованный пародонтит	34
Всего	184*
*Примечание: у двух больных неврит нижнего альвеолярного нерва протекал на фоне хронического остеомиелита нижней челюсти	

Изучение электровозбудимости зубов проводили с использованием аппарата для проведения электроодонтодиагностики «ИВН-01 Пульптест – Про» (Россия), который генерирует переменный ток синусоидальной формы с частотой 50 Гц.

2.6. Статистическая обработка результатов исследований

В данной работе статистический анализ использовался для обработки числовых данных, касающихся модуля комплексного электросопротивления и электровозбудимости зубов.

Для статистической обработки данных использовались стандартные методы и программное обеспечение Microsoft Excel и SPSS Statistics 23. В ходе анализа были вычислены среднее значение (M) и стандартное отклонение (σ), проведен корреляционный анализ. Результаты считались статистически значимыми при p -значениях меньше 0,05.

Для отображения информации применялись инструменты из набора Microsoft Office.

ГЛАВА 3. РЕЗУЛЬТАТЫ СОБСТВЕННЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

3.1. Результаты определения оптимальных параметров электрического тока для проведения электроодонтодиагностики при неврите нижнего альвеолярного нерва

Анализировали ошибки измерений, которые возникали в процессе электроодонтодиагностики при использовании различных устройств, генерирующих разные типы электрического тока.

На экране осциллографа С1 – 99 отображалась форма тока, воздействующая на ткани зуба при проведении электроодонтодиагностики.

При использовании аппарата, генерирующего импульсный постоянный ток, на экране осциллографа фиксировались прямоугольные импульсы постоянного тока, которые, в зависимости от типа генерируемого постоянного тока, имели положительную или отрицательную полярности (Рисунки 12, 13).



Рисунок 12 – Прямоугольные импульсы постоянного тока положительной полярности



Рисунок 13 – Прямоугольные импульсы постоянного тока отрицательной полярности

Импульсы повторялись с частотой от 1 до 10 Гц. Применение однополярных миандров ведет к поляризации тканей, что ограничивает проникновение постоянного тока в ткани зуба.

При проведении электроодонтодиагностики здоровых (интактных) зубов, на той стороне нижней челюсти, где неврит нижнего альвеолярного нерва отсутствовал, было выявлено, что более четкие и яркие сенсорные реакции возникали при воздействии на данные зубы импульсов постоянного тока с отрицательной полярностью.

В том случае, если активный электрод являлся катодом, электровозбудимость указанных зубов варьировались в диапазоне между 5 и 13 единицами измерения. В то время, если активный электрод являлся анодом, электровозбудимость интактных зубов была почти вдвое ниже, а цифровые показатели выше и составили от 10 до 32 единиц измерения ($p < 0,05$).

Это можно объяснить тем, что импульсы постоянного тока с положительной полярностью вызывают меньшее раздражение из-за явления анэлектротона,

которое представляет собой уменьшение возбудимости нервной ткани под анодом, что ведет к снижению чувствительности нервных рецепторов в этой области.

При проведении электроодонтодиагностики с помощью постоянного импульсного тока, на пораженной стороне нижней челюсти возникали проблемы, связанные с поляризацией тканей под действием данного вида тока. Даже при проведении электроодонтодиагностики на фоне неврита легкой степени, изучение электровозбудимости зубов оказалось неосуществимой задачей, что было связано с развивающейся поляризацией в тканях зуба, приводящей к прекращению подачи тока во время исследования. Следовательно, этот тип тока не подходит для изучения электровозбудимости зубов при неврите нижнего альвеолярного нерва.

Осциллограмма показала, что устройство «Digitest» производит переменный импульсный ток. При этом, серии импульсов уменьшаются (затухают) по своей амплитуде (Рисунок 14).

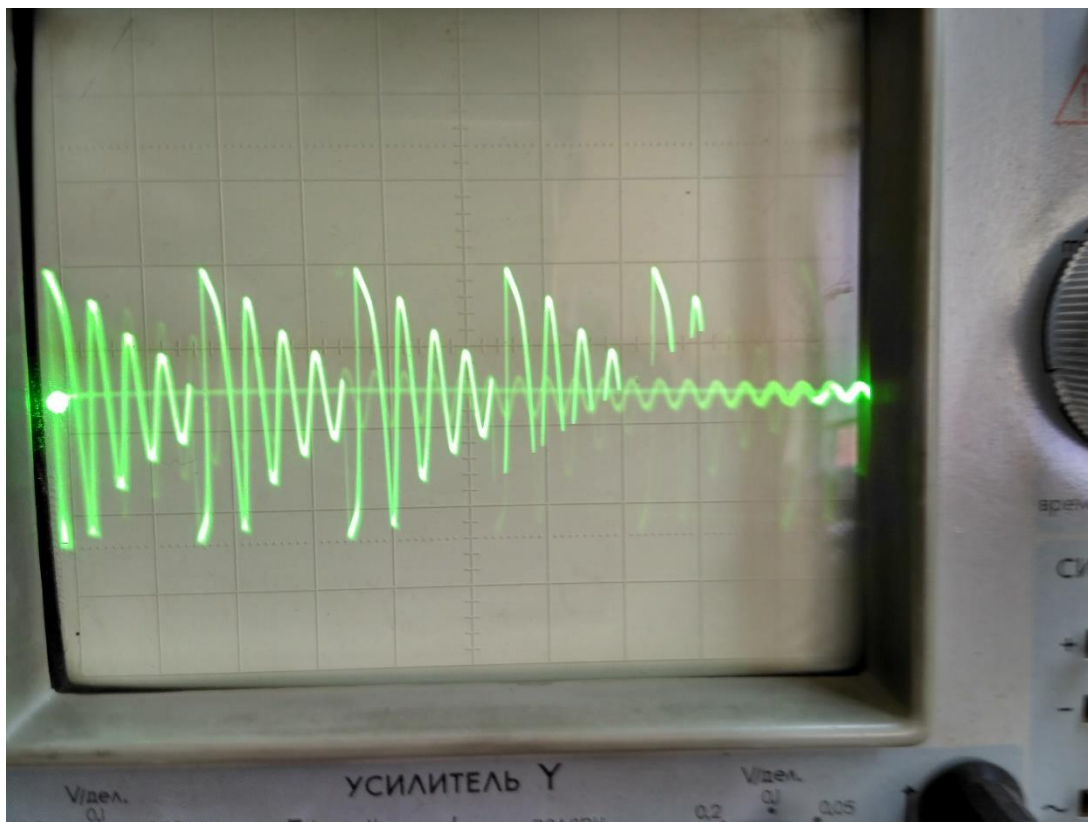


Рисунок 14 – Осциллограмма, затухающих по амплитуде импульсов переменного тока

Импульсы имеют продолжительность от 60,5 мс до 124 мс и повторяются с интервалами от 140 мс до 284 мс.

Устройство демонстрирует значительные аппаратные ошибки в измерениях, вызванных невозможностью корректного определения амплитуды, создаваемых импульсов. Дополнительные сложности при интерпретации полученных результатов измерения создает то, что на цифровом табло аппарата значения выражены не мкА, а в произвольных условных единицах, связанных не с силой тока, а с напряжением, так как цифровые значения возрастают при разомкнутой электрической цепи и нажатой кнопки «Пуск», т.е. даже в том случае, если электродом не касаются исследуемого зуба. Все вышеизложенное не позволяет точно определить реальные значения электрического тока при проведении исследования.

При проведении электроодонтодиагностики на той стороне нижней челюсти, где неврит нижнего альвеолярного нерва отсутствовал, пациенты отмечали, что при использовании данного аппарата, в интактных зубах ощущения были отчетливыми, резкими, сопровождающимися болью. Разброс показателей результатов измерений в этих зубах составил от 2 до 9 единиц измерения.

При проведении электроодонтодиагностики с использованием аппарата «Digitest», на пораженной стороне нижней челюсти при неврите легкой степени вариативность результатов была чересчур значительной и составила 20-40 единиц измерения, что затрудняло точное определение уровня электровозбудимости зубов из-за большого разброса показаний. В случаях неврита средней и тяжелой степени, создаваемого аппаратом, напряжения было недостаточно для создания максимально возможной силы тока, указанной в руководстве по эксплуатации, из-за недостаточной мощности аппарата. Таким образом, результаты исследования свидетельствуют о низкой диагностической эффективности применения аппарата «Digitest» при неврите нижнего альвеолярного нерва.

При проведении осциллографии было установлено, что аппарат «ЭндоЭст» продуцирует переменный ток в виде двухполярных прямоугольных импульсов периодичностью 50 Гц (Рисунок 15).

Использование подобных форм импульсов переменного тока способствует существенной аппаратной погрешности при выполнении измерений. Это связано с тем, что данные импульсы представляют собой прямоугольный меандр, который при анализе через разложение в ряд Фурье образует ряд синусоидальных нечетных гармоник, что и создает погрешность.

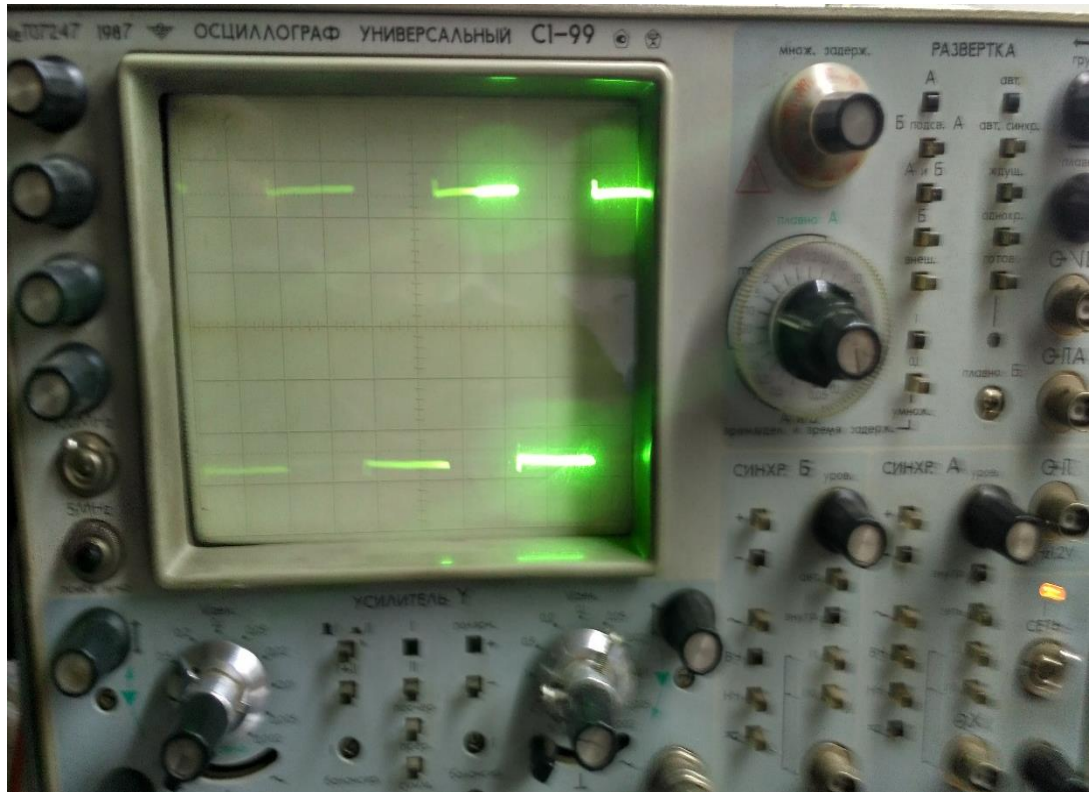


Рисунок 15 – Двухполярные прямоугольные импульсы переменного тока

При проведении электроодонтодиагностики на той стороне нижней челюсти, где неврит нижнего альвеолярного нерва отсутствовал, пациенты отмечали, что при использовании данного аппарата, в интактных зубах ощущения были малоотчетливыми и незначительными. В трех четвертях случаев интенсивность тока увеличивалась стабильно, и показания постепенно росли от 2 до 9 единиц измерения.

Однако в одной четверти случаев при проведении электроодонтодиагностики интактных зубов, данные на цифровом табло аппарата нарастали не постепенно, а

хаотично, часто по кругу от меньшего к большему и обратно, что усложняло анализ результатов.

При проведении электроодонтодиагностики с использованием аппарата «ЭндоЭст», на пораженной стороне нижней челюсти при неврите легкой степени разброс показаний был слишком большим и варьировался от 15 до 45 единиц и выше ($p < 0,05$).

Подобно использованию устройства Digitest, при неврите средней и тяжелой степени ток не достигал максимально возможных значений, указанных в руководстве по эксплуатации устройства, из-за его недостаточной мощности.

Исходя из полученных результатов исследования, использование устройства «ЭндоЭст» не может быть рекомендовано для проведения электроодонтодиагностики при неврите нижнего альвеолярного нерва из-за его низкой диагностической эффективности.

На экране осциллографа при изучении формы тока, продуцируемого устройством «ИВН-01 Пульптест – Про» фиксировался переменный ток синусоидальной формы с частотой 50 Гц (Рисунок 16).

Данная форма тока дает возможность избежать аппаратных ошибок при проведении исследования, так как подобная форма тока легко поддается анализу, и позволяет фиксировать на цифровом табло аппарата истинные значения тока в мкА.

При проведении электроодонтодиагностики на той стороне нижней челюсти, где неврит нижнего альвеолярного нерва отсутствовал, пациенты отмечали, что при использовании данного аппарата, в интактных зубах ощущения были четкими и не сопровождались болевыми ощущениями. Свои ощущения пациенты описывали как ощущения покалывания, вибрации или легкого жжения, а показания электроодонтодиагностики были от 2 до 7 мкА.

