

Федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего образования
«Тверской государственный медицинский университет»
Министерства здравоохранения Российской Федерации

На правах рукописи

Ларичкин Илья Олегович

**СРАВНИТЕЛЬНАЯ ОЦЕНКА СПОСОБОВ
ОПРЕДЕЛЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ МЕСТНОЙ АНЕСТЕЗИИ
В СТОМАТОЛОГИИ**

3.1.7. Стоматология

Диссертация
на соискание ученой степени
кандидата медицинских наук

Научный руководитель:
Заслуженный врач РФ,
доктор медицинских наук, профессор
Петрикас Арнольд Жанович

Тверь — 2022

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	4
ГЛАВА 1. ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ	13
1.1 Проблемы местного обезболивания в стоматологии	13
1.1.1 Важность достижения анестезии пульпы	13
1.1.2 Факторы, влияющие на клиническую эффективность обезболивания пульпы.....	18
1.1.3 Способы повышения эффективности местной анестезии в стоматологии	20
1.2 Тесты для определения чувствительности зубов.....	21
1.2.1 Электроодонтометрия.....	21
1.2.2 Холодовой тест	27
1.2.3 Косвенные признаки наступления анестезии	31
ГЛАВА 2. МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ	34
2.1 Лабораторное исследование: физико-математическое моделирование распространения электрического тока в тканях зуба при проведении электроодонтометрии	34
2.2 Клинико-лабораторное исследование: оценка эффективности холодового теста различными хладагентами	39
2.3 Клиническое исследование	41
2.3.1 Контингент пациентов и формирование групп исследования .	41
2.3.2 Оценка статуса здоровья по ASA	43
2.3.3 Методы проведения анестезии и анестетики	43
2.3.4 Оценка эффективности местной анестезии аппаратом ИВН-01 Пульптест-Про.....	44
2.3.5 Оценка эффективности местной анестезии аппаратом PulpEst	48
2.3.6 Оценка эффективности местной анестезии с помощью холодового теста	50

2.3.7	Оценка обезболивания мягких тканей как признака наступления анестезии пульпы	52
2.3.8	Определение болезненности стоматологических манипуляций с помощью визуально-аналоговой шкалы.....	53
2.4	Статистическая обработка полученных результатов	54
ГЛАВА 3. РЕЗУЛЬТАТЫ СОБСТВЕННЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ.....		61
3.1	Результаты физико-математического моделирования распространения электрического тока в тканях зуба при проведении электроодонто-метрии	61
3.2	Результаты оценки эффективности холодого теста различными хладагентами	72
3.3	Результаты оценки контингента и статуса здоровья пациентов по классификации ASA	77
3.4	Результаты оценки эффективности местной анестезии аппаратом ИВН-01 Пульпест-Про.....	81
3.5	Результаты оценки эффективности местной анестезии аппаратом PulpEst	87
3.6	Результаты оценки эффективности местной анестезии с помощью холодого теста	93
3.7	Результаты оценки обезболивания мягких тканей как признака наступления анестезии пульпы	95
ГЛАВА 4. ОБСУЖДЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ ИССЛЕДОВАНИЯ		99
ЗАКЛЮЧЕНИЕ		118
Перспективы дальнейшей разработки темы.....		119
ВЫВОДЫ		119
ПРАКТИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ		121
СПИСОК СОКРАЩЕНИЙ		122
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ		123

ВВЕДЕНИЕ

Актуальность исследования

Миллионы людей в мире ежедневно проходят стоматологическое лечение под местной анестезией. За сутки одним из популярных местных анестетиков, содержащих 4 % артикаин с эпинефрином, проводится более 300 000 инъекций, с целью лечения кариеса и его осложнений [Malamed S.F., 2011].

Местная анестезия в стоматологии применяется для выполнения манипуляций, которые требуют различной эффективности обезболивания. Известно, что наиболее болезненной инвазивной процедурой на тканях зуба является витальная экстирпация пульпы.

Обеспечение адекватной пульпарной анестезии особенно важно во время стоматологического лечения. По данным исследований, отсутствие полной анестезии при лечении зубов составляет около 14 % (каждый 7-й пациент) [Кузин А.В., 2019], а частота неудачи обезболивания зубов нижней челюсти может достигать 47-91 % [Malamed S.F., 2011].

При неполном обезболивании возможно проведение некоторых стоматологических вмешательств на твердых тканях зуба, однако, обезболивание пульпы не наступает. Это объясняется иннервацией зуба двумя типами сенсорных волокон: миелинизированных (волокна А) и немиелинизированных (волокна С). Волокна А-типа передают болевые ощущения от твердых тканей зуба, тогда как волокна С реагируют только на раздражители, достигшие собственно пульпы [Mitronin A.V., 2020].

Ни один врач-стоматолог не сможет качественно выполнить свою работу, если не будет уверен в том, что его манипуляции не вызовут болевых ощущений пациента [Кражан С.Н., 2014; Malamed S.F., 2011]. Страх, волнение и напряжение перед посещением стоматолога испытывают от 52 до 85 % пациентов, около 5 % испытывают сильнейший страх при упоминании о стоматологическом вмешательстве [Анисимова Н.Ю., 2014]. Данное эмоциональное состояние может

формироваться после многих факторов, в том числе при возникновении боли сильной интенсивности во время стоматологического лечения, тем более, если эта боль появляется неожиданно, уже после проведенной анестезии.

В научных статьях по изучению местных анестетиков, методов проведения анестезий, а также оценке их успешности приводятся разные данные об эффективности препаратов и техник. Это связано с использованием различных способов определения эффективности обезболивания: визуальная аналоговая шкала (ВАШ), холодовой тест, электроодонтометрия (ЭОМ), наступление анестезии мягких тканей (потеря чувствительности прилежащей к зубу десны, угла рта и половины губы) [Chompu-Inwai P., 2020; Kurien R.S., 2018; Shahi S., 2018]. Доказано, что при воздействии анестетика на нервное волокно, первой выключается болевая чувствительность, причем сначала происходит обезболивание пародонта, а затем — пульпы [Самедов Т.И., 2016]. Однако, адекватное обезболивание пульпы наступает не всегда, поэтому оценка эффективности одной и той же анестезии с помощью ВАШ при удалении зуба и при первичном эндодонтическом лечении может давать разные результаты.

В настоящее время не существует «золотого стандарта» способа оценки уровня эффективности местной анестезии в стоматологии. Российские и зарубежные исследователи используют для этого тесты на витальность пульпы (ЭОМ, холодовой тест), ВАШ и клинические субъективные признаки. Впервые безболезненность стоматологических манипуляций при отрицательном ответе на ЭОМ после местной анестезии отметил Н.Вjorn [Vjorn H., 1946]. После него немногие ученые использовали электрические и холодовые тесты для определения эффективности обезболивания. В основном, данные тесты применялись для проверки эффективности различных местных анестетиков или техник проведения анестезии. Зарубежные авторы отдают предпочтение холодовому тесту для определения наступления пульпарной анестезии, считая ЭОМ менее чувствительным и специфичным [Farughi A., 2021]. Возможно, это связано с тем, что максимальная сила тока — определяющий параметр аппаратов для электроодонтодиагностики, который напрямую влияет на ответ пульпарной

ткани — в приборах ЭОМ, принятых за рубежом как стандарт, составляет 80 у.е., тогда как в российских аппаратах — 200 мкА.