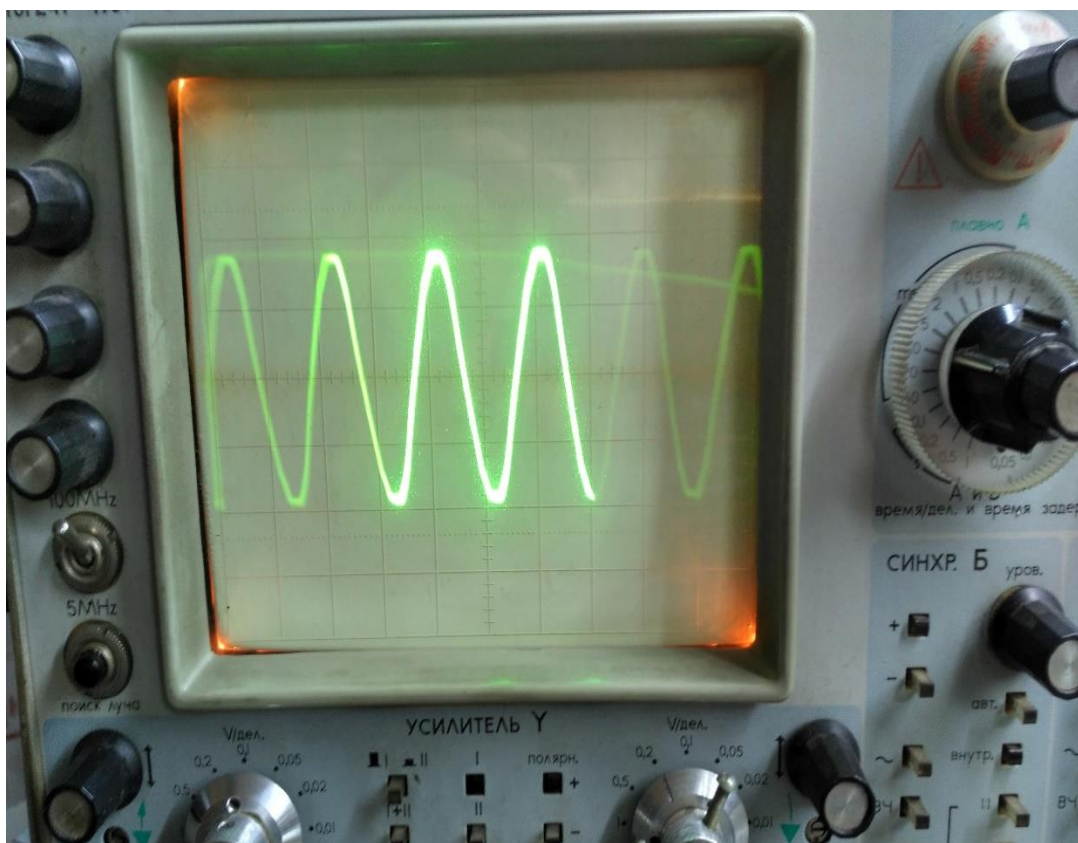


Рисунок 16 – Переменный ток синусоидальной формы

Электроодонтодиагностика, проведенная на той половине челюсти, где имелись признаки нижнего альвеолярного нерва, показала, что с увеличением тяжести неврита снижалась электровозбудимость зубов, т.е. возрастали цифровые показатели электроодонтодиагностики. При этом разброс показаний при повторных измерениях был в пределах 4-7 мкА.

Стоит подчеркнуть, что при резком снижении электровозбудимости зубов, которое сопровождалось отсутствием ощущений при проведении электроодонтодиагностики, что наблюдалось при неврите тяжелой степени, не всегда удавалось добиться максимальных значений тока в 200 мА при проведении исследования. Такие явления чаще всего возникали при исследовании интактных зубов и зубов, ранее подвергшихся лечению по поводу кариеса. Обсуждению и изучению данного феномена посвящен один из разделов нашей диссертационной работы.

Таким образом, изучение эффективности применения разных типов тока для проведения электроодонтодиагностики при неврите нижнего альвеолярного нерва показало, что наиболее эффективным является переменный ток синусоидальной формы с частотой 50 Гц. Этот ток по сравнению с другими исследуемыми видами токов показал наименьшую аппаратную и физиологическую погрешность измерений. Особенности данного вида тока является то, что он легко дозируется и анализируется аппаратом, не вызывает поляризации тканей, оказывает адекватное воздействие на рецепторный аппарат, проявляющееся в том, что этот ток вызывает чёткие, не сопровождающиеся болью ощущения, а при повторных измерениях дает минимальный разброс показаний.

3.2. Результаты оценки электропроводности зубов при проведении электроодонтодиагностики

Электропроводность зубов оценивали на основании расчетов модулей комплексного электросопротивления зубов в процессе процедуры электроодонтодиагностики.

Исследование выявило, что комплексное сопротивление (импеданс) зубов может варьироваться в значительных пределах от 120 кОм до 3500 кОм.

При этом, в комплексном электросопротивлении при проведении электроодонтодиагностики ключевую роль играет состояние твердых тканей зубов (Таблица 5).

Таблица 5 - Влияние состояния твердых тканей зуба на комплексное электросопротивление (импеданс)

Исследуемые зубы	Модуль импеданса кОм
Интактные зубы	3148 ± 236,8

Продолжение Таблицы 5

Зубы, где было проведено лечение по поводу кариеса	$2675 \pm 327,4$
Зубы с кариесом дентина	$852 \pm 445,3$
Зубы, ранее не подвергавшиеся эндодонтическому лечению, при пульпите и периодонтите, когда активный электрод располагали на дне полости зуба, в устьях корневых каналов зубов	$294 \pm 121,5$
Зубы с ранее запломбированными корневыми каналами	$1253 \pm 297,8$

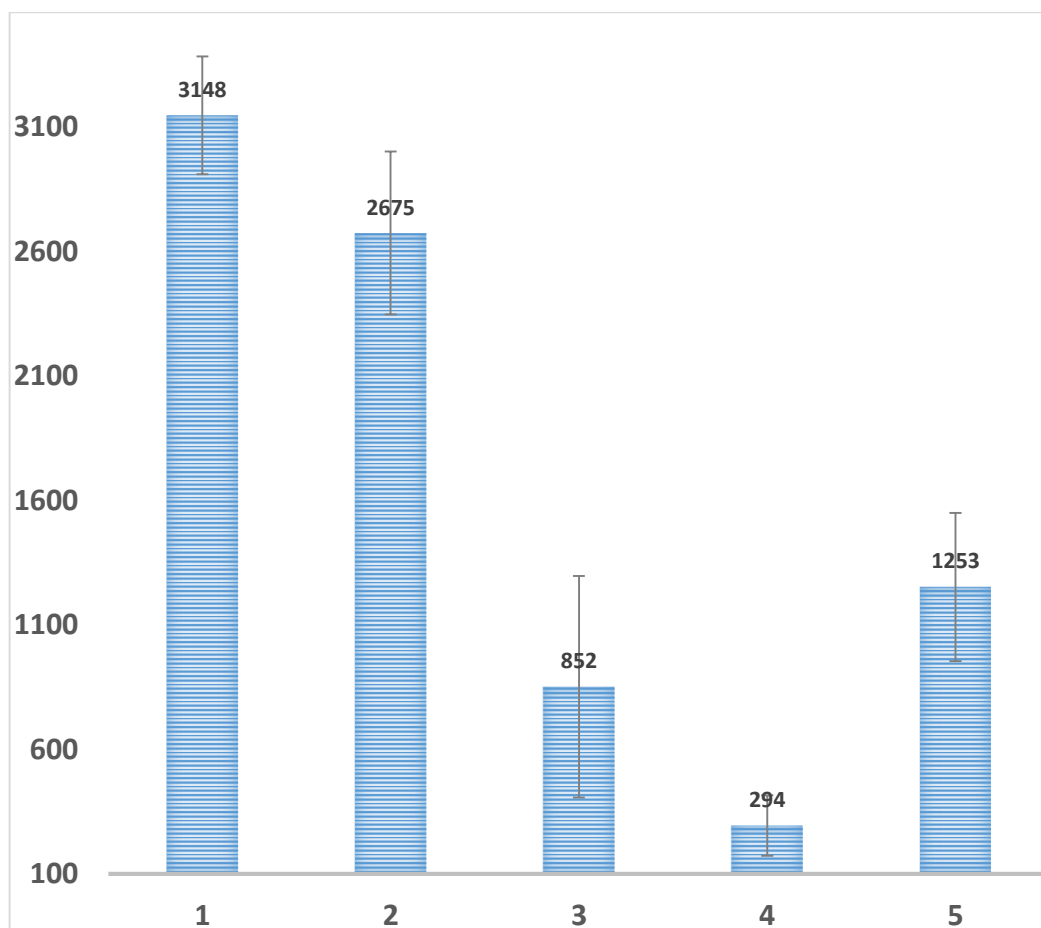
Графическое отображение полученных результатов представлено на Рисунке 17.

В зубах с полностью сохраненной эмалью, т.е. в здоровых (интактных) зубах, фиксировались самые высокие значения комплексного сопротивления электрическому току. Показания в этих случаях варьировались от 2700 кОм до 3500 кОм, достигая в среднем $3148 \pm 236,8$ кОм.

По сравнению с зубами, где эмаль была полностью сохранена, в зубах с пломбами, где лечение было ранее проведено по поводу кариеса, усредненное значение модуля комплексного электросопротивления было несколько ниже и составило $2675 \pm 327,4$ кОм. Этот показатель в данной группе варьировал от 2000 кОм до 3100 кОм. Хотя достоверных статистических отличий данного показателя по сравнению с интактными зубами не наблюдалось, отмечалась тенденция к снижению электросопротивления в зубах с нарушенной целостностью эмали,

несмотря на использование при лечении этих зубов композитных материалов, являющихся диэлектриками ($p > 0,05$).

кОм



1 – интактные зубы

2 – зубы, где было проведено лечение по поводу кариеса

3 – зубы с кариесом дентина

4 – зубы, ранее не подвергавшиеся эндодонтическому лечению, при пульпите и периодонтите, когда активный электрод располагали на дне полости зуба, в устьях корневых каналов зубов

5 – зубы с ранее запломбированными корневыми каналами

Рисунок 17 – Результаты оценки комплексного электросопротивления зубов при проведении электроодонтодиагностики

В случае кариеса дентина, когда эмаль зуба оказывалась разрушенной, а активный электрод касался дентина зуба, комплексное электрическое сопротивление колебалось между 450 и 1400 кОм, достигая в среднем $852 \pm 445,3$ кОм.

Таким образом, комплексное электросопротивление при кариесе было ниже, чем в интактных зубах и с зубами с полумбями с сохраненной пульпой. Эта разница была статистически достоверна ($p < 0,05$).

В случае расположения активного электрода в области устьев корневых каналов, что происходило при вскрытой полости зуба, в зубах с пульпитом и периодонтитом, в которых до проведения исследования эндодонтическое лечение не проводилось, результаты исследования показали минимальные значения комплексного электросопротивления по сравнению с другими исследуемыми группами, с показателями от 170 до 540 кОм и средним значением $294 \pm 121,5$ кОм.

В случаях оценки комплексного электросопротивления зубов, где было проведено эндодонтическое лечение, а в корневых каналах находился пломбировочный материал, показатели варьировали от 800 до 1900 кОм, в среднем достигая $1253 \pm 297,8$ кОм.

Сравнение комплексного электросопротивления этих зубов с другими исследуемыми группами показало, что их электросопротивление было достаточно высоким, но статистически достоверно более низким по сравнению с интактными зубами и зубами с композитными пломбами, где лечение было проведено по поводу кариеса ($p < 0,05$).

Полученные данные также свидетельствуют о том, что состояние пульпы зуба не оказывает влияния на комплексное электросопротивление зубов при проведении электроодонтодиагностики, так как наибольшим комплексным электросопротивлением обладают интактные зубы с интактной пульпой, а в зубах подвергшихся эндодонтическому лечению, где пульпа зуба отсутствует, модуль комплексного электросопротивления достоверно ниже чем у интактных зубов ($p < 0,05$).

Изучали влияние таких факторов как пол, возраст, состояние периапикальных тканей и тканей пародонта на комплексное электросопротивление зубов.

В исследовании приняли участие 34 мужчины и 36 женщин. Результаты изучения влияния пола на комплексное электросопротивление зубов представлены в Таблице 6.

Таблица 6 - Влияние пола на комплексное электросопротивление зубов

Исследуемые зубы	Модуль импеданса в общей группе (М+Ж) кОм	Модуль импеданса у мужчин кОм	Модуль импеданса у женщин кОм	P ₃₋₄
1	2	3	4	5
Интактные зубы	3148 ± 236,8	3155 ± 218,2	3141 ± 255,4	> 0,05
Зубы, где было проведено лечение по поводу кариеса	2675 ± 327,4	2656 ± 342,3	2694 ± 312,5	> 0,05
Зубы с кариесом дентина	852 ± 445,3	827 ± 458,2	877 ± 432,4	> 0,05
Зубы, ранее не подвергавшиеся эндодонтическому лечению, при пульпите и периодонтите, когда активный электрод располагали на дне полости зуба, в устьях корневых каналов зубов	294 ± 121,5	307 ± 113,3	281 ± 129,7	> 0,05
Зубы с ранее запломбированными корневыми каналами	1253 ± 297,8	1261 ± 286,6	1245 ± 309,0	> 0,05

Из представленных данных видно, что импеданс изучаемых категорий зубов не показал значимых различий между группами, состоящими из мужчин и женщин отдельно, а также в смешанной группе, включающей оба пола ($p > 0,05$).

Следовательно, пол не влияет на общее электрическое сопротивление зубов.

В рамках исследования участвовали пациенты, которые по классификации ВОЗ относились к двум возрастным группам, а именно: молодого и среднего возраста. Группу молодого возраста от 18 до 44 лет составили 45 человек, группу среднего возраста от 45 до 57 лет – 25 человек.

Результаты изучения влияния возраста на комплексное электросопротивление зубов представлены в Таблице 7.

Таблица 7 - Влияние возраста на комплексное электросопротивление зубов

Исследуемые зубы	Модуль импеданса в общей группе кОм	Модуль импеданса у пациентов в возрасте 18-44 года кОм	Модуль импеданса у пациентов в возрасте 45-57 лет кОм	P ₃₋₄
1	2	3	4	5
Интактные зубы	3148 ± 236,8	3169 ± 222,6	3127 ± 251,2	> 0,05
Зубы, где было проведено лечение по поводу кариеса	2675 ± 327,4	26,59 ± 340,7	2691 ± 314,1	> 0,05
Зубы с кариесом дентина	852 ± 445,3	840 ± 464,8	864 ± 425,8	> 0,05
Зубы, ранее не подвергавшиеся эндодонтическому лечению, при пульпите и периодонтите, когда активный электрод располагали на дне полости зуба, в устьях корневых каналов зубов	294 ± 121,5	272 ± 139,9	316 ± 103,1	> 0,05
Зубы с ранее запломбированными корневыми каналами	1253 ± 297,8	1226 ± 313,0	1280 ± 282,6	> 0,05

Как видно из данных, приведенных в таблице, модуль импеданса всех категорий исследуемых зубов не имел достоверных отличий между возрастными группами, а также общей группой, в которую входили как лица молодого, так и среднего возраста ($p > 0,05$).

Таким образом, возраст пациентов не оказывает влияние на комплексное электросопротивление зубов.

Изучали влияние состояние периапикальных тканей на комплексное электросопротивление зубов. В исследовании приняли участие 36 пациентов, у которых отмечались патологические периапикальные изменения в области исследуемых зубов. У 29 пациентов был поставлен диагноз хронический периодонтит, у 7 – радикулярная киста.

Результаты изучения влияния периапикальных изменений на комплексное электросопротивление зубов представлены в Таблице 8.

Как видно из данных, приведенных в таблице, модуль импеданса категорий исследуемых зубов не имел достоверных отличий между группой, включавших пациентов с патологическими периапикальными изменениями и группой пациентов, у которых патологические периапикальные изменения в области исследуемых зубов отсутствовали, а также общей группой, включавших пациентов обеих групп ($p > 0,05$).