Тем не менее, не всегда необходима полная пульпарная анестезия для проведения некоторых стоматологических манипуляций, например, для лечения кариеса различной глубины или снятия зубных отложений у пациентов с повышенной чувствительностью. На сегодняшний день отсутствует методика, позволяющая оценить достаточность местной анестезии при инвазивных манипуляциях на твердых тканях зуба.

Изложенные данные подтверждают актуальность изучения способов оценки эффективности местной анестезии в стоматологии.

Степень разработанности темы исследования

Анализ литературных источников показывает, что при оценке эффективности анестезии пульпы с помощью электротестирования, зарубежные авторы используют только аккумуляторные аппараты, генерирующие импульсный ток, не уделяя внимания сетевым приборам, использующим в качестве стимула переменный ток [Jafarzadeh H., 2010; Lin J., 2008; Karayilmaz H., 2011; Vemisetty H., 2016]. В свою очередь, отечественные авторы зачастую не используют в научных исследованиях электроодонтометрию при оценке эффективности местной анестезии, а при её использовании считают пороговым значением показатель в 100 мкА, предложенный ещё фармкомитетом СССР в 1984 году [Анисимова Е.Н., 2020; Конобец О.Ф., 1984; Кузин А.В., 2019; Макеева И.М., 2011; Николаев А.И., 2015; Рабинович С.А., 2009; Петрикас А.Ж., 2006].

Среди факторов, влияющих на показатели электроодонтометрии в основном выделяют морфологические характеристики пульпы зуба и её морфофункциональный статус, не учитывая при этом физические факторы и особенности результирующего воздействия электрического тока на ткани зуба [Макеева И.М., 2018; Abd-Elmeguid A., 2009; Nagarathna C. , 2015; Younessian F., 2021; Hori A., 2011].

На сегодняшний день не существует достоверных данных о механизме возникновения ответной реакции на диагностический ток при проведении ЭОМ.

Цель исследования

Экспериментально и клинически оценить характеристики диагностических тестов на чувствительность пульпы при их использовании для определения эффективности анестезии и дать рекомендации по их применению на стоматологическом приёме.

Задачи исследования

1. Оценить зависимость показателей электроодонтометрии интактных зубов от конфигурации корневого канала, а также зависимость возникновения у пациентов ответной реакции на диагностический ток от достижения определенного значения результирующего действия тока;
2. Определить точность, положительную и отрицательную прогностическую ценность холодого теста спреем «Cold Spray» и льдом при оценке витальности зубов;
3. Сравнить способы оценки эффективности анестезии пульпы зуба в стоматологии: определить точность, положительную и отрицательную прогностическую ценность ЭОМ аппаратом ИВН-01 Пульптест-Про, ЭТП аппаратом PulpEst, холодого теста спреем «Cold Spray» и косвенных показателей при оценке эффективности местной анестезии в стоматологии;
4. Определить эффективность инфльтрационной и проводниковой анестезии нижнего альвеолярного нерва при лечении среднего / глубокого кариеса и пульпита;
5. Разработать «Алгоритм определения эффективности местной анестезии в стоматологии» во время различных стоматологических манипуляций на тканях зуба при разном местном статусе.

Научная новизна

- Впервые проведена оценка характеристик диагностических тестов на чувствительность пульпы зуба (ЭОМ, ЭТП, холодной тест) и временного признака начала анестезии мягких тканей, при использовании их для оценки эффективности местной анестезии в стоматологии;
- Впервые в клиническом исследовании уточнены значения электроодонтометрии переменным (ЭОМ) и импульсным (ЭТП) током, соответствующее наступлению пульпарной анестезии (пороговые значения);
- Впервые изучена зависимость диагностической точности 2 хладагентов (лёд и пропан-бутановая смесь) от состояния твердых тканей зуба;
- Определен наиболее достоверный и доступный к самостоятельному использованию врачом-стоматологом способ оценки эффективности местной анестезии в стоматологии;
- Впервые определены электрические свойства эмали, дентина и пульпы, такие как сопротивление электрическому току, электропроводимость и удельная электропроводность;
- Впервые путем компьютерного моделирования доказана зависимость показателей электроодонтометрии от конфигурации корневого канала интактных зубов;
- Впервые определено пороговое значение показателя плотности электрического тока в корневом канале интактного зуба, достижение которого вызывает у пациентов ответную реакцию на электроодонтометрию;
- Разработан «Алгоритм определения эффективности местной анестезии в стоматологии».

Теоретическая и практическая значимость

Определение эффективности местной анестезии до начала лечения является необходимой частью анестезиологического протокола на рутинном стоматологическом терапевтическом приеме. Использование для этого тестов на

чувствительность зубов позволяет определить объем будущего стоматологического вмешательства и его продолжительность.

Использование для оценки эффективности анестезии сетевых аппаратов для электроодонтометрии, работающих на переменном токе частотой 50 Гц, позволяет добиваться максимальной точности теста, а определенное в 90 мкА пороговое значение, упрощает интерпретацию результатов наступления обезболивания пульпы при проведении проводниковых анестезий на нижней челюсти.

Использование различных хладагентов (льда и пропан-бутановой смеси) для проведения холодого теста, выбор которых зависит от состояния твердых тканей исследуемого зуба, позволяет повысить точность оценки эффективности местной анестезии.

Разработанный в ходе диссертационного исследования «Алгоритм выбора метода для оценки эффективности местной анестезии в стоматологии» дает возможность быстро и точно определить тест, наиболее подходящий в конкретной клинической ситуации.

Разработанная компьютерная модель позволяет расширить современные представления о механизме действия электроодонтометрии в интактных зубах и зубах, находящихся на стадии формирования корней, а также процессах, проходящих в тканях зуба при воздействии на него электрического тока.

Методология и методы исследования

Диссертационное исследование выполнено в соответствии с принципами доказательной медицины. Клиническая часть исследования была одобрена Этическим комитетом ФГБОУ ВО Тверской ГМУ Минздрава России 15.03.2021. Для проведения диссертационного исследования были выбраны следующие методы: общеклинические, метод электроодонтометрии, метод холодого тестирования твердых тканей зуба, метод эстезиометрии, метод визуальной аналоговой шкалы, метод конечных элементов, статистические методы исследования. Статус здоровья определяли по данным анамнеза.

База проведения научного исследования

Исследование проводилось на базе кафедры терапевтической стоматологии и стоматологической поликлиники ФГБОУ ВО Тверской ГМУ Минздрава России.

Основные положения, выносимые на защиту

1. Высокая распространенность неудач местной анестезии в стоматологии как при использовании различных техник, так и при лечении разных стоматологических заболеваний, обуславливает разработку и использование методов диагностики наступления анестезии пульпы зуба.
2. Использование на рутинном стоматологическом приеме тестов для оценки чувствительности пульпы (ЭОМ, ЭТП, холодого теста) позволяет с разной степенью точности диагностировать наступление пульпарной анестезии.
3. Показатели электроодонтометрии зуба переменным током частотой 50 Гц зависят от конфигурации корневого канала, а пороговым значением плотности тока, вызывающим ответную реакцию пациента, является показатель 26-27 А/м².
4. Разработанный в диссертационном исследовании «Алгоритм определения эффективности местной анестезии в стоматологии» снижает субъективное отношение к диагностике пульпарной анестезии и позволяет проводить её с учетом индивидуальных особенностей состояния твердых тканей зубов пациента.

Внедрение результатов исследования в практику

Результаты диссертационного исследования и алгоритм определения эффективности местной анестезии внедрены в работу кафедры терапевтической стоматологии и стоматологической поликлиники ФГБОУ ВО Тверской ГМУ Минздрава России, а также ООО «Клиника Стрельникова».

Степень достоверности

Достоверность полученных результатов, выводов и положений обосновывается достаточным объёмом выборки клинического материала (114 пациентов в клиническом исследовании, 50 — в клинико-лабораторном), использованием современных, соответствующих задачам методов исследования и статистической обработки полученных данных, представленных с помощью таблиц и графиков.

Обоснование соответствия диссертации паспорту научной специальности

Диссертационное исследование соответствует формуле специальности 14.01.14 — «Стоматология» (клиническая медицина), которая занимается изучением этиологии, патогенеза основных стоматологических заболеваний, в том числе кариеса зубов и его осложнений, а также разработкой методов их профилактики, диагностики и лечения. Область диссертационного исследования включает в себя исследование и разработку методов диагностики наступления пульпарной анестезии при лечении кариеса зубов и его осложнений, что соответствует пункту 1 области исследований — «Изучение этиологии, патогенеза, эпидемиологии, методов профилактики, диагностики и современных методов лечения поражений твердых тканей зубов (кариес и др.), их осложнений».

Публикации

По теме диссертации опубликовано 5 работ. Среди них — 4 работы опубликованы в журналах, рекомендованных ВАК.

1. Петрикас А.Ж., Летуновская С.А., Честных Е.В., Медведев Д.В., Зиньковская Е.П., Ларичкин И.О., Куликова К.В. Феномен чувствительности дентальной пульпы при формировании постоянных зубов. Эндодонтия Today. 2020;18(4):14-19.
2. Петрикас А.Ж., Петрикас О.А., Честных Е.В., Туровцев В.В., Ларичкин И.О., Медведев Д.В., Куликова К.В. Сравнение двух типов аппаратов для

- электроодонтометрии при их использовании для определения эффективности анестезии. *Эндодонтия Today*. 2022;20(2):109-114.
3. Петрикас А.Ж., Честных Е.В., Ларичкин И.О. Определение диагностических характеристик холодого теста спреем «Cold Spray» при его использовании для оценки эффективности анестезии. *Cathedra*. 2022;80:36-39.
 4. Петрикас А.Ж., Честных Е.В., Карпенков А.Ю., Ларичкин И.О., Дунаева Г.Г., Медведев Д.В., Куликова К.В. Зависимость показателей электроодонтометрии от конфигурации корневого канала. *Эндодонтия today*. 2022; 20(3):204-210.
 5. Ларичкин И.О. Методы оценки чувствительности и витальности пульпы зуба. *Тверской медицинский журнал*. 2022;4:18-22.

Личное участие автора

Личный вклад автора состоит в изучении данных литературы и подготовке аналитического обзора по состоянию вопроса, формулировке цели и задач исследования, обследовании 164 пациентов, у которых проводилось анкетирование по поводу стоматологической тревожности и сбор анамнеза, электроодонтометрия, электротестирование, холодое тестирование, эстеziометрия; подготовке и участии в разработке компьютерной модели зуба, статистической обработке полученных результатов, подготовке публикаций по проведенной работе. Разработан новый алгоритм определения эффективности местной анестезии в стоматологии.

Объём и структура диссертации

Диссертация состоит из введения, 4-х глав (обзор литературы, материалы и методы, результаты собственных исследований, обсуждение результатов исследования), заключения, выводов, практических рекомендаций, списка литературы, включающего 207 источников (131 зарубежных, 76 отечественных). Содержание работы изложено на 146 страницах машинописного текста, иллюстрировано 30 рисунками, 37 таблицами.

ГЛАВА 1. ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ

1.1 Проблемы местного обезболивания в стоматологии

1.1.1 Важность достижения анестезии пульпы зуба

По статистике Стоматологической Ассоциации России (СтАР), в год около 158 миллионов пациентов обращается за стоматологической помощью. Около 98 % манипуляций на твердых тканях зубов, пульпе и мягких тканях полости рта сопровождаются болевыми ощущениями и требуют применения анестезии [Бизяев А.Ф., 2002; Рабинович С.А., 2005; Рабинович С.А., 2016; Сохов С.Т., 2019]. Качество и безопасность лечения, выполняемого врачом-стоматологом, напрямую зависит от адекватного обезболивания [Рабинович С.А., 2009; Столяренко П.Ю., 2009].

Боль является самым распространенным, и часто — единственным симптомом большинства стоматологических заболеваний. Посещение пациентом врача-стоматолога в основном мотивировано болью различной интенсивности: так обращаемость за стоматологической помощью с пульпитом и периодонтитом составляет 30-35 % [Фазылова Ю.В., 2012].

Местная инъекционная анестезия относится к наиболее часто выполняемой в стоматологии манипуляции и является неотъемлемой частью стоматологической практики. Среди всех имеющихся способов, местная анестезия — наиболее распространенный, комфортный и безопасный для использования в условиях стоматологической клиники [Жолудев С.Е., 2013]. А.Ж. Петрикас считает её практически единственным вариантом контроля над болевыми ощущениями во время лечения зубов [Петрикас А.Ж., 2017].

Достижение адекватной пульпарной анестезии на клиническом приеме является одной из основных проблем современной стоматологии. При проведении различных манипуляций по лечению и удалению зубов, врачи-стоматологи разных

специальностей отдают предпочтение местному обезболиванию: 73 % при кариесе, 89 % при пульпите, [Серикова О.В., 2013], стараясь избегать без крайней необходимости общего обезбоживания (наркоза) и девитальных методов лечения осложнений кариеса зубов, ввиду повышенного риска развития осложнений [Walimbe H., 2015; Yavuz M.S., 2008; Chen G., 2014; Petrikas A.Zh., 2011; Sarasin D.S., 2019]. Так в Великобритании с 2001 года общая анестезия в стоматологических клиниках запрещена [Landes D.P., 2002]. Е.Л. Захарова в сравнении витальных и девитальных методов лечения пульпита пришла к выводу, что девитализация по уровню обезбоживания в два раза уступает современной инъекционной местной анестезии [Захарова Е.Л., 2005; Захарова Е.Л., 2008]. А.Ж. Петрикас считает положение депо анестетика основным элементом успеха обезбоживания [Петрикас А.Ж., 2017].