Таким образом, патологические периапикальные изменения не оказывает влияние на комплексное электросопротивление зубов.

Изучали влияние состояния тканей пародонта на комплексное электросопротивление зубов.

Из 254 исследованных зубов, у 87 не отмечалась резорбция костной тканей межзубных перегородок, в области 78 наблюдался пародонтит легкой степени тяжести, в области 63 – пародонтит средней степени, в области 26 – тяжелой степени.

Результаты изучения влияния состояния тканей пародонта на комплексное электросопротивление зубов представлены в Таблице 9.

Таблица 8 - Влияние состояния периапикальных тканей на комплексное электросопротивление зубов

Исследуемые зубы	Модуль импеданса всего в группе: зубы без периапикальных изменений и с периапикальными изменениями кОм	Модуль импеданса в группе без периапикальных изменений кОм	Модуль импеданса в группе с периапикальными изменениями (хронический периодонтит и радикулярная киста) кОм	P ₃₋₄
1	2	3	4	5
Зубы, ранее не подвергавшиеся эндодонтическому лечению, при пульпите и периодонтите, когда активный электрод располагали на дне полости зуба, в устьях корневых каналов зубов	294 ± 121,5	320 ± 112,8	268 ± 130,2	> 0,05
Зубы с ранее запломбированными корневыми каналами	1253 ± 297,8	1276 ± 279,0	1230 ± 316,6	> 0,05

Как видно из данных, приведенных в таблице, модуль импеданса всех категорий исследуемых зубов не имел достоверных отличий между группой, включавшей зубы с интактным пародонтом и групп, включавшими зубы с пародонтитом разной степени тяжести ($p > 0,05$). При этом, достоверных отличий

между группами с пародонтитом разной степени тяжести также получено не было ($p > 0,05$).

Таблица 9 - Влияние состояния пародонта на комплексное электросопротивление зубов

Исследуемые зубы	Модуль импеданса при интактном пародонте кОм	Модуль импеданса при пародонтите легкой степени и кОм	Модуль импеданса при пародонтите средней степени кОм	Модуль импеданса при пародонтите тяжелой степени кОм	P ₂₋₃	P ₂₋₄	P ₂₋₅
1	2	3	4	5	6	7	8
Интактные зубы	3167 ± 215,6	3129 ± 258,0	3162 ± 219,4	3134 ± 254,2	> 0,05	> 0,05	> 0,05
Зубы, где было проведено лечение по поводу кариеса	2661 ± 340,2	2689 ± 314,6	2687 ± 310,5	2663 ± 344,3	> 0,05	> 0,05	> 0,05
Зубы с кариесом дентина	871 ± 413,5	833 ± 477,1	875 ± 417,8	829 ± 472,8	> 0,05	> 0,05	> 0,05
Зубы, ранее не подвергавшиеся эндодонтическому лечению, при пульпите и периодонтите, когда активный электрод располагали на дне полости зуба, в устьях корневых каналов зубов	225 ± 133,1	243 ± 109,9	221 ± 135,9	247 ± 107,1	> 0,05	> 0,05	> 0,05
Зубы с ранее запломбированными корневыми каналами	1281 ± 279,6	1225 ± 316,0	1279 ± 283,9	1227 ± 311,7	> 0,05	> 0,05	> 0,05

Таким образом, состояние пародонта не оказывает влияние на комплексное электросопротивление зубов.

Таким образом, результаты исследования показали, что модуль комплексного электросопротивления, а, следовательно, электропроводность тканей зуба при проведении электроодонтодиагностики могут находиться в широком диапазоне.

Наименьшей электропроводностью обладают интактные зубы и зубы с пломбами, изготовленными из композитных материалов, с сохраненной пульпой.

При расположении активного электрода на дентине при кариесе, а также в тех случаях, когда он находился в области устьев корневых каналов при раскрытой полости зуба, где эндодонтические вмешательства ранее не осуществлялись и корневые каналы не были запломбированы, электросопротивление значительно снижалось, а электропроводность возрастала.

Электропроводность зубов вновь снижается при проведении электроодонтодиагностики с поверхности эмали зубов, имеющих постоянную пломбу и ранее запломбированные корневые каналы.

Указанные обстоятельства следует учитывать при выборе методики проведения электроодонтодиагностики в каждой конкретной клинической ситуации.

Важно отметить, что электропроводность зубов также, как и их комплексное электросопротивление, не зависит от пола и возраста, состояния пульпы зуба, периапикальных тканей и состояния пародонта.

3.3. Результаты изучения изменений электровозбудимости зубов при различных заболеваниях челюстно-лицевой области

Электровозбудимость интактных постоянных зубов со сформированными корнями обычно составляет 2 - 6 мкА. Разброс показателей в 4 мкА между 2 мкА и 6 мкА говорит о физиологической – допустимой погрешности измерений, то есть

при многократном исследовании электровозбудимости одного и того же зуба разброс полученных значений в 4 мкА можно считать нормальным.

Показания электроодонтодиагностики меньше 2 мкА говорят о повышенной электровозбудимости зубов. Показания электроодонтодиагностики выше 6 мкА свидетельствуют о снижении электровозбудимости.

Таким образом, чем выше показания значения тока, тем меньшей электровозбудимостью обладает исследуемый зуб.

При оценке электропроводности зубов было установлено, что интактные зубы обладают наибольшим комплексным сопротивлением, т.е. имеют наименьшую электропроводность. В связи с этим, проходя через твердые ткани, ток не имеет возможностей растекаться по тканям и давать токи утечки. Это объясняет тот факт, что при исследовании интактных зубов с сохраненной эмалью, при отсутствии патологии ветвей тройничного нерва, зубы обладают наибольшей электровозбудимостью.

В результате наших исследований было установлено, что при отсутствии фоновой хирургической патологии, 83% интактных зубов со сформированными корнями реагировали на ток в 2 – 6 мкА (Рисунок 18).



Рисунок 18 – Показания электроодонтодиагностики интактного зуба

При этом, в 17% случаев электровозбудимость интактных зубов была снижена до 10-15 мкА. Как правило, снижение электровозбудимости наблюдалась на молярах, что, на наш взгляд, связано с токами утечки из-за невозможности полной изоляции поверхности зуба от ротовой жидкости.

По данным литературы, из-за особенностей развития иннервационного аппарата пульпы зуба третьих моляров, в некоторых случаях может наблюдаться снижение электровозбудимости этих зубов до 20 мкА. Однако, мы считаем, что высокие показания электроодонтодиагностики этих зубов связаны не с особенностями иннервации, а также обусловлены утечкой тока во время проведения исследования из-за возможных сложностей с обеспечением изоляции исследуемого зуба от слюны в связи с особенностями его анатомического расположения.

При неоднократном проведении электроодонтодиагностики, тщательном высушивании поверхности зуба и максимальной изоляцией зуба от слюны, нам всегда удавалось получить реакцию третьих моляров со сформированными корнями на ток не выше 10-15 мкА.

Следует отметить, что при оценке электропроводности интактных зубов мы не обнаружили статистически достоверного ее изменения в зависимости от пола и возраста пациентов ($p > 0,05$). При оценке электровозбудимости интактных зубов также не отмечалось достоверных отличий, связанных с полом и возрастом пациентов ($p > 0,05$).

Это позволяет нам сделать вывод о том, что при оценке результатов электроодонтодиагностики независимо от пола и возраста пациентов нужно придерживаться одинаковых ориентиров цифровых значений силы тока, характеризующих норму и патологию.

В терапевтической стоматологии электроодонтодиагностика играет важную роль при лечении кариеса и его осложнений.

В результате оценки электропроводности зубов нами было установлено, что состояние пульпы зуба не оказывает влияния на комплексное электросопротивление и электропроводность зубов. При этом, именно состояние

рецепторного аппарата пульпы зуба определяет электровозбудимость при заболеваниях зубов.

Считается, что при кариесе не происходит необратимых изменений в пульпе зуба, при этом электровозбудимость может снижаться до 20-25 мкА.

Подобные показания электровозбудимости зубов были получены нами при обследовании 38 пациентов с кариесом дентина.

Показания электроодонтодиагностики выше 25 мкА свидетельствуют о необходимости проведения депульпирования, так как в пульпе произошли изменения необратимого характера.

Показания электроодонтодиагностики выше 60 мкА говорят о гибели рецепторов коронковой пульпы, а показания электровозбудимости выше 100 мкА соответствуют полной гибели пульпы зуба.

В результате оценки электропроводности зубов было установлено, что при кариесе, т.е. при утрате целостности эмали, наблюдается тенденция к снижению комплексного электросопротивления зубов, т.е. увеличение их электропроводности. Это приводит к тому, что ток получает большую возможность, по сравнению с интактными зубами, растекаться по твердым тканям, а при изучении электровозбудимости таких зубов обнаруживается реакция на ток большей силы по сравнению с интактными зубами.

Данный факт был подтвержден результатами нашего исследования электровозбудимости зубов с пломбами и недевитализированной пульпой. Электровозбудимость этих зубов варьировала от 4 мкА до 20 мкА.

При раскрытой полости зуба, когда активный электрод располагали на устьях корневых каналов, если корневые каналы ранее не были запломбированы, были зафиксированы наибольшая электропроводность и наименьшее комплексное электросопротивление по сравнению с другими зубами.

При этом, когда мы сталкивались с язвенной формой хронического пульпита, т.е. когда в корневых каналах находились остатки частично некротизированной пульпы, электровозбудимость составляла от 70 мкА до 100 мкА, что наблюдалось у 33 обследованных пациентов.

В случае полного некроза пульпы, показания электроодонтодиагностики были выше 100 мкА (Рисунок 19).



Рисунок 19 – Показание электроодонтодиагностики при полной гибели пульпы зуба

В зубах, ранее подвергшихся эндодонтическому лечению, когда корневые каналы были запломбированы, а коронковая часть зуба была восстановлена с помощью композитного пломбирочного материала, комплексное электросопротивление зубов находилось на относительно высоком уровне. Очевидно, в связи с низкой электропроводностью таких зубов, у 19% пациентов при проведении электроодонтодиагностики электрический ток не поднимался выше 70 мкА. При этом, какие-либо ощущения в исследуемых зубах отсутствовали. В остальных случаях, после проведенного эндодонтического лечения электровозбудимость зубов была выше 100 мкА.

Изучали изменения электровозбудимости при травме зубов.

Под наблюдением находились 6 пациентов, у которых в области резцов верхней челюсти, в результате травматического повреждения, произошел перелом

коронки без вскрытия полости зуба. У всех пациентов клиническая картина острого пульпита и острого периодонтита отсутствовала.

У двух пациентов электровозбудимость травмированных зубов находилась в пределах 4-7 мкА, что свидетельствовало об отсутствии повреждения сосудисто-нервного пучка. У четырех пациентов электровозбудимость была снижена от 60 мкА до полного отсутствия реакции на ток в 200 мкА (Рисунок 20).



Рисунок 20 – Больной Б., 22 года, зуб 2.1 – перелом коронки без вскрытия полости зуба. Через 2 недели после травмы зуба показания электроодонтодиагностики 72 мкА

При обследовании данных больных учитывали то обстоятельство, что снижение электровозбудимости зубов при травме может быть связано как с развитием травматического неврита, так и с разрывом сосудисто-нервного пучка, приводящего к гибели пульпы зуба.

Повторные измерения травмированных зубов проводили 1 раз в две недели. У трех пациентов, в ходе повторных обследований наблюдалась положительная динамика, проявлявшаяся в снижении показаний электроодонтодиагностики и

постепенным возвращением электровозбудимости зубов к нормальным значениям, т.е. 2-6 мкА. Продолжительность восстановления электровозбудимости этих зубов составило 4-6 недель.

У одного пациента положительная динамика отсутствовала. Через 4 недели после травмы травмированный резец верхней челюсти не реагировал на ток в 200 мкА, вертикальная перкуссия зуба была болезненной. Была диагностирована гибель пульпы зуба в результате травмы, зуб был подвергнут эндодонтическому лечению.

Результаты изучения комплексного электросопротивления зубов при проведении электроодонтодиагностики показали, что состояние периапикальных тканей не оказывают влияния на электропроводность.

Нами было проведено изучение изменения электровозбудимости зубов при хроническом периодонтите у 29 пациентов.

При хроническом периодонтите электровозбудимость зубов у 85% больных была выше 100 мкА. При этом, в зубах, ранее подвергшихся эндодонтическому лечению, при проведении электроодонтодиагностики ток не поднимался выше 60-70 мкА, что было связано с высоким комплексным электросопротивлением зубов с ранее запломбированными корневыми каналами. При этом, в исследуемых зубах характерные ощущения, возникающие при проведении электроодонтодиагностики, отсутствовали. Количество таких зубов составило 15% от общего числа зубов с хроническим периодонтитом.

В зубах, ранее не подвергавшихся эндодонтическому лечению, которые составили 47% от общего количества зубов с хроническим периодонтитом, в силу их относительно высокой электропроводности, при проведении электроодонтодиагностики удалось получить ток выше 150 мкА. Из них, у 24% зубов электровозбудимость колебалась между 160 и 190 мкА, тогда как 23% зубов не реагировали на ток величиной 200 мкА.

В то время как в зубах, подвергшихся эндодонтическому лечению, которые составили 38% от общего количества зубов с хроническим периодонтитом, при проведении электроодонтодиагностики сила тока не поднималась выше 120-150

мкА. При этом, ощущения в исследуемых зубах при данной силе тока отсутствовали.

Изучали электровозбудимость зубов при радикулярных кистах и опухолях челюстей.

Под наблюдением находились 7 больных с радикулярными кистами и 2 пациента с доброкачественными опухолями челюстей: у одного пациента была диагностирована амелобластома, у другого – остеобластокластома.

В причинных зубах при радикулярных кистах электровозбудимость отсутствовала. При этом, в трех случаях зубы не реагировали на ток в 200 мкА, в четырех случаях ток не поднимался выше 115-160 мкА. Реакция на данную силу тока в исследуемых зубах также отсутствовала.

В пяти из семи случаев электровозбудимость, прилегающих к кисте зубов, находилась в пределах 2-15 мкА, что свидетельствовало об отсутствии вовлечения примыкающих к кисте зубов в патологический процесс, т.е. киста не сдавливала сосудисто-нервные пучки, расположенных рядом с ней зубов.

В двух случаях наблюдалось снижение электровозбудимости, расположенных рядом с кистой зубов: в одном случае до 45 мкА, в другом до 67 мкА. В связи с тем, что в обоих случаях планировалось проведение операции цистэктомии, примыкающие к кисте зубы, электровозбудимость которых была снижена, были депульпированы, а корневые каналы запломбированы. Это было связано с тем, что снижение электровозбудимости, примыкающих к кисте зубов, свидетельствует о том, что киста стала сдавливать сосудисто-нервные пучки этих зубов. Во время хирургического вмешательства часто происходит повреждение этих пучков, которые уже были сдавлены кистой.