Необходимость такого широкого применения местной анестезии в практической стоматологии связана с обширной иннервацией твердых тканей зубов и пульпы. А.И. Николаев и Л.М. Цепов разделили самые распространенные стоматологические манипуляции на 5 уровней, в зависимости от интенсивности болевых ощущений, испытываемых пациентом во время лечения [Николаев А.И., 2006]. Наименее болезненной процедурой на твердых тканях зуба авторы считают лечение среднего кариеса. Слабая болезненность, либо её отсутствие, отмечается в 70-83 % случаев препарирования ротационными стоматологическими инструментами среднего кариеса постоянных зубов у детей, однако в 10-17 % боль может достигать высоких значений [Дмитрова А.Г., 2015; Chomyszyn-Gajewska M., 2006; Soni H.K., 2015]. Лечение кариеса без обезбоживания менее эффективно в отдаленные сроки в сравнении с лечением под местной анестезией. В течение двух лет количество пломб, подлежащих замене, и осложнений кариеса при лечении без обезбоживания составляет около 25 %, что в три раза больше, чем при лечении с анестезией [Анисимов М.В., 2011]. Наиболее болезненной манипуляцией является удаление корневой пульпы зуба. Это связано с тем, что в корневом канале пульпа представлена мощным сосудисто-нервным пучком, в

котором практически отсутствует рыхлая соединительная ткань и эластические волокна [Lee K., 2019; Carvalho T.S., 2017; Yong-Chul B., 2020].

С появлением анестетиков артикаинового ряда существенно повысилась эффективность местного обезболивания, что стало причиной повышения требований пациентов к качеству анестезии [Рабинович С.А., 2005]. Если раньше, во времена использования больших доз новокаина малой концентрации, боль во время стоматологического лечения была обычным явлением, то сейчас большинство пациентов считает ощущение даже небольшой чувствительности абсолютно неприемлемым [Стягайло С.В., 2006]. Болезненность стоматологических манипуляций, таких как препарирование твердых тканей зубов или экстирпация пульпы, препятствует качественной работе врача-стоматолога и часто служит причиной отказа больных от регулярного лечения.

Важность адекватной анестезии объясняется тем фактом, что при опросе пациентов: «К какому стоматологу вы бы предпочли пойти?», самыми распространенными ответами были: «К тому, который не причиняет боли», и «К тому, кто безболезненно проводит анестезию» [Georges J., 2004; Malamed S.F., 2007].

Более 85 % [Богаевская О.Ю., 2020] — 90 % [Серикова О.В., 2013] врачей-стоматологов-терапевтов самостоятельно проводят местную анестезию. Около 14,3 % — направляют за этим к стоматологу-хирургу [Богаевская О.Ю., 2020].

Помимо выключения болевой чувствительности, адекватная пульпарная анестезия важна для снижения страха и тревожности перед стоматологическим вмешательством [Armfield J.M., 2013; De Stefano R., 2019; Lin C.S., 2017]. От 61 % до 92 % пациентов испытывают страх и психоэмоциональное напряжение, связанное с ожиданием боли во время стоматологического лечения, а 5-14 % не посещают стоматолога по той же причине [Петрикас А.Ж., 2006; Дмитриева Л.А., 2009].

Было установлено, что около 70 % пациентов испытывают перед стоматологическим приемом личностную и ситуативную тревожность средней и высокой степени [Старикова И.В., 2019]. Стоматологическое лечение может являться причиной как острого, так и хронического стресса, а также формирует негативное отношение к посещению стоматолога и может служить причиной

дентофобии. В большей степени это проявляется при неадекватной анестезии [Маслак Е.Е., 2014].

Стресс при проведении и неудаче анестезии испытывает также и врач-стоматолог. Манипуляция проводникового обезболивания на нижней челюсти вызывает достоверное повышение ЧСС у стоматолога до 117 уд/мин, при среднем значении 80 уд/мин во время приема. Если во время лечения у пациента появляются болевые ощущения, значения ЧСС у врача достигали 130 уд/мин, а индекс напряжения был значительно выше нормы [Рабинович С.А., 2017; Demyanenko S.A., 2018; Васильев Ю.Л., 2020].

По данным последних лет, более половины врачей-стоматологов отмечают негативное влияние стресса на их профессиональную деятельность [Collin V., 2019; Uziel N., 2019; Максименко Л.В., 2017; Choy H.V., 2017; Рабинович С.А., 2017; Marklund S., 2019; Васильев Ю.Л., 2016]. Наиболее значимыми факторами возникновения стрессовых состояний являются: большая ответственность, профессиональные риски и отрицательная реакция пациентов во время лечения (в особенности, при болевых ощущениях). Высокий уровень психоэмоционального напряжения вызывают также некоторые стоматологические манипуляции, среди которых — местная инъекционная анестезия. Более 97 % врачей-стоматологов отмечают волнение во время проведения местной анестезии [Богаевская О.Ю., 2020]. Незначительное, но достоверное повышение пульса и снижение насыщения артериальной крови кислородом отмечается как при проведении местной анестезии, так и при появлении боли у пациента в момент лечения на фоне проведенного обезболивания [Васильев Ю.Л., 2020].

Латентный период анестезии различается в различных возрастных группах, что также стоит учитывать во время лечения. У пациентов молодого возраста (18-30 лет) скорость наступления инфильтрационной анестезии при лечении острых форм пульпита и периодонтита составляет около 2,5 минут. Латентный период анестезии у пожилых пациентов (50-70 лет) на 1 минуту больше [Соколова И.И., 2013].

Среди пациентов с множественными очагами хронической одонтогенной инфекции 75 % имеют сопутствующую соматическую патологию, в основном —

сердечно-сосудистой системы [Максимович Е.В., 2016]. Адекватная пульпарная анестезия является не только залогом качества стоматологического лечения, но и повышает его безопасность у пациентов группы риска [Иорданишвили А.К., 2005]. Так, интенсивная боль во время лечения значительно повышает риск развития общесоматических осложнений, таких как гипертонический криз и т.д. у пациентов, страдающих заболеваниями сердечно-сосудистой системы [Anisimova E.N., 2016; Ogle O.E., 2012]. Пациентам с сопутствующей соматической патологией следует уделять больше внимания. Болезненные стоматологические манипуляции у таких пациентов вызывают негативные эмоции и стресс, приводят к нарушению работы функциональных систем организма, влияют на психическое состояние [Аксамит Л.А., 2017; Анисимова Е.Н., 2017; Леонтьев В.К., 2003; Луцкая И.К., 2009; Anisimova E.N., 2017].

Использование местной анестезии в стоматологическом кабинете для пациентов пожилого возраста считается безопасным, при правильном применении. Отличий в ответной реакции организма на введение анестетика у возрастных пациентов, в сравнении с молодыми, обнаружено не было [Haas D.A., 2002]. Однако, в связи со снижением функции печени и почек, не рекомендуется использование максимально разрешенных доз препаратов.