При опухолях челюстей с помощью электроодонтодиагностики оценивали распространённость патологического процесса, так как в ходе роста опухоли она сдавливает сосудисто-нервные пучки зубов, что приводит к снижению их электровозбудимости.

У обоих больных с амелобластомой и остеобластокластомой отмечалось снижение электровозбудимости зубов в области расположения опухоли. При этом,

констатируя снижение электровозбудимости зубов, не всегда удавалось оценить степень ее снижения, так как при исследовании зубов с полностью сохраненной эмалью, сила тока не поднималась выше 37-49 мкА, а ощущения в исследуемых зубах отсутствовали.

Изучали изменение электровозбудимости зубов после проведения местной анестезии у 70 больных.

После проведения местной анестезии электровозбудимость зубов резко снижалась, вплоть до полного ее отсутствия, т.е. на ток в 200 мкА зубы не реагировали. Однако, оценить степень снижения электровозбудимости зубов не всегда представлялось возможным, так как при проведении электроодонтодиагностики, из-за низкой электропроводности зубов, в определенных случаях ток не поднимался до максимальных значений в 200 мкА. Чаще всего подобная ситуация наблюдалась в интактных зубах, реже в зубах, где ранее было проведено лечение по поводу кариеса и в зубах, подвергшихся эндодонтическому лечению.

В 76% случаях при исследовании интактных зубов ток не достигал 60 мкА, варьируя в пределах от 37 мкА до 55 мкА.

В зубах с композитными пломбами и сохраненной жизнеспособной пульпой электрический ток в 48% случаев при исследовании электровозбудимости этих зубов был ниже 100 мА и колебался в пределах от 42 мкА до 87 мкА.

В депульпированных зубах с запломбированными корневыми каналами в 19% случаев при проведении электроодонтодиагностики ток был ниже 100 мкА.

Изучали электровозбудимость зубов при неврите нижнего альвеолярного нерва, который развился вследствие травматического удаления нижнего третьего моляра. В исследовании приняли участие 32 пациента. При этом, у двух пациентов неврит протекал на фоне остеомиелита нижней челюсти.

Электровозбудимость зубов снижалась в зависимости от степени тяжести неврита.

У 53,1% пациентов отмечалась незначительное снижение электровозбудимости интактных зубов в пределах 17-25 мкА.

У 28,1% пациентов электровозбудимость интактных зубов и зубов, в которых ранее было проведено лечение по поводу кариеса, была снижена от 26мкА до 49 мкА.

В группе 18,8% пациентов, страдающих от тяжелой формы неврита, электрическое сопротивление в здоровых зубах с неповрежденной эмалью было настолько высоким, что во время исследования ток не превышал 60 мкА

При неврите тяжелой степени, который наблюдался у 18,8% обследованных, в зубах, где целостность эмали не была нарушена, т.е. зубы были интактными, подаваемый аппаратом электрический ток не достигал 60 мкА, что было связано с низкой электропроводностью этих зубов. Только у половины зубов с витальной пульпой, ранее подвергшихся лечению по поводу кариеса, при проведении исследования ток поднимался выше 100 мкА. При этом, у всех пациентов данной группы ощущения отсутствовали.

При обострении хронического гайморита, а также в ранние сроки после проведения операции на гайморовой пазухе, из-за сопутствующего неврита мы также наблюдали снижение электровозбудимости моляров и премоляров, корни которых располагались близко к дну гайморовой пазухи.

Изучали электровозбудимость зубов у двух пациентов с обострением хронического гайморита и у одного больного после операции на верхнечелюстной пазухе.

У одного из больных при обострении гайморита показания электроодонтодиагностики повысились до 30-45 мкА. У другого пациента при обострении хронического воспалительного процесса в верхнечелюстной пазухе, а также больного, которому было проведено хирургическое вмешательство в области верхнечелюстной пазухи, при электроодонтодиагностике интактных зубов с сохраненной целостностью эмали сила тока не поднималась выше 49-55 мкА. При этом, характерные ощущения, возникающие при проведении электроодонтодиагностики, у данных пациентов отсутствовали.

Анализ электропроводности зубов при пародонтите разной степени тяжести показал, что электропроводность не зависит от состояния пародонта.

Изучали изменения электровозбудимости зубов при хроническом генерализованном пародонтите у 34 больных. Пародонтит легкой степени тяжести наблюдался у 10 больных, средней – у 11, тяжелой – у 13.

Результаты исследования показали, что при пародонтите показания электроодонтодиагностики никак не связаны с уровнем резорбции костной ткани альвеолярных отростков или степенью подвижности зубов, а зависят от состояния пульпы зуба.

Только в двух случаях при пародонтите тяжелой степени, когда глубина пародонтальных карманов была более 6 мм, мы наблюдали снижение электровозбудимости зубов, что было связано с развитием ретроградного пульпита. В одном случае электровозбудимость исследуемого зуба была снижена до 43 мкА, в другом – до 52 мкА.

Подводя итог результатам исследования электровозбудимости зубов при различных стоматологических заболеваниях можно сделать вывод о том, что при анализе электровозбудимости зубов необходимо учитывать их электропроводность.

При проведении электроодонтодиагностики может складываться ситуация, когда во время проведения исследования, на цифровом информационном табло показатели силы тока, достигнув какого-либо значения, перестают увеличиваться.

Это связано с тем, что исследуемый зуб имеет очень большое электросопротивление, а электрического напряжения, создаваемого аппаратом, оказывается недостаточно, чтобы преодолеть это сопротивление.

Наиболее часто подобная ситуация может наблюдаться в интактных зубах с сохраненной эмалью, реже в зубах, подвергшихся лечению по поводу кариеса или эндодонтическому лечению, при изучении электровозбудимости этих зубов на фоне неврита ветвей тройничного нерва или предварительно проведенной анестезии.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Электроодонтодиагностика представляет собой метод диагностики, который использует электрический ток для оценки состояния иннервационной системы зубов. Использование этого метода в стоматологии считается столь же важным, как и выполнение рентгеновских исследований.

В методе электроодонтодиагностики применяется способность нервной ткани реагировать на электрическое стимулирование. В процессе проведения этой процедуры регистрируют минимальное значение электрического тока, вызывающее ответную реакцию рецепторов пульпы зуба или периодонта, если пульпа погибла. Электрический ток легко дозируется и не оказывает повреждающего воздействия на нервно-рецепторный аппарат исследуемых зубов. Данный метод обосновал и разработал советский ученый Лев Рувимович Рубин в 1949 году, а дальнейшие исследования в этой области проводились под руководством профессора Олега Ивановича Ефанова.

Были проведены обширные отечественные исследования, позволившие выработать стандарты оценки характеристик электрического тока, применяемого в электроодонтодиагностике, а также разработать соответствующее оборудование. В начале 90-х годов использование электроодонтодиагностики в нашей стране столкнулось с трудностями. Это было связано с тем, что после распада страны и развала экономики, производство национального оборудования для электроодонтодиагностики было временно остановлено. В связи с этим, начали использоваться иностранные устройства для диагностики состояния пульпы. Техника применения этих устройств напоминала отечественные подходы в электроодонтодиагностике. Сегодня на российском рынке доступно множество как зарубежных, так и отечественных устройств, предназначенных для определения состояния иннервации зубов.

Разнообразные устройства производят различные типы электрического тока, что затрудняет анализ данных исследований. Из-за использования разнообразных токов результаты исследований часто не могут быть сопоставлены между собой.

Поэтому вопросы качества и стандартизации используемого оборудования остаются важными, так как применение некачественной аппаратуры для электроодонтодиагностики может привести к ошибкам в диагностике и подрыву доверия к методу.

В своей практике хирурги-стоматологи сталкиваются с изменением электровозбудимости зубов. Однако, если в терапевтической стоматологии изменение электровозбудимости зубов, как правило, связано с воспалением или гибелью пульпы зуба, то в хирургической стоматологии показатели электроодонтодиагностики чаще меняются при нарушениях проводимости и травме соответствующих ветвей тройничного нерва. При этом, у хирургов-стоматологов часто возникают сложности с интерпретацией полученных результатов. Проблема связана с недостаточной информированностью врачей о том, что электровозбудимость зубов может меняться не только при заболеваниях пульпы зуба, а также со сложностями, которые могут возникнуть при проведении самого исследования. Врачи сталкиваются с ситуацией, когда при проведении электроодонтодиагностики сила тока, достигнув определенного значения, выше не поднимается, что может трактоваться врачами как неисправность или низкое качество, используемого аппарата для проведения исследования.

Разъяснению, указанных выше, вопросов посвящена данная диссертационная работа.

Целью исследования было: повышение эффективности диагностических мероприятий, за счет оценки электропроводности и электровозбудимости зубов, у больных хирургического стоматологического профиля.

С этой целью оценивали электровозбудимость и электропроводность зубов у 184 пациентов молодого и среднего возраста с различными заболеваниями челюстно-лицевой области.

Исследование состояло из трех этапов.

Первый этап исследования был посвящен определению оптимальных параметров электрического тока для проведения электроодонтодиагностики.

В исследовании приняли участие 32 пациента. У всех пациентов наблюдался неврит нижнего альвеолярного нерва. Причиной развития неврита у всех больных было сложное травматическое удаление третьего моляра нижней челюсти.

Оценивали диагностическую эффективность четырех различных типов электрического тока при неврите нижнего альвеолярного нерва травматического происхождения.

В результате выполнения этого этапа исследования был выявлен тип тока, применение которого при проведении электроодонтодиагностики оказалось наиболее эффективным. Это дало возможность перейти ко второму этапу исследования, который был посвящен оценке электропроводности и комплексного сопротивления зубов при проведении электроодонтодиагностики.

Было проведено изучение данных показателей у 70 пациентов. Эти больные имели различные стоматологические заболевания. Определяли комплексное электросопротивление (импеданс) на 254 зубах.

На третьем этапе исследования изучали изменения показаний электроодонтодиагностики при различных патологиях челюстно-лицевой области.

Всего на данном этапе было проведено обследование 184 пациентов с различными заболеваниями челюстно-лицевой области.

Электровозбудимость зубов на третьем этапе исследования и оценку комплексного электросопротивления на втором этапе осуществляли с помощью переменного тока синусоидальной формы с частотой 50 Гц.

Изученную электровозбудимость зубов и результаты оценки электропроводности этих зубов сопоставляли между собой.

Как было сказано выше, на первом этапе исследования изучали вопрос определения оптимального вида электрического тока при проведении электроодонтодиагностики у пациентов хирургического стоматологического профиля.

Учитывая то обстоятельство, что при хирургической патологии челюстно-лицевой области снижение электровозбудимости зубов чаще всего связано с травматическим повреждением и воспалением периферических ветвей

тройничного нерва, в качестве объекта для проведения исследования нами были выбраны больные с невритом нижнего альвеолярного нерва. У всех больных развился вследствие сложного травматического удаления третьего моляра нижней челюсти.

Применение электроодонтодиагностики при данной патологии позволяет определить степень нарушения чувствительности нервных волокон, уточнить зону поражения и контролировать эффективность лечения.

Изучали диагностическую ценность четырех видов электрического тока, а именно:

- постоянного импульсного тока как положительной, так и отрицательной полярности, частотой от 1-10 Гц;
- импульсного переменного тока, затухающего по амплитуде, с длительностью импульсов от 60,5мс до 124мс и периодичностью их повторения от 140мс до 284мс;
- двухполярного импульсного тока прямоугольной формы, частотой 50 Гц;
- переменного синусоидального тока, частотой 50 Гц.

Изучали погрешность измерений при проведении электроодонтодиагностики с помощью того или иного вида электрического тока. Учитывали то обстоятельство, что погрешность измерений может складываться из аппаратной ошибки и физиологической погрешности.

В результате исследования установлено, что при неврите нижнего альвеолярного нерва наиболее эффективным является переменный ток синусоидальной формы с частотой 50 Гц. Этот ток по сравнению с другими исследуемыми видами токов показал наименьшую аппаратную и физиологическую погрешность измерений. Особенности данного вида тока является то, что он легко дозируется и анализируется аппаратом, не вызывает поляризации тканей, оказывает адекватное воздействие на рецепторный аппарат, проявляющееся в том, что этот ток вызывает чёткие, не сопровождающиеся болью ощущения, а при повторных измерениях дает минимальный разброс показаний.

Данные, полученные в ходе нашего исследования подтверждают результаты предыдущих работ, изучавших электровозбудимость зубов при отсутствии какой-либо патологии, а также при кариесе и его осложнениях.

Таким образом, этот тип тока может быть рекомендован в качестве эталона для проведения электроодонтодиагностики как у больных терапевтического, так и хирургического стоматологического профиля.

Полученные нами данные позволяют сформулировать требования к современному аппарату для проведения электроодонтодиагностики.

Аппарат должен быть удобен в работе, иметь относительно небольшие размеры, питание аппарата должно осуществляться за счет аккумуляторной батареи. Важно, чтобы аппарат обеспечивал два режима работы, а именно: работу без ассистента-помощника и работу с ассистентом-помощником.

Наличие режима работы с ассистентом-помощником необходимо в тех случаях, когда нежелательно, чтобы у пациента в руке находилась кнопка подачи и прекращения подачи электрического тока, например, при проведении электроодонтодиагностики у детей.

Главным требованием к аппарату для проведения электроодонтодиагностики является то, что он должен продуцировать переменный ток синусоидальной формы, частотой 50 Гц. Также важным является обеспечение электробезопасности процедуры и предотвращение возможности создания ситуаций, когда электрический ток может вызвать чрезмерные болевые ощущения или получит возможность оказать повреждающее воздействие на ткани. В связи с этим, устройство должно быть строго ограничено по напряжению и максимальному току во время исследования. Максимально допустимый уровень тока не должен превышать 200 мкА, а для обеспечения безопасности процедуры, согласно государственным стандартам, напряжение не должно быть выше 120 вольт амплитудного значения.

В ходе выполнения диссертационной работы, на первом этапе исследования было зафиксировано важное наблюдение, которое заключалось в том, что при использовании всех типов электрического тока, не вызывающих поляризацию

тканей, т.е. при использовании всех видов переменного тока, эффективность которых мы изучали в нашем исследовании, ток часто не нарастал до максимальных значений, указанных в техническом описании к аппарату. Это происходило на фоне отсутствия каких-либо ощущений у пациентов во время проведения процедуры, что было обусловлено степенью тяжести неврита, а отсутствие нарастания тока, вероятно, было связано с избыточным электросопротивлением. Подобная ситуация складывалась и при использовании оптимального вида тока, т.е. переменного тока синусоидальной формы с частотой 50 Гц. При проведении электроодонтодиагностики с использованием данного типа тока, указанные явления наблюдались при неврите тяжелой степени при резко сниженной электровозбудимости зубов. Это чаще всего происходило при проведении электроодонтодиагностики интактных зубов с полностью сохраненной эмалью зуба, немного реже при исследовании зубов с композитными пломбами с сохраненной пульпой, т.е. при вылеченном кариесе.

В связи с выше изложенным, у практикующих врачей возникают вопросы относительно того, почему не всегда возможно достичь максимальных показателей тока при определении электровозбудимости зубов и как следует интерпретировать результаты таких измерений.

Это обстоятельство свидетельствует об актуальности изучения электропроводности зубов при проведении электроодонтодиагностики.

В связи с этим, нами осуществлен второй этап исследований, который был посвящен оценке электропроводности зубов во время процедуры электроодонтодиагностики.

Для изучения электропроводности зубов оценивали модуль комплексного электросопротивления при прохождении через ткани зуба электрического тока, применяемого при проведении электроодонтодиагностики, а, именно, переменного тока синусоидальной формы, частотой 50 Гц.

Исследование показало, что электропроводность и комплексное электросопротивление зубов зависят от состояния твердых тканей зуба. При этом, пол и возраст не имеют значения. Кроме того, состояние пульпы зуба и наличие

или отсутствие периапикальных изменений не влияют на указанные показатели. Это относится и к состоянию тканей пародонта, т.е. уровень резорбции костной ткани и степень подвижности зубов не влияют на электропроводность при проведении электроодонтодиагностики.

В зубах с полностью сохраненной эмалью, т.е. в здоровых (интактных) зубах, фиксировались самые высокие значения комплексного сопротивления электрическому току, достигая в среднем $3148 \pm 236,8$ кОм.

По сравнению с зубами, где эмаль была полностью сохранена, в зубах с пломбами, где лечение было ранее проведено по поводу кариеса, усредненное значение модуля комплексного электросопротивления было несколько ниже и составило $2675 \pm 327,4$ кОм. Хотя достоверных статистических отличий данного показателя по сравнению с интактными зубами не наблюдалось, отмечалась тенденция к снижению электросопротивления в зубах с нарушенной целостностью эмали, несмотря на использование при лечении этих зубов композитных материалов, являющихся диэлектриками ($p > 0,05$).

В случае кариеса дентина, когда эмаль зуба оказывалась разрушенной, а активный электрод касался дентина зуба, комплексное электрическое сопротивление достигало в среднем $852 \pm 445,3$ кОм.

В случае расположения активного электрода в области устьев корневых каналов, что происходило при вскрытой полости зуба, в зубах с пульпитом и периодонтитом, в которых до проведения исследования эндодонтическое лечение не проводилось, результаты исследования показали минимальные значения комплексного электросопротивления по сравнению с другими исследуемыми группами. В данных зубах этот показатель составил $294 \pm 121,5$ кОм.

В случаях оценки комплексного электросопротивления зубов, где было проведено эндодонтическое лечение, а в корневых каналах находился пломбировочный материал, показатели в среднем достигали $1253 \pm 297,8$ кОм.

Эти результаты опровергают расхожее мнение многих практикующих врачей о том, что зубы с запломбированными корневыми каналами должны иметь значительно меньшую электропроводность по сравнению с другими зубами.

Сравнение комплексного электросопротивления этих зубов с другими исследуемыми группами показало, что их электросопротивление было достаточно высоким, но статистически достоверно более низким по сравнению с интактными зубами и зубами с композитными пломбами, где лечение было проведено по поводу кариеса ($p < 0,05$).

Таким образом, результаты исследования показали, что при прохождении через ткани зуба тока, применяемого при электроодонтодиагностике, модуль комплексного электросопротивления и соответственно электропроводимость тканей зуба могут варьироваться в значительных пределах.

Наименьшей электропроводностью обладают интактные зубы и зубы с композитными пломбами, где был вылечен кариес. Относительно низкой электропроводностью обладают также зубы с запломбированными корневыми каналами.

В тех случаях, когда при проведении электроодонтодиагностики активный электрод контактирует с дентином зуба, что наблюдается при кариесе, а также находится в области устьев корневых каналов в зубах с незапломбированными корневыми каналами, электросопротивление значительно снижается, а электропроводность возрастает.

Указанные обстоятельства следует учитывать при выборе методики проведения электроодонтодиагностики в каждой конкретной клинической ситуации.

При использовании устройств, предназначенных для проведения электроодонтодиагностики необходимо знать, что данные устройства из соображений электробезопасности имеют ограничения по напряжению, а, следовательно, вырабатываемый аппаратами ток имеет ограничения по силе, что связано с комплексным электросопротивлением или электропроводностью тканей, к которым прикладывается данное напряжение. В связи с этим, из-за высокого электрического сопротивления отдельных исследуемых зубов, ток может не достигать максимально возможных значений.

Подобные проблемы не возникают при проведении электроодонтодиагностики в зубах, обладающих низким электросопротивлением, например, при лечении кариеса, пульпита, а также в тех случаях, когда при раскрытой полости зуба оценивают состояние корневой пульпы в зубах, где эндодонтическое лечение до этого не применялось.

Сложности, связанные с прохождением тока через ткани зуба, при проведении электроодонтодиагностики могут возникнуть в зубах с высоким комплексным электросопротивлением. К таким зубам, прежде всего, относятся интактные зубы с полностью сохраненной эмалью, а также зубы с композитными пломбами, где было проведено лечение кариеса. На электровозбудимость именно этих зубов рекомендуют ориентироваться при определении степени тяжести неврита ветвей тройничного нерва или при изучении эффективности местного обезболивания. И в том и в другом случаях, электровозбудимость зубов может быть резко снижена, т.е. ответная реакция рецепторного аппарата должна быть получена на ток достаточно большой силы. Однако такой ток не всегда можно получить за счет напряжения, создаваемого аппаратом, из-за низкой электропроводности и высокого электросопротивления исследуемых зубов.

Сложности также могут возникать при необходимости проведения электроодонтодиагностики в зубах с ранее запломбированными корневыми каналами. Для преодоления высокого электросопротивления можно попытаться увеличить площадь контакта активного электрода с тканями зуба. В связи с этим, рекомендуют повторить исследование, используя дополнительную порцию вещества, выполняющего роль контактной среды, например, токопроводящую зубную пасту.

Когда требуется исследовать электровозбудимость зубов с ранее запломбированными корневыми каналами можно также рекомендовать удалить пломбу и провести электроодонтодиагностику непосредственно с устьев каналов. Данная манипуляция может позволить не только уменьшить избыточное электросопротивление, но и облегчит возможность поиска остатков пульпы отдельно в каждом корневом канале.

Если манипуляции, направленные на преодоление высокого электросопротивления, не дают желаемого результата, следует зафиксировать в медицинской карте максимальное значение тока, подчеркнув отсутствие электровозбудимости и то, что ток не увеличивался выше этих значений.

Третий этап нашего исследования был посвящен изучению изменений электровозбудимости зубов при различных заболеваниях челюстно-лицевой области.

Результаты исследования показали, что, если электропроводность определяется состоянием твердых тканей зуба, то электровозбудимость зубов зависит от состояния нервных рецепторов пульпы и периодонта, а также от состояния волокон ветвей тройничного нерва, передающих нервный импульс в центральную нервную систему.

При сформированном рецепторном аппарате, отсутствии патологии пульпы зуба и не нарушенной проводимости соответствующих ветвей тройничного нерва, зубы обладают высокой электровозбудимостью, т.е. реагируют на низкую силу тока, обычно, 2-6 мкА.

Разброс показаний электроодонтодиагностики в 4 мкА вполне допустим, так как соответствует физиологической погрешности измерений, связанной с реакцией нервных рецепторов.

В результате наших исследований было установлено, что при отсутствии фоновой хирургической патологии, 83% интактных зубов со сформированными корнями реагировали на ток в 2 – 6 мкА

При этом, в 17% случаев электровозбудимость интактных зубов была снижена до 10-15 мкА, что было связано с токами утечки из-за невозможности обеспечения полной изоляции поверхности зуба от ротовой жидкости.

В результате оценки электропроводности зубов было установлено, что наибольшим электросопротивлением и наименьшей электропроводностью обладают интактные зубы с полностью сохраненной эмалью. Высокое электросопротивление, хотя и меньшее по сравнению с интактными зубами,

отмечается у зубов, подвергшимся лечению по поводу кариеса и у депульпированных зубов с запломбированными корневыми каналами.

При кариесе и пульпите электровозбудимость зубов снижается. В связи с этим, в клинике терапевтической стоматологии электроодонтодиагностику широко используют для оценки состояния пульпы зуба. В этом случае, создаваемое аппаратом напряжение является достаточным, так как дает возможность преодолеть электросопротивление исследуемых зубов. Это связано с тем, интактные зубы реагируют на небольшую силу тока, а при кариесе, пульпите и периодонтите целостность эмали, как правило, нарушена, в силу чего электросопротивление этих зубов снижено.

Проблемы появляются при оценке электровозбудимости зубов, ранее подвергшихся эндодонтическому лечению. В результате нашего исследования было установлено, что в 19% случаев при проведении электроодонтодиагностики таких зубов максимальная сила тока не превышала 100 мкА из-за низкой электропроводности, что не давало возможности достоверно оценить степень снижения электровозбудимости.

Подобная ситуация, связанная с оценкой электровозбудимости депульпированных зубов, в практической деятельности стоматологов встречается часто. В связи с этим, среди стоматологов укоренилось мнение, что именно депульпированные зубы с запломбированными корневыми каналами, из-за обезвоживания дентина зубов, обладают наибольшим электросопротивлением по сравнению с другими зубами.

Наше исследование показало, что это не так. Зубы, подвергшиеся эндодонтическому лечению, хотя и обладают достаточно высоким электросопротивлением, однако уступают интактным зубам с сохраненной целостностью эмали, чья электропроводность еще ниже чем у депульпированных зубов. Это проявляется особенно ярко при нарушении проводимости ветвей тройничного нерва, когда в зоне нарушенной иннервации оказываются интактные зубы.

С подобной ситуацией чаще сталкиваются стоматологи хирурги, так как многие стоматологические заболевания хирургического профиля могут сопровождаться сопутствующим невритом ветвей тройничного нерва, обуславливающим снижение электровозбудимости зубов.

По результатам нашего исследования, посвященного изучению электровозбудимости зубов при неврите нижнего альвеолярного нерва, было установлено, что при неврите легкой степени электровозбудимость интактных зубов снижалась незначительно в пределах 17-25 мкА. При неврите средней степени электровозбудимость интактных зубов и зубов, в которых ранее было проведено лечение по поводу кариеса, уменьшалась до значений между 26 мкА и 49 мкА. При неврите тяжелой степени в интактных зубах, из-за низкой электропроводности, ток во время исследования не превышал 60 мкА и только у половины зубов с витальной пульпой, ранее подвергшихся лечению по поводу кариеса, при проведении исследования ток поднимался выше 100 мкА.

При неврите легкой и средней степени тяжести электровозбудимость интактных зубов снижается до тех значений электрического тока, которые может создавать аппарат электроодонтодиагностики за счет, генерируемого им, напряжения.

При неврите тяжелой степени электровозбудимость интактных зубов снижается значительно и, создаваемого аппаратом, напряжения становится недостаточно для преодоления этого сопротивления. В связи с этим, при проведении исследования ток, достигая определенных значений, выше не поднимается.

Следует напомнить, что максимальное напряжение, генерируемое аппаратом для проведения электроодонтодиагностики, определяется соответствующими государственными стандартами по электробезопасности медицинской аппаратуры. Отступление от этих стандартов, разработка и использование аппаратов, генерирующих большее напряжение, будет небезопасно для жизни больного.

При оценке эффективности анестезии с помощью электроодонтодиагностики также проявляются проблемы, связанные с оценкой снижения электровозбудимости витальных зубов.

По результатам наших измерений, после проведения анестезии в 76% случаях при исследовании интактных зубов ток не достигал 60 мкА и варьировал в пределах от 37 мкА до 55 мкА. При электроодонтодиагностике, где ранее лечение кариеса было проведено с использованием композитных материалов, в 48% случаев электрический ток был ниже 100 мкА и колебался между значениями 42 мкА – 87 мкА.

Полученные данные говорят о том, что, несмотря на многочисленные публикации, включающие патенты и методические рекомендации, изучение эффективности того или иного вида анестезии, на основании электровозбудимости интактных зубов, не представляется возможным, так как, генерируемого аппаратом, напряжения, как правило, недостаточно для получения тока максимальных значений.

Таким образом, результаты проведенных исследований показали, что, анализируя электровозбудимость зубов при том или ином заболевании челюстно-лицевой области, необходимо обязательно учитывать электропроводность зубов. Это особенно важно у пациентов хирургического стоматологического профиля, когда электровозбудимость интактных зубов, с сохраненной целостностью эмали и обладающих наибольшим по сравнению с другими зубами электросопротивлением, может быть резко снижена на фоне нарушения проводимости ветвей тройничного нерва.

ВЫВОДЫ

1. Оптимальным видом тока для проведения электроодонтодиагностики при неврите нижнего альвеолярного нерва является переменный синусоидальный ток, частотой 50 Гц. Этот ток не вызывает поляризации тканей, легко дозируется, вызывает чёткие, но не болевые ощущения, даёт наименьший разброс показателей при повторных исследованиях.

2. Разработан способ оценки электропроводности зубов, основанный на расчете модуля комплексного электросопротивления зуба, за счет одновременной регистрации силы тока и напряжения при прохождении через ткани зуба тока, применяемого при проведении электроодонтодиагностики.

3. Комплексное электросопротивление зубов зависит от состояния твердых тканей. Модуль комплексного электросопротивления находится в широком диапазоне от 120 кОм до 3500 кОм. У интактных зубов он составляет $3148 \pm 236,8$ кОм. В зубах, где было проведено лечение по поводу кариеса, – $2675 \pm 327,4$ кОм. При кариесе дентина – $852 \pm 445,3$ кОм. При пульпите и периодонтите в зубах, ранее не подвергавшихся эндодонтическому лечению, когда активный электрод располагали на дне полости зуба, в устьях корневых каналов зубов – $294 \pm 121,5$ кОм. В зубах с ранее запломбированными корневыми каналами – $1253 \pm 297,8$ кОм.

4. Электропроводность зубов определяется состоянием твердых тканей зуба и не зависит от пола и возраста, состояния пульпы зуба, периапикальных тканей и состояния пародонта.

5. При стоматологических заболеваниях хирургического профиля, когда нарушена проводимость ветвей тройничного нерва, не всегда удастся определить степень снижения электровозбудимости интактных зубов и зубов, подвергшихся лечению по поводу кариеса, из-за их низкой электропроводности. При исследовании электровозбудимости зубов, на фоне неврита тяжелой степени, в интактных зубах с сохраненной целостностью эмали ток не поднимался выше 60 мкА, а в зубах, где ранее было проведено лечение по поводу кариеса, в 50% случаев сила тока была ниже 100 мкА.

ПРАКТИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ

1. Для проведения электроодонтодиагностики необходимо использовать аппараты, генерирующие переменный ток синусоидальной формы, частотой 50 Гц.
2. У больных хирургического стоматологического профиля при снижении электровозбудимости зубов, развивающегося в результате травмы и воспаления ветвей тройничного нерва, электроодонтодиагностику необходимо проводить один раз в 2-3 недели до полного восстановления электровозбудимости с целью контроля качества, проводимых лечебных мероприятий.
3. В том случае, если при проведении электроодонтодиагностики интактных зубов и зубов с постоянными пломбами, при сниженной электровозбудимости этих зубов, сила тока при проведении исследования, достигнув какого-либо значения, находящегося ниже максимально заявленного в аппарате значения силы тока, больше не увеличивается, а ответная реакция рецепторного аппарата при этом отсутствует, исследование необходимо повторить, увеличив площадь контакта активного электрода с тканями зуба за счет использования дополнительной порции токопроводящей зубной пасты, выполняющей роль контактной среды.
4. В том случае, если при электроодонтодиагностике, проведенной не менее двух раз, ток не поднимается выше определенных значений, а в исследуемом зубе отсутствуют ощущения, возникающие при раздражении нервных рецепторов электрическим током, следует зафиксировать в медицинской карте максимальное значение тока, подчеркнув отсутствие электровозбудимости и то, что ток не увеличивался выше этих значений.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Авдеева, Е. А. Комплексное обследование пациентов с травматическими повреждениями нижнего альвеолярного нерва : учеб.-метод. пособие / Е. А. Авдеева, И. О. Походенько-Чудакова. – Минск : БГМУ, 2013. – 28 с.
2. Амоев, Т. А. Исследование электровозбудимости зубов при неврите нижнего альвеолярного нерва с помощью различных видов тока / Т. А. Амоев // XIX Международная (XXVIII Всероссийская) Пироговская научная медицинская конференция студентов и молодых ученых : Сборник тезисов, Москва, 21 марта 2024 года. – Москва: Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования Российский национальный исследовательский медицинский университет имени Н.И. Пирогова Министерства здравоохранения Российской Федерации, 2024. – С. 128.
3. Амхадова, М. А. Применения ботулинического токсина типа-а в комплексном лечении больных травматической нейропатией нижнего альвеолярного нерва после хирургического стоматологического вмешательства. клинический случай / М. А. Амхадова, Е. В. Иванова, А. М. Кочарян // Госпитальная медицина: наука и практика. – 2023. – Т. 6, № 1. – С. 28-32.
4. Антибактериальная эффективность анодного растворения различных видов электродов, применяемых для трансканальных воздействий постоянным током / Н. Ж. Дикопова, А. В. Царев, Е. В. Ипполитов [и др.] // Клиническая стоматология. – 2022. – Т. 25, № 4. – С. 26-33.
5. Антибактериальное действие цинка при апексфорезе / О. И. Ефанов, В. Н. Царев, А. Г. Волков [и др.] // Российский стоматологический журнал. – 2012. – № 1. – С. 5-9.
6. Аппаратные методы диагностики и лечения заболеваний зубов : Учебное пособие по физиотерапии / А. Г. Волков, Н. Ж. Дикопова, И. А. Сохова [и др.]. – Москва : Российский университет дружбы народов (РУДН), 2020. – 80 с.

7. Аппаратные методы лечения в стоматологии : Учеб. пособие / И. М. Макеева, А. Г. Волков, Ф. Ю. Даурова [и др.]. – Москва : Российский университет дружбы народов (РУДН), 2017. – 112 с.
8. Ахмедбейли, П.А. Оценка эффективности лечения гиперчувствительности дентина после препарирования / П. А. Ахмедбейли // Клиническая стоматология. – 2019. – № 3(91). – С. 7-9.
9. Беккожина, Г.Р. Клинические и электрометрические показатели состояния пульпы зуба при кариесе дентина / Г.Р. Беккожина // Вестник хирургии Казахстана. – 2014. – №3. – С. 64-66.
10. Браго, А. С. Применение МТА-содержащих препаратов при лечении начальных форм пульпита. Клинический случай / А. С. Браго, С. Н. Разумова, Ю. С. Козлова // Клиническая стоматология. – 2020. – № 3(95). – С. 128-131.
11. Васильев, Ю. Л. Особенности иннервации и обезболивания фронтального отдела нижней челюсти у пожилых пациентов / Ю.Л. Васильев, А.Н. Кузин // Эндодонтия today. – 2013. – №1. – С. 15-19.
12. Внутрипульпарная венозная инъекция. Пилотное исследование / А. Ж. Петрикас, Е. В. Честных, Д. В. Медведев [и др.] // Эндодонтия Today. – 2021. – Т. 19, № 1. – С. 7-10.
13. Волков, А. Г. Применение аппарата "Мустанг-022" для лечения острой травмы зубов у детей / А. Г. Волков, Н. Ж. Дикопова // Лазерная медицина. – 2002. – Т. 6, № 4. – С. 25-26.
14. Волков, А. Г. Трансканальные воздействия постоянным током и лазеромагнитотерапия при лечении зубов с труднопроходимыми корневыми каналами / А. Г. Волков, Н. Ж. Дикопова, А. Л. Шпилко // Лазерная медицина. – 2011. – Т. 15, № 2. – С. 101-а.
15. Гончаренко, С. А. Исследование электровозбудимости пульпы зуба и диагностическая эндовидеомикромаксиллотомия в диагностике патологических изменений верхнечелюстных пазух / С. А. Гончаренко, Ж. В. Захарова // Здоровье. Медицинская экология. Наука. – 2012. – № 1-2(47-48). – С. 32-33.

16. Денисова, Ю. Л. Диагностика и прогнозирование эндопериодонтита / Ю. Л. Денисова, Н. И. Росеник // *Стоматолог*. Минск. – 2019. – № 4(35). – С. 39-45.
17. Диагностика и лечение травматической невропатии тройничного нерва / М.М. Танащян, М.Ю. Максимова, П.А. Федин, и др. // *Анналы клинической и экспериментальной неврологии*. – 2018. – Т.12, №2. – С. 22–26.
18. Диагностика обратимых состояний пульпы : учебно-методическое пособие / Т. Н. Манак [и др.]. – Минск : БГМУ, 2021. – 22 с. ISBN 978-985-21-0872-0.
19. Диагностика травматических повреждений зубов у детей и подростков / С.Е. Орлова, Л.К. Иванова, В.В. Арыхова, и др. // *Актуальные проблемы медицины*. – 2023. – Т.46, №2. – С. 144-154.
20. Динамика показателей электропроводности твердых тканей зуба при лечении повышенной чувствительности комплексным препаратом, содержащим фторид калия и экдистерон / А.Н. Огнева, В.Н. Дармограй, С.И. Морозова, Е.С. Таболина // *Российский медико-биологический вестник имени академика И.П. Павлова*. – 2012. – №1. – С. 116-119.
21. Динамика послеоперационного периода после сложного удаления третьих нижних моляров / М. М. Меджидов, А. В. Лепилин, Я. А. Черненко, Н. Л. Ерокина // *Dental Forum*. – 2021. – № 4(83). – С. 60.
22. Елизова, Л.А. Изменение электропроводимости дентина при лечении кариеса / Л.А. Елизова, Л.А. Дмитриева // *Стоматология*. – 2012. – № 2. – С.30-32.
23. Ерганова, О.И. Изучение физиологических особенностей твердых тканей и пульпы зуба у пациентов пожилого возраста/ О.И. Ерганова // *Сборник научных трудов XXXIX Итоговая научная конференция молодых ученых*. – МГМСУ – М., - 2017. – С. 13-15.
24. Ерганова, О. И. Совершенствование методов комплексной диагностики состояния твердых тканей и пульпы зубов у лиц пожилого возраста : специальность 14.01.14. «Стоматология»: диссертация на соискание ученой степени кандидата медицинских наук / Ерганова Ольга Ивановна; Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Башкирский

государственный медицинский университет» Министерства здравоохранения Российской Федерации.-Уфа, 2021. – 126 с.

25. Ерганова, О.И. Возможности метода электрометрии твердых тканей зуба. / О.И. Ерганова // DentalForum. – 2013. – №3. – С. 44-45.

26. Еремин, Д. А. Совершенствование фармакотерапии повреждений нижнего альвеолярного нерва при переломах нижней челюсти : специальность 14.01.14. «Стоматология»: диссертация на соискание ученой степени кандидата медицинских наук / Еремин Дмитрий Анатольевич; ФГБОУ ВО «Московский государственный медико-стоматологический университет имени А.И. Евдокимова» (МГМСУ) Минздрава России.- Москва, 2019. – 110 с.

27. Ефанов, О. И. Распределение меди и серебра в тканях корня зуба при апекс-форезе и степень проводимости корневого канала / О. И. Ефанов, А. Г. Волков, В. В. Носов // Российский стоматологический журнал. – 2008. – № 5. – С. 7-10.

28. Ефанов, О. И. Эффективность и перспективы развития трансканальных воздействий постоянным током при лечении зубов с труднопроходимыми корневыми каналами / О. И. Ефанов, А. Г. Волков // Ортодонтия. – 2009. – № 3(47). – С. 32-37.

29. Ефанов, О.И. Физические методы диагностики и лечения в эндодонтии / О.И. Ефанов, А.Г. Волков // Клиническая стоматология. – 2005. – Т. 35, № 3. – С. 22.

30. Ефанов, О.И. Электроодонтодиагностика : Учебное пособие / О.И. Ефанов, А.Г. Волков. – Москва, 1999. – 22с.

31. Зависимость показателей электроодонтометрии от конфигурации корневого канала / А. Ж. Петрикас, Е. В. Честных, А. Ю. Карпенков [и др.] // Эндодонтия Today. – 2022. – Т. 20, № 3. – С. 204-210.

32. Заславская, Н. А. Опыт лечения остеонекрозов челюстей у пациентов, получающих антирезорбтивную терапию (бисфосфонаты, "Деносумаб") / Н. А. Заславская, А. Ю. Дробышев, А. Г. Волков // Cathedra-Кафедра. Стоматологическое образование. – 2014. – № 47. – С. 32-37.

33. Использование лазеротерапии после сложного удаления третьих нижних моляров / М. М. Меджидов, А. В. Лепилин, Я. А. Черненко [и др.] // Вестник физиотерапии и курортологии. – 2021. – Т. 27, № 3. – С. 142-144.
34. Исследование морфологии тканей пульпы при экспериментальном травматическом пульпите с применением низкоинтенсивной лазерной терапии. Пилотное исследование / А. С. Браго, С. Н. Разумова, Ю. С. Козлова, Н. А. Золотова // Лазерная медицина. – 2021. – Т. 25, № S3. – С. 73.
35. Кавецкий, В. П. Показатели электроодонтометрии опорных зубов при изготовлении адгезивных волоконных конструкций / В. П. Кавецкий // Медицинские новости. – 2012. – № 8. – С. 68-70.
36. Клинико-функциональное исследование эффективности и безопасности применения пародонтальных способов обезболивания при лечении кариеса зубов / Е. Н. Анисимова, Н. Ю. Анисимова, Е. А. Ерилин [и др.] // Стоматология. – 2021. – Т. 100, № 2. – С. 40-43.
37. Комплексное электросопротивление зубов и его роль при проведении электроодонтодиагностики / Т.А. Амоев, А.Г. Волков, Н.Ж. Дикопова, В.М. Гринин, А.М. Панин, Н.А. Волков // Стоматология. – 2025. – Т104, №2. – С. 11-14.
38. Копылова, И.А. К вопросу о лечении травмы нижнего альвеолярного нерва при дентальной имплантации / И.А. Копылова, С.В. Сирак, А.В. Копылов // Научное обозрение. Медицинские науки. – 2014. – № 1. – С. 154-154;
39. Костригина, Е.Д. К72 Пульпит : учеб.-метод. пособие / Е. Д. Костригина, М. В. Лебедев. – Пенза : Изд-во ПГУ, 2023. – 132 с.
40. Кукушкин, В. Л. Об электроодонтометрии различных анатомических групп зубов / В. Л. Кукушкин, Е. А. Кукушкина // Национальная школа челюстно-лицевой хирургии и имплантологии в Иркутске : Материалы XII Всероссийской научно-практической конференции, Иркутск, 03–04 марта 2021 года / Под общей редакцией Т.А. Гайдаровой. – Иркутск: Федеральное государственное бюджетное научное учреждение "Иркутский научный центр хирургии и травматологии", 2021. – С. 95-97.

41. Ларичкин, И. О. Методы оценки чувствительности и витальности пульпы зуба / И. О. Ларичкин // Тверской медицинский журнал. – 2022. – № 4. – С. 18-22.
42. Ларичкин, И. О. Сравнительная оценка способов определения эффективности местной анестезии в стоматологии : специальность 14.01.14. «Стоматология»: диссертация на соискание ученой степени кандидата медицинских наук / Ларичкин Илья Олегович; Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Тверской государственный медицинский университет» Министерства здравоохранения Российской Федерации (ФГБОУ ВО Тверской ГМУ Минздрава России).- Тверь, 2023. – 146 с.
43. Луцкая, И.К. Хроническая травма постоянных зубов: диагностика и лечение / И.К. Луцкая, И.О. Белоиваненко // Современная стоматология. – 2018. – №4. – С. 25-30.
44. Любомирский, Г. Б. Анализ клинического состояния тканей пародонта и электровозбудимости пульпы зубов у пациентов с хроническим генерализованным пародонтитом в динамике лазеротерапии / Г. Б. Любомирский // Стоматология для всех. – 2019. – № 1(86). – С. 22-30.
45. Любомирский, Г. Б. Изучение клинического состояния тканей пародонта и электровозбудимости пульпы зубов у пациентов с хроническим генерализованным пародонтитом в динамике озонотерапии и контактной дарсонвализации десен / Г. Б. Любомирский // Клиническая стоматология. – 2019. – № 2(90). – С. 39-41.
46. Любомирский, Г. Б. Клиническое состояние тканей пародонта и электрометрические показатели пульпы зубов у пациентов с хроническим генерализованным пародонтитом в динамике физиотерапевтического лечения / Г. Б. Любомирский // Вестник Российского университета дружбы народов. Серия: Медицина. – 2018. – Т. 22, № 4. – С. 402-414.
47. Ляшев, И.Н. Боль в клинической практике стоматолога: ускользящая простота / И.Н. Ляшев, Е.В. Екушева // РМЖ. – 2017. – № 24. – С. 1770-1774.