Возникновение осложнений при использовании местных анестетиков зависит не только от состояния организма и наличия общесоматических патологий, но и от концентрации анестетиков в крови [Rabinovich S.A., 2017].

Каждый пятый стоматолог сталкивался с общими осложнениями у пациентов после инъекции местных анестетиков. Самым распространенным общим осложнением — 94 % — является обморок [Богаевская О.Ю., 2020]. Он может возникать в следствие психорефлекторного сосудистого криза в ожидании неприятной, болезненной процедуры.

Осложнения общего характера возникают у 0,5-1,2 % пациентов [Иорданишвили А.К., 2005; Мачарадзе Д.Ш., 2017]. Так 74 % врачей сталкивались с необходимостью вызова скорой помощи пациентам во время приема, причем

основную массу — 57 % и 17 % — составляют патологии со стороны сердечно-сосудистой и дыхательной систем соответственно [Богаевская О.Ю., 2020].

Из общего числа неотложных состояний, с которыми врач-стоматолог сталкивается в своей практике, 75 % возникают в результате страха, тревоги и боли, испытываемой пациентом [Malamed S.F., 2000].

1.1.2 Факторы, влияющие на клиническую эффективность обезболивания пульпы

Эффективность инфильтрационной анестезии зависит от многих факторов: плотности кортикальной пластинки и губчатого вещества костной ткани, дополнительной иннервации, наличия воспаления и инфицирования зоны проведения анестезии, выбора анестетика, техники проведения анестезии, страха и волнения пациента [Bogonat L.A., 2006]. В настоящее время изучается вопрос о влиянии кофеина на эффективность обезболивания в стоматологии [Premnath S., 2020].

В целом причины неэффективности анестезии разделяют на 2 группы: причины ятрогенного характера и индивидуальные особенности пациента [Кузин А.В., 2019].

Наибольшие сложности с обезболиванием возникают при работе с хорошо иннервируемыми зонами: эмалево-дентинная граница, пульпа зуба и др. [Стягайло С.В., 2006]. Это связано с близостью центральных анализаторов боли, высокой плотностью рецепторов на единицу поверхности дентина, иррадиацией болевого импульса по подкорковым образованиям.

Также проблемы с эффективностью анестезии возникают при лечении острых форм пульпита и удалении зубов с одонтогенным воспалительным процессом [Бакиев Б.А., 2018; Макеева И.М., 2011].

На наступление эффективной анестезии может влиять страх или чрезмерное беспокойство пациента. Такие состояния снижают порог болевой чувствительности, в результате чего даже ощущение давления, которое может сохраняться при эффективной блокаде болевых рецепторов, воспринимается как нестерпимая боль [Lin C.S., 2017].

Большие сложности, начиная со времени первого применения местной анестезии в стоматологии и по сегодняшний день [Khalil H., 2014; Lee C.R., 2019; Ahmad Z.H., 2014; Malamed S.F., 2011; Дарауше Х.М., 2022, Ушницкий И.Д., 2022], вызывает обезболивание боковых зубов нижней челюсти. С 1884 года, когда Уильям Холстед впервые продемонстрировал проводниковый метод обезболивания нижнечелюстных моляров — мандибулярную анестезию — проводниковые методы считались наиболее предпочтительными в данной области. Разные авторы выделяют от 71 до 85 методов проведения блокады нижнего альвеолярного нерва для обезболивания моляров нижней челюсти.

Проводниковые методы обезболивания вызывают сложности как у начинающих врачей, так и у специалистов со стажем [AlHindi M., 2016; Васильев Ю.Л., 2020]. Проводниковое обезболивание боковых зубов нижней челюсти (блокада нижнего альвеолярного нерва) является одной из самых неприятных и наименее эффективных инъекций в стоматологии [Malamed S.F., 2011]. Частота неудачи при блокаде нижнего альвеолярного нерва составляет 20-25 % [Kanaa M., 2009] и может быть больше при наличии воспаления в области проведения анестезии. Учитывая невысокий уровень успеха анестезии данной области, были разработаны многочисленные альтернативные методы.

Многие исследования демонстрируют высокий процент неудач местной анестезии, при лечении зубов с воспаленной пульпой — до 80 % — особенно если используются проводниковые методы обезболивания [J. Larocca de Geus, 2020]. Однако эффективность анестезии в этих исследованиях оценивалась после проведения первой инъекции, чего часто бывает недостаточно. Полной анестезии можно добиться после дополнительной инъекции с изменением техники или использованием вспомогательных средств. Истинная невозможность обезболивания — явление достаточно редкое.

1.1.3 Способы повышения эффективности местной анестезии в стоматологии

В последнее время активно изучается вопрос альтернативных методов обезболивания нижнечелюстных моляров, к которым относятся инфильтрационная, интралигаментарная, интрасептальная и внутрикостная анестезия. Эти техники часто используются как дополнительные, при основном проводниковом обезболивании [Макеева И.М., 2011; Kanaa M.D., 2012; Aggarwal V., 2020; Рабинович С.А., 2020; Васильев Ю.Л., 2021; Ушницкий И.Д., 2021]. Не исключается возможность использования вышеуказанных анестезий как самостоятельного метода обезболивания [Elbay Ü.Ş., 2016; Gazal G., 2016]. Мнения разных авторов по механизму интралигаментарной и интрасептальной анестезии расходятся. Так С.А. Рабинович классифицирует эти техники как пародонтальные [Рабинович С.А., 2000]. А.Ж. Петрикас, в свою очередь, указывает на сосудистый механизм вышеописанных анестезий, что доказывает рядом клинических исследований [Петрикас А.Ж., 2017].

Для повышения эффективности мандибулярной анестезии при лечении острых пульпитов можно увеличить объем вводимого анестетика с 1,8 до 3,6 мл (2 карпулы). Это значительно увеличивает вероятность успеха — до 77,5 %, но не решает проблему с обезболиванием необратимого симптоматического воспаления пульпы моляров полностью [Abazarpoor R., 2015].

Предопреационное иглоукальвание одной иглой в акупунктурную точку LI4 (Негу) повышает эффективность блокады нижнего альвеолярного нерва при лечении зубов с воспалением пульпы в 3 раза, с 20 % до 60 % [Jalali S., 2015].

Щечная инфильтрация артикаина с кеторолаком (30 мг) после проведения проводникового обезболивания моляров нижней челюсти увеличивает успешность обезболивания до 62 % [Aggarwal V., 2011].

Повышения эффективности местной анестезии в 1,5-2 раза можно добиться с помощью изменения параметров инъекции. Оптимальное давление на поршень, при введении местноанестезирующего раствора в ткани над надкостницей в диапазоне от 608 до 760 мм.рт.ст., позволяет увеличить скорость развития

обезболивающего эффекта. Соблюдение такого давления при инфильтрационной анестезии сокращает время достижения максимальных значений порога болевой чувствительности до 8 минут [Бабилов А.С., 2014].

Еще одним способом повышения эффективности местной инъекционной анестезии является неспецифическая и специфическая премедикация [Бизяев А.А., 2016]. Пероральный прием дексаметазона [Shahi S., 2013], ибупрофена [Bidar M., 2017], ацетаминофена и гидрокодона [Fullmer S., 2014], индометацина [Parirokh M., 2010], диклофенака и кеторолака [Nagendrababu V., 2018] или кетамина [Kaviani N., 2011] повышает эффективность мандибулярной анестезии при лечении симптоматического и бессимптомного пульпита. Однако не все из этих лекарственных препаратов разрешены для использования в стоматологии.

Предпринимаются попытки создания устройств для безыгольного обезболивания боковых зубов нижней челюсти (безыгольный интралигаментарный инъектор Numbee, BioDent), но пока такие приборы уступают в эффективности даже проводниковым методам анестезии [Christensen C., 2020; Каштанов А.Д., 2021, Чахов А.А., 2022, Ушницкий И.Д., 2022].

В современной стоматологии имеется большое количество эффективных и безопасных лекарственных средств, необходимых для проведения адекватного обезболивания [Столяренко П.Ю., 2010; Brignardello-Petersen R., 2017; Васильев Ю.Л., 2018]. Однако, многие авторы считают развитие и совершенствование местных анестетиков главным направлением повышения эффективности, качества и безопасности местной анестезии в стоматологии.

1.2 Тесты для определения чувствительности зубов

1.2.1 Электроодонтометрия

В настоящее время наиболее распространёнными и удобными для использования в клинической практике тестами измерения чувствительности пульпы зубов являются электроодонтометрия и холодовая проба. Эти тесты также могут использоваться для определения эффективности местной анестезии.

Многие стоматологи оценивают наступление обезболивания по эстезиометрии — определению тактильной чувствительности мягких тканей полости рта.

Электроодонтометрия (ЭОМ) — это метод оценки нервных элементов пульпы зуба с помощью электрического тока. Этот метод считается безопасным, так как ток не повреждает ткани зуба, может точно дозироваться и измеряться. ЭОМ подходит для многократного использования.

Методики оценки состояния нервных волокон пульпы зуба отличались в историческом аспекте и зависели от конструкции аппарата и характеристик используемого тока.

Первым использование электрического тока в диагностических целях предложил Мажито (Magito) в своей книге «Трактат о кариесе зубов», опубликованной во Франции в 1867 году. В своих работах он использовал индукционный ток, с помощью которого определял зубы с кариозными полостями. Позднее Маршалл [Marshall, 1891] и Вудворт [Woodwart, 1896] доказали возможность использования электроодонтодиагностики для оценки витальности пульпы зуба. В 1901 году были предприняты попытки стандартизации аппаратов для ЭОМ. Фьюти [Futy, 1901] предложил аппарат, действие которого было основано на индукционном токе. В конструкции аппарата было два электрода: пассивный электрод пациент зажимал в руке, а активный (платиновая булавка, обтянутая мокрым хлопком) прикладывали к исследуемому зубу. Силу электрического тока, подаваемого на ткани зуба, регулировали с помощью реостата. В 1907 году Хафнер [Hafner, 1907] оценил возможность использования переменного и постоянного тока в аппаратах ЭОМ.

До середины 1950-х годов в большинстве аппаратов для ЭОМ использовался биполярный электрод. Он располагался на противоположных поверхностях зуба (один на щёчной, а другой на нёбной), ток протекал от одного электрода к другому через коронку. Такая конструкция была крайне ненадёжна и вела к большим диагностическим ошибкам.

В 1970-х годах биполярный электрод был заменен на монополярный, а электрическая цепь замыкалась через руку стоматолога, которой он касался губ

пациента. В то же время аппараты для ЭОМ разделились на два подкласса: работающие от сети и от батарей.

В России метод электроодонтодиагностики связан с работами Л.Р. Рубина (1949), который в конце 40-х годов XX века разработал стандартную методику проведения теста, до сих пор отличающуюся от аналогов. Профессор Л.Р. Рубин использовал аппарат, работающий от сети и генерирующий синусоидальный переменный ток частотой 50 Гц. Такие характеристики позволяют измерять и дозировать фактическое значение действующего тока, что обуславливает высокую диагностическую эффективность [Makeeva I.M., 2017]. На основе открытий Л.Р. Рубина в России были созданы приборы для ЭОМ: ЭДАР, ОД-1, ОД-2, ОД-2М, ОСМ-50, ИВН-1, ЭОМ-1, ЭОМ-3. Однако, согласно ГОСТ Р МЭК 60601-1-2010 на сегодняшний день эти аппараты не соответствуют требованиям электробезопасности, которые предъявляются к медицинской аппаратуре.

Единственным аппаратом на данный момент, использующим в качестве стимула синусоидальный переменный ток, является ИВН-01 Пульптест-Про. Такая форма тока позволяет добиваться измерений высокой точности, независимо от характеристик исследуемого объекта. На дисплее аппарата отображаются истинные значения тока в микроамперах [Makeeva I.M., 2018]. Шкала прибора позволяет проводить измерения в диапазоне до 200 микроампер, что достаточно для стимуляции как миелинизированных А-волокон, так и немиелинизированных С-волокон.

Аналогами сетевых аппаратов являются тестеры, работающие от заряжаемых аккумуляторов или батареек. К ним относятся Digitest (Parkell, USA), ПульпЭст, ЭндоЭст (Геософт, Россия/Израиль). В таких приборах стимулом является импульсный ток отрицательной полярности [Makeeva I.M., 2018]. Импульсы генерируются три раза в секунду, что приводит к поляризации нервов. Шкала приборов ограничивается 80 условными единицами, чего достаточно только для стимуляции миелинизированных А-волокон и не хватает для стимуляции С-волокон [Narhi M., 1979; Abd-Elmeguid A., 2009].

Для лучшего прохождения электрического тока между активным электродом и зубом при ЭОМ рекомендуется использовать проводящую (интерфейсную) среду. Она не должна быть на жидкой основе, чтобы предотвратить ложноположительный результат при контакте с тканями десны или слюной [Abd-Elmeguid A., 2009].

Наиболее подходящее место расположения активного электрода, при проведении ЭОМ на зубах разных групп, у центральных резцов находится на режущем крае, у премоляров верхней челюсти — на язычном склоне щечного бугорка, у премоляров нижней челюсти — на щечном бугорке [Tian S.Y., 2017].

Считается, что наличие кардиостимулятора является абсолютным противопоказанием для проведения электроодонтометрии. Однако, современные исследования указывают на отсутствие каких-либо помех работе кардиостимулятора или водителя ритма при проведении ЭОМ как переменным током до 202 микроампер, так и импульсным током [Conde-Mir I., 2018].