48. Максимова, М.Ю. Диагностика и лечение неврологических орофациальных болевых синдромов / М.Ю. Максимова // Российский журнал боли. – 2023. – Т.21, №1. – С. 5-12.
49. Методы диагностики нейропатии нижнего альвеолярного нерва / А. М. Кочарян, М. А. Амхадова, Е. В. Иванова [и др.] // Медицинский алфавит. – 2023. – № 1. – С. 33-38.
50. Миронова, В.В. Определение порога электровозбудимости пульпы при глубоком кариесе зубов / В. В. Миронова, О. В. Марцева, Ю. П. Марцев // Врач-аспирант. – 2014. – Т. 64, № 3. – С. 29-34.
51. Михейкина, Н.И. Электропроводность зубной эмали лиц с различной предрасположенностью к реализации кариеса как критерий оценки особенностей ее морфологии и текстуры / Н.И. Михейкина, И.Л. Горбунова // Фундаментальные исследования. – 2015. – № 1 (часть 1) – С. 110-114.
52. Нарушения функционирования нервной системы у больных с переломами нижней челюсти / Г. Р. Бахтеева, Н. Л. Ерокина, А. В. Лепилин [и др.] // Медицинский алфавит. – 2024. – № 11. – С. 25-28.
53. Насибянец, Н. В. Биофизические аспекты использования электроодонтометрии для оценки эффективности обезболивания в стоматологии / Н. В. Насибянец, А. С. Артюшкевич // Медэлектроника – 2014. Средства медицинской электроники и новые медицинские технологии : сборник научных статей VIII Международная научно-техническая конференция (Минск, 10 – 11 декабря 2014 г.). – Минск : БГУИР, 2014. – С. 81-83.
54. Невропатия тройничного нерва после ортогнатических операций / М.М. Танащян, М.Ю. Максимова, С.Ю. Иванов С.Ю. и др. // Неврология, нейропсихиатрия, психосоматика. – 2020. – Т.12, №4. – С. 37–42.
55. Новак, Н. В. Ушибы зуба / Н. В. Новак // Стоматолог. Минск. – 2021. – № 2(41). – С. 41-47.
56. Обоснование депульпирования зубов, подлежащих ортопедическому лечению металлокерамическими конструкциями / Т. Л. Рединова, А. В. Субботина, И. С. Рединов [и др.] // Стоматология для всех. – 2019. – № 2(87). – С. 8-11.

57. Обоснование оптимальных характеристик аппарата для проведения электроодонтодиагностики на основании изучения комплексного электросопротивления тканей зуба / А.Г. Волков, Н.Ж. Дикопова, Т.А. Амоев, В.М. Гринин, З.М. Абаев, И.А. Никольская // Эндодонтия Today. – 2024. Т.22, №2. – С 144-147.

58. Обследование стоматологического больного. Основные и дополнительные методы: уч. пособие / А. И. Булгакова, А. Ш. Галикеева, И.В. Валеев, Ф. Р. Хисматуллина, Э. Р. Изгина, Л. М. Хазиева, Г. В. Мамедова, К. С. Сафиуллина // – Уфа: Изд-во ГБОУ ВПО БГМУ Минздравсоцразвития России, 2012.– 87 с.

59. Определение оптимальных параметров тока для проведения электроодонтодиагностики / И. М. Макеева, А. Г. Волков, Н. Ж. Дикопова [и др.] // Стоматология для всех. – 2018. – № 2. – С. 20-23.

60. Особенности использования тестов для определения витальности пульпы на примере электроодонтодиагностики у пациентов разных возрастных групп. Часть 2. Показатели электроодонтодиагностики у пациентов пожилого и старческого возраста / А. В. Севбитов, Ю. Л. Васильев, А. С. Браго, А. Е. Дорофеев // Клиническая стоматология. – 2016. – № 1(77). – С. 22-24.

61. Оценка антибактериальной активности апексфореза / О.И. Ефанов, В.Н. Царев, А.Г. Волков, Е.Н. Николаева, Н.Ж. Дикопова, Н.Ж., А.С. Носик // Стоматология. – 2006. – Т85, №5. – С.20.

62. Оценка безопасности и эффективности интралигаментарной анестезии при глубоком поражении зубов кариесом / Е. Н. Анисимова, Л. В. Першина, С. Н. Ермольев [и др.] // Институт стоматологии. – 2019. – № 2(83). – С. 22-25.

63. Оценка результатов эндодонтического лечения зубов / С. Н. Разумова, А. С. Браго, Х. Баракат [и др.] // Эндодонтия Today. – 2020. – Т. 18, № 1. – С. 27-30.

64. Панахов, Н. А. Состояние пульпы зубов, препарированных под виниры / Н. А. Панахов, П. Ш. Абдуллаева // Эндодонтия Today. – 2018. – № 1. – С. 4-7.

65. Патент № 2407453 С1 Российская Федерация, МПК А61В 10/00. Способ определения степени повреждения нижнего альвеолярного нерва при

дентальной имплантации : № 2009130169/14 : заявл. 06.08.2009 : опубл. 27.12.2010 / С. В. Сирак, Н. К. Нечаева ; заявитель Общество с ограниченной ответственностью научно-производственное объединение "ФИТОДЕНТ".

66. Патент № 2645657 С1 Российская Федерация, МПК А61В 5/00, А61С 19/04. Способ оценки эффективности обезболивания при выполнении амбулаторных стоматологических вмешательств : № 2017110702 : заявл. 30.03.2017 : опубл. 26.02.2018 / Е. Н. Анисимова, С. Т. Сохов, Н. Ю. Летунова [и др.].

67. Патент № 2722567 С1 Российская Федерация, МПК А61В 5/00. Способ оценки электровозбудимости корневой пульпы постоянных многоканальных зубов после пульпотомии : № 2019123971 : заявл. 30.07.2019 : опубл. 01.06.2020 / О. А. Петрикас, А. Ж. Петрикас, А. А. Картошкин, О. Н. Журавлев ; заявитель Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования "Тверской государственный медицинский университет" Министерства здравоохранения Российской Федерации.

68. Першина, Л. В. Влияние различных местнообезболивающих препаратов на функциональное состояние пульпы зубов при поражении кариесом дентина : специальность 14.01.14 «Стоматология» : диссертация на соискание ученой степени кандидата медицинских наук / Любовь Витальевна Першина; ГОУ ВПО «Нижегородская государственная медицинская академия» (НижГМА). – Москва, 2021. – 212 с.

69. Петрикас, А. Ж. Определение диагностических характеристик холодого теста спреем Cold Spray при его использовании для оценки эффективности анестезии / А. Ж. Петрикас, Е. В. Честных, И. О. Ларичкин // Cathedra-Кафедра. Стоматологическое образование. – 2022. – № 80. – С. 36-39.

70. Пирадов, М. А. Неврологические орофациальные заболевания и синдромы : руководство для врачей / М. А. Пирадов, М. Ю. Максимова. - Москва : ГЭОТАР-Медиа, 2022. – 216 с. (Серия "Библиотека врача-специалиста") - ISBN 978-5-9704-7157-9.

71. Плечистик, П. Д. Определение электровозбудимости пульпы зуба с использованием различных видов тока / П. Д. Плечистик, Г. Г. Сахар //

Современные технологии в медицинском образовании : Материалы международной научно-практической конференции, посвященной 100-летию Белорусского государственного медицинского университета, Минск, 01–05 ноября 2021 года. – Минск: Белорусский государственный медицинский университет, 2021. – С. 1353-1355.

72. Повышение эффективности эндодонтического лечения с помощью аппаратных методов / И. М. Макеева, А. Г. Волков, Н. Ж. Дикопова, Е. Г. Талалаев // Стоматология. – 2017. – Т. 96, № 2. – С. 17-19. 8.

73. Показатели ротовой жидкости и электроодонтометрии в оценке эффективности лечения хронического периодонтита / Н. И. Гергель, В. М. Радомская, Н. Н. Соломатина [и др.] // Медицинский альманах. – 2013. – № 1(25). – С. 201-204.

74. Применение электрообезболивания при лечении кариеса зубов / М. В. Анисимов, Д. Д. Жук, Л. В. Анисимова, О. В. Деньга // Вестник стоматологии. – 2011. – № 1(74). – С. 94-98.

75. Применение электроодонтодиагностики в стоматологии: Учебное пособие / А.Г. Волков, И.М. Макеева, Н.Ж. Дикопова, и др. – Москва, 2021. – 32с.

76. Просветов, Р.С. Особенности электровозбудимости пульпы зубов у студентов из разных регионов мира / Р.С. Просветов, В.И. Торшин, И.К. Асогва // Стоматология. – 2013. – Т. 92, №4. – С. 26-27.

77. Профилактика осложнений после хирургического лечения переломов костей лицевого черепа / А. В. Демьянова, М. А. Амхадова, Е. В. Иванова [и др.] // Российский медицинский журнал. – 2022. – Т. 28, № 4. – С. 315-320.

78. Рубин, Л.Р. Электроодонтодиагностика. Сообщение 1 / Л.Р. Рубин // Стоматология. – 1949. – № 1. – С. 16-25.

79. Рубин, Л.Ф. Электроодонтодиагностика / Л.Р. Рубин // В кн.: Важнейшие вопросы стоматологии. – М.: Медицина. – 1976. – 136 с.

80. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2018619368 Российская Федерация. Программа для обеспечения работы аппарата электроодонтодиагностики : № 2018616577 : заявл. 25.06.2018 : опубл. 06.08.2018 /

Д. Н. Ручкин, В. Е. Талалаев, Е. Г. Талалаев [и др.] ; заявитель Общество с ограниченной ответственностью «Аппаратная инновационная медицина» (ООО "АпИнМед").

81. Сирак, А.Г. Динамика репаративного дентиногенеза после лечения глубокого кариеса и острого очагового пульпита разработанной поликомпонентной лечебной пастой /А.Г. Сирак, С.В. Сирак // *Фундаментальные исследования*. – 2013. – № 5-2. – С. 384-388.

82. Способ оценки эффективности обезболивания при выполнении амбулаторных стоматологических вмешательств / Е. Н. Анисимова, Н. Ю. Анисимова, А. М. Голикова [и др.] // *Институт стоматологии*. – 2018. – № 3(80). – С. 51-53.

83. Сравнение двух типов аппаратов для электроодонтометрии при их использовании для определения эффективности анестезии / А. Ж. Петрикас, О. А. Петрикас, Е. В. Честных [и др.] // *Эндодонтия Today*. – 2022. – Т. 20, № 2. – С. 109-114.

84. Сравнительная оценка эффективности методов психосенсорной анестезии на основе электроодонтометрических исследований / Б. А. Бакиев, Н. Р. Базарбаев, Н. П. Фетисова [и др.] // *Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований*. – 2016. – № 11-3. – С. 425-429.

85. Степанов, Г. В. Электровозбудимость ретенированных зубов при их перемещении в зубной ряд / Г. В. Степанов // *Ортодонтия*. – 2011. – № 1(53). – С. 22-25.

86. Томаева, Д.И. Использование высокочастотной монополярной диатермокоагуляции при эндодонтическом лечении зубов с хроническими формами пульпитов: специальность 14.01.14 «Стоматология» : диссертация на соискание ученой степени кандидата медицинских наук/ Томаева Диана Исланбековна; ФГАОУ ВО «Первый Московский государственный медицинский университет имени И.М. Сеченова» (Сеченовский Университет). – Москва, 2020. – 115с.

87. Федоринчик, О. В. Зависимость показателей электроодонтометрии от наличия и размера пломб из композиционного материала / О. В. Федоринчик, Л. А. Денисов // Стоматолог. Минск. – 2014. – № 4(15). – С. 89-90.

88. Феномен чувствительности дентальной пульпы при формировании постоянных зубов / А. Ж. Петрикас, С. А. Летуновская, Е. В. Честных [и др.] // Эндодонтия Today. – 2020. – Т. 18, № 4. – С. 14-19.

89. Физиотерапия при лечении альвеолита и ограниченного остеомиелита челюстей / Н. Ж. Дикопова, А. Г. Волков, В. Ф. Прикулс [и др.] // Вопросы курортологии, физиотерапии и лечебной физической культуры. – 2019. – Т. 96, № 1. – С. 11-21.

90. Физические аппаратные методы диагностики и лечения в эндодонтии : Учебно-методическое пособие для студентов стоматологических факультетов медицинских вузов / И. М. Макеева, А. Г. Волков, Ф. Ю. Даурова [и др.]. – Москва : Российский университет дружбы народов (РУДН), 2020. – 48 с. – ISBN 978-5-209-09932-1.

91. Функционально-диагностическая оценка эффективности местного обезболивания / Е. Н. Анисимова, Н. К. Логинова, С. Н. Ермольев [и др.] // Dental Forum. – 2013. – № 1. – С. 2-7.

92. Чернявский, Ю. П. Анализ динамики показателей электроодонтометрии при применении адгезивных технологий / Ю. П. Чернявский, В. П. Кавецкий // Стоматолог. Минск. – 2012. – № 4(7). – С. 16-20.

93. Чистякова, Г. Г. Результаты электрометрической и морфологической оценки клиновидных дефектов зубов / Г. Г. Чистякова, А. А. Петрук // Стоматология. Эстетика. Инновации. – 2018. – Т. 2, № 3. – С. 304-314.

94. Чистякова, Г. Г. Функциональные методы диагностики гемодинамики и нервно-рецепторного аппарата пульпы зуба / Г. Г. Чистякова // Стоматология. Эстетика. Инновации. – 2020. – Т. 4, № 1. – С. 98-113.

95. Экспериментальное исследование антибактериального действия анодного растворения медного электрода, применяемого при эндодонтическом

лечении зубов / А. В. Царев, Н. Ж. Дикопова, Е. В. Ипполитов [и др.] // Российский стоматологический журнал. – 2024. – Т. 28, № 1. – С. 5-12.

96. Электровозбудимость пульпы / А.С. Валиев, Т.В. Курцев, Т.П. Плешкова и др. // Международный студенческий научный вестник. – 2018. – № 1. – С.1.

97. Электроодонтодиагностика в современной стоматологии / А. Николаев, Е. Петрова, Л. Тургенева, и др. // Эндодонтия Today. – 2015. – Т.13, №2. – С. 38-42.

98. Электроодонтометрия пульпы зубов при вторичных зубочелюстных деформациях / В. А. Иванов, В. Т. Карсанов, И. А. Маслов [и др.] // Бюллетень сибирской медицины. – 2010. – Т. 9, № 4. – С. 162-164.

99. Эффективность использования различных видов тока для определения электровозбудимости зубов при неврите нижнего альвеолярного нерва / А. Г. Волков, В. М. Гринин, А. М. Панин, Т.Н. Новоземцева, Н.Ж. Дикопова, Т.А. Амоев // Стоматология. – 2024. – Т. 103, № 6. – С. 10-13. – DOI 10.17116/stomat202410306110.

100. Эффективность проведения электроодонтодиагностики при лечении пульпитов постоянных зубов с несформированными корнями у детей / Б. С. Жаналина, Ш. К. Исакова, А. А. Сисеналиев, А. Б. Ахметжан // Знание. – 2019. – № 11-1(75). – С. 38-43.