Для функционально-диагностической оценки эффективности местного обезболивания был предложен метод лазерной доплеровской флоуметрии (ЛДФ) с помощью компьютеризированного лазерного анализатора капиллярного кровотока ЛАКК-02 (НПП «ЛАЗМА», Москва). Этот аппарат оценивает микроциркуляцию в пульпе зуба, которая, при создании депо анестетика с вазоконстриктором у апекса зуба (инфильтрационная, интралигаментарная, интрасептальная анестезии), уменьшается примерно в три раза [Анисимова Е.Н., 2013]. Основные сложности при местной анестезии в стоматологии возникают при использовании проводниковых техник обезболивания нижнеальвеолярного нерва и при лечении «горячих» зубов, т.е. зубов с необратимым симптоматическим пульпитом. Нет данных о достоверном изменении показателей ЛДФ в зубе при проведении его обезболивания на протяжении нерва (когда вазоконстриктор напрямую не воздействует на сосуды пульпы), а также при наличии необратимых изменений в пульпе зуба.

Для оценки эффективности обезболивания во время амбулаторных стоматологических манипуляций у детей различных возрастных групп были разработаны специальные аналого-визуальные шкалы, в заполнении которых

принимают участие ребенок, родитель и врач. Однако оценка эффективности анестезии в данном случае является ретроспективной, то есть проводится после завершения лечения [Анисимова Е.Н., 2020].

В попытке объединить и объективизировать методы ВАШ и ЭОМ, были разработаны многофакторные способы оценки эффективности анестезии. Например, «Способ оценки эффективности обезболивания при выполнении амбулаторных стоматологических вмешательств», в котором эффективность оценивается по аналого-визуальной шкале, заполняемой врачом и пациентом, и электроодонтометрии в совокупности [Анисимова Е.Н., 2017].

Для оценки «надёжности» местной анестезии был разработан метод, использующий показатели миотонометрии. При этом методе сравнивают показатели асимметрии тонуса до и через 15 минут после анестезии. Обезболивание считается успешным при снижении показателей более чем на 5 % [Иорданишвили А.К., 2010].

Значения электроодонтометрии зависят от наличия на зубе композитной пломбы, и её размера. Показания при измерении с бугра зуба имеют обратную корреляционную зависимость от объёма пломбы. В среднем, пломбы объёмом от 20 % до 60 % могут увеличивать показания ЭОМ в 2 раза [Федоринчик О.В., 2013].

Для повышения точности электроодонтодиагностики были попытки построения математических моделей с учётом пола, возраста, состояния эмали, наличия кариозных полостей, состояния периодонта и пародонта. Они позволяют на основании клинических и параклинических методов диагностики рассчитать диапазон значений ЭОМ для различных нозологий у конкретного зуба [Хамилов К.П., 2010]. Однако, один из основателей метода профессор Л.Р. Рубин утверждал, что одни и те же изменения электровозбудимости пульпы могут возникать при самых разных патологических состояниях, поэтому никаких диапазонов для различных заболеваний устанавливать нельзя [Рубин Л.Р., 1976]. Электроодонтодиагностика даёт представление не о состоянии пульпы зубов, а о целостности и функционировании её нервного аппарата.

В настоящее время высокая чувствительность пульпы на раздражители (в том числе и на электрический ток) объясняется большим скоплением сенсорных нервов в субодонтобластическом сплетении Рашкова. Феномен резкого понижения либо отсутствия электровозбудимости постоянных зубов, находящихся в стадии формирования корней, объясняется в литературе бедностью пульпы нервными элементами, которые представлены единичными тонкими волокнами типа кустиков или усиков. По мере развития зуба происходит усложнение иннервации пульпы, которое завершается миелинизацией нервных волокон и формированием субодонтобластического нервного сплетения. Снижение электровозбудимости молочных зубов в период рассасывания корней некоторые авторы объясняют возникновением воспалительных изменений в пульпе под воздействием внешних факторов (патогенных микробов, грибков, продуктов гниения пищи), при полном сохранении её структуры [Nagarathna S., 2015; Younessian, 2021 F.; Hori A., 2011].

Одним из вариантов развития метода ЭОМ является создание аппаратов для электроодонтометрии периодонта, для повышения эффективности диагностики его состояния.

Считается, что показания электроодонтометрии интактных зубов составляют от 2 до 6 микроампер (мкА). Согласно клиническим рекомендациям Стоматологической Ассоциации России (СТАР), даже незначительное снижение показателей ЭОМ зуба до 20-25 мкА свидетельствует о наличии изменений в пульпе. Однако, по данным А.Ж. Петрикаса (2002) значения электроодонтометрии интактных зубов у пациентов 18-42 лет составляют от 2 до 28 мкА. Другие исследования показывают, что значения ЭОМ от 40 % до 67 % зубов не укладываются в диапазон «нормы» для интактных зубов 2-6 мкА [Просветов и др., 2013]. Индивидуальная чувствительность к диагностическому току подвержена выраженным колебаниям среди различных групп пациентов. Значительный разброс показателей не позволяет «привязать» цифровые значения ЭОМ к определенному диагнозу при обследовании пациента [Николаев А.И., 2015].

Средние показатели электроодонтометрии зависят не только от групповой принадлежности зуба, но и от этнических особенностей пациента. Например,

электровозбудимость зубов у представителей Африки достоверно ниже, чем у жителей Средней Азии и России [Просветов Р.С., 2013].

Показатели электроодонтометрии зубов могут повышаться при наличии кариозной полости. При поражении дентина, независимо от глубины, значения ЭОМ увеличиваются вдвое: с ≈ 11 мкА до 25 мкА [Беккожина Г.Р., 2014].

Наличие флюороза также влияет на показатели электроодонтометрии. Зубы, пораженные флюорозом, реагируют на более высокие пороговые значения ЭОМ, чем интактные зубы [Vemisetty H., 2016].

Нагрузка при ортодонтическом перемещении зубов может вызывать повышение показателей электроодонтометрии интактных зубов на всем протяжении лечения, вплоть до ложноотрицательных результатов тестирования [Modaresi J., 2015].

1.2.2 Холодовой тест

Одним из самых доступных методов диагностики состояния пульпы в практической стоматологии является холодовая проба или холодовой тест (cold-test, freez-test). Он основан на гидродинамической активации нервных окончаний дентинных канальцев путём изменения объёма их содержимого. Это достигается воздействием холодового агента определённой температуры на поверхность зуба. Быстрое понижение температуры в области эмалево-дентинного соединения вызывает движение дентинной жидкости, направленное кнаружи. Образующееся давление стимулирует А-дельта нервные волокна, раздражение которых вызывает резкую, кратковременную, локализованную боль в интактных зубах, которая может служить диагностическим признаком [Бердженхолц Г., 2013].

Известны различные методы стимуляции пульпы низкими температурами: с помощью двуокиси углерода («сухого льда»), этилхлорида, льда или холодной воды. Вода низкой температуры и лёд могут стекать на десну, вызывая ложноположительную реакцию, а двуокись углерода имеет экстремально низкую температуру (около -77°C), которая может стать причиной образования трещин эмали или необратимого поражения пульпы. Для проведения холодового теста в

клинике терапевтической стоматологии используются специальные хладагенты: дихлордифторметан, дихлорфторэтан ($-6,1 \pm 2,5^{\circ}\text{C}$), тетрафторэтан ($-18,5 \pm 7^{\circ}\text{C}$), пропан-бутановая смесь ($-28 \pm 11,2^{\circ}\text{C}$) [De Morais C.A., 2008].