101. Эффективность электроодонтодиагностики с помощью различных видов тока / И. М. Макеева, А. Г. Волков, В. Ф. Прикулс [и др.] // Стоматология. – 2018. – Т. 97, № 6. – С. 34-37.

102. Яременко, А.И. Хронический одонтогенный верхнечелюстной синусит: современное состояние проблемы (обзор литературы) / А.И. Яременко, В.Н. Матина, Д.Н. Суслов // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. – 2015. – № 10-5. – С. 834-837.

103. Alghaithy, RA. Pulp sensibility and vitality tests for diagnosing pulpal health in permanent teeth: a critical review / RA. Alghaithy, AJ. Qualtrough // Int Endod J. – 2017. – Vol. 50, №2. – P. 135-142.

104. Assessment of Electrosensitivity of the Pulp of the Mandibular Second Molar after Surgical Removal of an Impacted Mandibular Third Molar / G. Trybek, M. Aniko-Włodarczyk, O. Preuss, [et al.]// *J Clin Med.* – 2021. – Vol. 10, №16. – P. 3614.
105. Baad-Hansen, L. Neuropathic orofacial pain: Facts and fiction / L. Baad-Hansen, R. Benoliel // *Cephalalgia.* – 2017. – Vol. 37, №7. – P. 670-679.
106. Bargale, S.D. Appropriate electrode placement site of electric pulp tester for the premolars: A clinical study / SD. Bargale, SKD. Padmanabh // *J Indian Soc Pedod Prev Dent.* – 2015. – №33. – P. 138–142.
107. Bastos, JV. Pulpal response to sensibility tests after traumatic dental injuries in permanent teeth / JV. Bastos, EMA. Goulart EMA, CMI. Souza // *Dent Traumatol.* – 2014. – №30. – P. 188–192.
108. Chunhacheevachaloke, E. Effects of conducting media and gender on an electric pulp test / E. Chunhacheevachaloke, O. Ajcharanukul // *Int Endod J.* – 2016. – №49. – P. 237–244.
109. Clinical comparison of sensitivity and specificity between sensibility and vitality tests in determining the pulp vitality of mandibular premolars / A. Farughi, A. Rouhani, R. Shahmohammadi, [et al.]// *Aust Endod J.* – 2021. – Vol. 47, №3. – P. 474-479.
110. Comparative Study of Pulp Vitality in Primary and Young Permanent Molars in Human Children with Pulse Oximeter and Electric Pulp Tester / P. Shahi, PB. Sood, A. Sharma, [et al.]// *Int J Clin Pediatr Dent.* – 2015. – Vol. 8, №2. – P. 94-98.
111. Da Rosa, W.L.O. Disclosing the physiology of pulp tissue for vital pulp therapy / W.L.O. Da Rosa, E. Piva, A.F. da Silva A.F. // *Int. Endod. J.* – 2018. – №51. – P. 829–846.
112. De Laat, A. Differential diagnosis of toothache to prevent erroneous and unnecessary dental treatment / A. De Laat // *J Oral Rehabil.* – 2020. – Vol. 47, №6. – P. 775-781.
113. Dental nerves: A neglected mediator of pulpitis / C. Zhan, M. Huang, X. Yang, [et al.]// *Int. Endod. J.* – 2021. – № 54. – P. 85–99.

114. Diagnosing odontogenic sinusitis: an international multidisciplinary consensus statement / JR. Craig, DM. Poetker, U. Aksoy, [et al.]// *Int. Forum Allergy Rhinol.* – 2021. – №11. – P. 1235–1248.

115. Diagnostic accuracy of pulp vitality tests and pulp sensibility tests for assessing pulpal health in permanent teeth: A systematic review and meta-analysis / S. Patro, A. Meto, A. Mohanty, [et al.]// *Int J Environ Res Public Health.* – 2022. – Vol. 19, №15. – P. 9599.

116. Dieb, W. Neuropathic pain in the orofacial region: The role of pain history. A retrospective study / W. Dieb, N. Moreau, I. Chemla // *J Stomatol Oral Maxillofac Surg.* – 2017. – Vol. 118, №3. – P. 147–50.

117. Distinct excitation to pulpal stimuli between somatosensory and insular cortices / H. Nakamura, T. Shirakawa, N. Koshikawa, [et al.]// *J Dent Res.* – 2016. – Vol.95, №2. – P. 180-187.

118. Distribution of metal compounds in the tissues of the root of the tooth with apex-foreses (Iontophoresis of copper and silver) / A. G. Volkov, N. Z. Dikopova, A. V. Arzukanyan, [et al.]// *New Armenian Medical Journal.* – 2021. – Vol. 15, No. 1. – P. 59-66.

119. Does dental fluorosis affect electric pulp test response and/or optimum probe placement site? / PI. Idon, PN. Nwamba, CI. Udoye, [et al.]// *Aust Endod J.* – 2021. – Vol.47, №2. – P. 307-313

120. Electric pulp test threshold responses in healthy incisors, canines, premolars and molars / M. Šimović, I. Pavušek, MA. Ivanišević, [et al.]// *Aust Endod J.* – 2018. – Vol. 44, №1. – P. 54-59.

121. Evaluation of dental pulp sensibility tests in a clinical setting / JJ. Jespersen, J. Hellstein, A. Williamson, [et al.]// *J Endod.* – 2014. – №40. – P. 351–354.

122. Evaluation of threshold response and appropriate electrode placement site for electric pulp testing in fluorosed anterior teeth: An in vivo study / H. Vemisetty, A. Vanapatla, PV. Ravichandra, [et al.]// *Dent. Res. J.* – 2016. № 3. – P. 245-249.

123. Experimental justification of a method-of-choice to protect the receptor apparatus of the teeth, supporting a non-removable design denture / I Yanishen, I. Diudina, N. Krychka, [et al.]// *Georgian Medical News*. – 2019. – № 286. – P. 36-39.
124. Expert consensus on odontogenic maxillary sinusitis multi-disciplinary treatment / J. Lin, C. Wang, X. Wang, [et al.]// *Int J Oral Sci*. – 2024. – Vol. 16, №1. – P. 11.
125. Finnerup, N.B. Neuropathic pain: From mechanisms to treatment / NB. Finnerup, R. Kuner, TS. Jensen // *Physiol Rev*. – 2021. – Vol. 101, №1. – P. 259-301.
126. From mouth to brain: Neuroendocrine markers play as a crosstalk among oral and neurodegenerative diseases / M. Tatullo, B. Codispoti, C. Benincasa, [et al.] // *Frontiers in Endocrinology*. – 2019. – Vol. 10, No. JAN. – P. 378.
127. Imtiaz, T. Determination of the ideal tooth surface and pain threshold to improve the efficacy of an electric pulp tester in the diagnosis of pulp sensitivity and vitality in premolar and molar teeth: A Cross-Sectional Study / T. Imtiaz, D. Gurunathan, KV. Saikiran // *Cureus*. – 2023. – Vol.15, №12. – e50754. doi: 10.7759/cureus.50754.
128. Irritation of dental sensory nerves promotes the occurrence of pulp calcification / C. Zhan, M. Huang, J. Zeng, [et al.]// *J Endod*. – 2023. – Vol. 49, №4. – P. 402-409.
129. Jafarzadeh, H. Review of pulp sensibility tests : in 2 parts / H. Jafarzadeh, P. V. Abbott // *Int. Endod. J*. – 2010. – Vol. 43. Part I : General information and thermal tests. – P. 738–762 ; Part II : Electric pulp tests and test cavities. – P. 945–958.
130. Karayilmaz, H. Comparison of the reliability of laser Doppler flowmetry, pulse oximetry and electric pulp tester in assessing the pulp vitality of human teeth / H. Karayilmaz, Z. Kirzioğlu // *Oral Rehabil*. – 2011. – Vol. 38, №5. – P. 340-347.
131. Koratkar, H. A review of neuropathic pain conditions affecting teeth / H. Koratkar, V. Parashar, S. Koratkar // *Gen Dent*. – 2010. – Vol. 58, №5. – P. 436-441.
132. Levin, LG. Pulp and periradicular testing / LG. Levin // *J Endod*. – 2013. – Vol. 39, №3. – P. 13-9.

133. Longhini, AB. Clinical aspects of odontogenic maxillary sinusitis: a case series / AB. Longhini, BJ. Ferguson // *Int Forum Allergy Rhinol.* – 2011. – Vol. 1, №5. – P. 409-415.
134. Ly, D. Is dental evaluation considered in unilateral maxillary sinusitis? A retrospective case series / D. Ly, J. Hellgren // *Acta Odontol Scand.* – 2018. – Vol. 76, №8. – P. 600-604.
135. Mainkar, A. Diagnostic Accuracy of 5 Dental Pulp Tests: A Systematic Review and Meta-analysis / A. Mainkar, SG. Kim // *J Endod.* – 2018. – Vol. 44, №5. – P. 694-702.
136. Makeeva, I.M. Endodontic treatment efficacy enhancement by means of instrumental physiotherapy / I M Makeeva, A G Volkov, N.Zh Dikopova // *Stomatologiiia (Mosk).* – 2017. – Vol. 96, №2. – P. 17-19.
137. Miura, A. Psychiatric comorbidities in patients with Atypical Odontalgia / A. Miura, TTH. Tu, Y. Shinohara // *J Psychosom Res.* – 2018. – №35. – P. 35–40.
138. Myofascial pain with referral from the anterior digastric muscle mimicking a toothache in the mandibular anterior teeth: a case report / M. Kalladka, M. Thondebhavi, S. Ananthan, [et al.]// *Quintessence Int.* – 2020. – Vol. 51, №1. – P. 56-62.
139. Nagarathna, C. Efficiency and reliability of thermal and electrical tests to evaluate pulp status in primary teeth with assessment of anxiety levels in children / C. Nagarathna, B S. Shakuntala, I. Jaiganesh // *J. Clin. Pediatr. Dent.* – 2015. – Vol. 39, №5. – P. 447-451.
140. Němec, I. The Effect of Sensory Innervation on the Inorganic Component of Bones and Teeth; Experimental Denervation – Review / I. Němec, V. Smrčka, J. Pokorný // *J. Prague Med Rep.* – 2018. – Vol. 119, №4. – P. 137-147.
141. New clinical and morphologic aspects in trigeminal neuralgia / L. Tanrikulu, P. Hastreiter, T. Bassemir, [et al.]// *World Neurosurg.* – 2016. – №92. – P. 189–196.
142. Odontogenic sinusitis: a comprehensive review / F. Vidal, TM. Coutinho, FD. Carvalho, [et al.]// *Acta Odontol Scand.* – 2017. – Vol. 75, №8. – P. 623-633.

143. Persistent pain following endodontic treatment/ CJ. Warnsinck, H. Shemesh, F. Lobbezoo, [et al.]// *Ned Tijdschr Tandheelkd.* – 2013. – Vol. 120, №10. – P. 530-536.
144. Prevalence of trigeminal neuralgia: A systematic review / I.P. De Toledo, J. Conti Réus, M. Fernandes, [et al.]// *J Am Dent Assoc.* – 2016. – Vol. 147, №7. – P. 570–576.
145. Pulp sensibility to electric stimuli in the Caucasian population / K. Barczak, M. Palczewska-Komsa, A. Wilk, [et al.]// *Aust Endod J.* – 2020. – Vol. 46, №1. – P. 26-32.
146. Pulpotomija pri proteziranju zobov. Pilotnoe issledovanie [Pulpotomiya at prosthetics of teeth. Pilot research] / A.Zh. Petrikas, O.A. Petrikas, A. A. Kartoshkin, [et al.]// *Actual problems in dentistry.* – 2018. – Vol. 14, №2. – P. 48-51.
147. Renton, T. Chronic Pain and Overview or Differential Diagnoses of non-odontogenic Orofacial Pain / T. Renton // *Prim Dent J.* – 2019. – Vol. 7, №4. – P. 71-86.
148. Renton, T. Tooth-Related Pain or Not? / T. Renton // *Headache.* – 2020. – Vol. 60, №1. – P. 235-246.
149. Responses of pulp sensibility tests during orthodontic treatment and retention / FA. Alomari, R. Al-Habahbeh, BK. Alsakarna, [et al.]// *Int Endod J.* – 2011. – Vol. 44, №7. – P. 635-643.
150. Sandrolini, L. Calculation of the currents generated in dental tissues by the application of an external electric field / L. Sandrolini // *Progress in electromagnetics research letters.* – 2013. – № 42. – P. 141-154.
151. Sensory nerve-deficient microenvironment impairs tooth homeostasis by inducing apoptosis of dental pulp stem cells / AQ. Liu, LS. Zhang, DD. Fei, [et al.]// *Prolif.* – 2020. – Vol. 52, №5. – e12803. doi: 10.1111/cpr.12803.
152. The ability of pulp sensibility tests to evaluate the pulp status in primary teeth / A. Hori, H. R. Poureslami, M. Parirokh, [et al.]// *Int. J. Paediatr. Dent.* – 2011. – № 6. – P.441-445.
153. The correlation between external apical root resorption and electric pulp test responses: a prospective clinical trial / F. Younessian, M. Behnaz, M. Badiie, [et al.]//

Dental Press J Orthod. – 2021. – Vol.26, №3. – e2119389. doi: 10.1590/2177-6709.26.3.e2119389.oar.

154. The role of sensory nerves in dental pulp homeostasis: histological changes and cellular consequences after sensory denervation / C. Wang, X. Liu, J. Zhou, [et al.]// Int J Mol Sci. – 2024. – Vol. 25, №2. – P. 1126.

155. Tizzoni, R. Atypical odontalgia and trigeminal neuralgia: psychological, behavioral and psychopharmacological approach in a dental clinic - an overview of pathologies related to the challenging differential diagnosis in orofacial pain / R. Tizzoni, M. Tizzoni, CA. Clerici // F1000Res. – 2021. – №10. – P. 317. doi: 10.12688/f1000research.51845.3.

156. Trigeminal neuralgia and facial pain imaging / S. Graff-Radford, R. Gordon, J. Ganal, [et al.]// Curr Pain Headache Rep. – 2015. – Vol. 19, №6. – P. 19.

157. Turedi, I. Evaluation of electric pulp test thresholds and correct probe tip placement site in developing incisors: a clinical study in 1200 teeth / I. Turedi, AT. Ulusoy // Eur Arch Paediatr Dent. – 2022. – Vol. 23, №3. – P. 449-454.

158. Wang. X.D. The neural system regulates bone homeostasis via mesenchymal stem cells: A translational approach / XD. Wang, SY. Li, SJ. Zhang S. // J Theranostics. – 2020. – №10. – P. 4839–4850.

159. Wuokko-Landen, A. Acute rhinosinusitis - are we forgetting the possibility of a dental origin? A retrospective study of 385 patients / A. Wuokko-Landen, K. Blomgren, H. Valimaa // Acta Otolaryngol. – 2019. – №139. – P. 783–787.