Использование экстремально низких температур для оценки состояния пульпы является безопасным и не вызывает нарушения её морфофункциональных характеристик, при условии правильного проведения теста. Воздействие самого агрессивного хладагента (двуокись углерода, -77°C) на поверхность зуба в течение 10 секунд вызывает снижение температуры в пульпарной камере с 35°C до $31,3^{\circ}\text{C}$ [Rickoff B., 1988].

Наиболее точные результаты при проведении холодого теста достигаются, когда носитель хладагента располагают с вестибулярной стороны в пришеечной области зуба [Castillo-Silva B.E., 2019].

Часто, при отсутствии специальных холодых спреев, клиницисты используют для проведения холодной пробы лёд, холодную воду или пытаются охладить поверхность зуба струёй воздуха из пюстера [Mitronin A.V., 2020; Tan A.S., 2017].

Температурное напряжение, возникающее при проведении холодого теста, действует намного быстрее, чем при проведении теплового теста, однако оно менее стойкое. Максимальное температурное напряжение возникает на кончике одонтобласта, а затем передаётся через боковые стенки и терминальную фибриллу путём высвобождения медиаторов. Это объясняет более сильные болевые ощущения в пульпе зуба при приёме холодных жидкостей, чем при употреблении горячих напитков [Gholampour S., 2018].

Тесты на чувствительность (в том числе и холодной тест) могут использоваться не только для выявления витальности пульпы, но и для определения её воспаления. Хотя такие тесты не позволяют количественно оценить состояние пульпы и степень её воспаления, реакция поражённой пульпы на холодные раздражители значительно отличается от реакции интактной пульпы [Castillo-Silva B.E., 2019].

Холодовой тест показывает наибольшую чувствительность, специфичность и точность в диагностике необратимого пульпита, по сравнению с тепловым тестом и тестированием импульсным током [Balevi B., 2019; Villa-Chávez C.E., 2013]. При диагностике некроза пульпы холодной тест показывает точность около 90 % [Farughi A., 2021; Neves V.C., 2017].

Состояние пульпы с помощью холодных тестов оценивается по продолжительности следовой боли, после устранения воздействия хладагента. Интактные зубы обычно не имеют следовой боли на температурные раздражители, либо она очень кратковременна (1-2 секунды). Продолжительность в 4-5 секунд указывает на наличие обратимых форм пульпита, что подтверждается высоким значением уровня матриксной металлопротеиназы-8 (MMP-8) — 0,36 нг/мл. Следовая боль, длящаяся более 6 секунд, соответствует необратимым формам пульпита, со значением MMP-8 1,97 нг/мл [Aguirre-López E.C., 2020].

Температурные тесты являются основными диагностическими критериями в случаях, когда проведение других тестов на витальность или чувствительность невозможно. Так при диагностике состояния пульпы временных зубов, в момент формирования или резорбции корня, и постоянных зубов, в момент формирования корня, данные электроодонтодиагностики могут вводить в заблуждение. Это связано с незавершенным развитием нервного сплетения Рашкова. В таких случаях холодной тест наиболее объективен в оценке витальности и статуса пульпы [Nogi A., 2011; Nagarathna S., 2015].

При проведении ортодонтического лечения также снижается порог чувствительности пульпы зуба на электрический ток. Термические тесты у таких пациентов являются более надежным способом оценки витальности пульпы [Alomari F.A., 2011].

Лучевая терапия, при лечении злокачественных новообразований полости рта и ротоглотки, значительно снижает чувствительность пульпы зубов. Через 6 месяцев после начала радиотерапии в дозе 67-70 Грей зубы, ранее отвечавшие на холодной тест как интактные, в 100 % случаев показывают ложноотрицательный результат [Gupta N., 2018].

Реакция на холодовой раздражитель может быть снижена при наличии определённых соматических патологий. В частности, у пациентов, страдающих диабетом 2 типа реакция на холодовой тест зубов верхней челюсти значительно ниже, чем у пациентов, не страдающих данным заболеванием [Kermani T., 2020].

Наличие дентиклей (кальцификатов пульпы) может влиять на результат холодового теста. В большинстве случаев (85 %) зубы, в пульпе которых обнаруживались дентикли, отвечали немедленной болевой реакцией на холодовой раздражитель [Bonilla-Represa V., 2021].

При оценке статуса пульпы зуба, восстановленного искусственной коронкой, могут возникнуть сложности с такими тестами, как электроодонтометрия и лазерная доплеровская флоуметрия. В этих случаях наиболее чувствительным (87 %) и точным (87 %) является холодовой тест, значение которого не зависит от пола, возраста, групповой принадлежности зуба, типа непрямой реставрации и наличия абатмента. Однако его результаты следует интерпретировать в совокупности с другими клиническими признаками [Almutairi W., 2020; Hazard M.L., 2021].

Температурные тесты могут использоваться не только для оценки витальности и морфофункционального состояния пульпы, но и для оценки эффективности пульпарной анестезии перед эндодонтическим лечением. Это необходимо в случаях, когда ожидаются неудачи основной анестезии (например, при лечении симптоматического необратимого пульпита боковых зубов нижней челюсти). Чувствительность и положительная прогностическая ценность холодового теста в данном случае составляет 87 % и 93 % соответственно [Sayed M. El, 2021].

Для понимания процессов, происходящих в структурах зуба при воздействии низких температур, были предприняты попытки создания математических моделей. Такие модели предоставляют информацию о температурных полях в зубе и кинетике температурных изменений в различных субдоменах зуба, что может помочь стоматологу в выборе метода диагностики и лечения [Ciesielski M., 2016].

Несмотря на простоту проведения, высокую чувствительность и точность, а также доступность хладагентов, холодовой тест используется стоматологами

достаточно редко. Применение данного метода диагностики при эндодонтическом лечении среди стоматологов общей практики по разным данным составляет от 6 до 30 %. Чаще он используется в случаях, когда пациент обращается за помощью с симптомами боли различной степени интенсивности (32,4 %), и намного реже — когда боль у пациента отсутствует (6,5 %) [Kong и др., 2017]. При диагностике глубокого кариеса холодовую пробу используют только 50,2 % стоматологов [Edwards D., 2021].

1.2.3 Косвенные признаки наступления анестезии

Многие врачи-стоматологи, при использовании проводниковой анестезии зубов нижней челюсти, ориентируются на наступление обезболивания мягких тканей полости рта и кожи как фактор, указывающий на начало и успех анестезии. Это обосновано тем, что в составе нижнего альвеолярного нерва присутствуют пучки, иннервирующие как все группы зубов одной стороны нижней челюсти, так и слизистую оболочку щеки в области фронтальных зубов, кожу нижней губы и подбородка [Nug M.S., 2013]. Однако, язык и десна язычной стороны нижней челюсти иннервируются язычным нервом, а слизистая щеки в области боковых зубов нижней челюсти — щечным. Эти зоны теоретически должны обезболиваться при проведении торусальной анестезии, и не должны при проведении мандибулярной, техникой одного вкола [Balasubramanian S., 2017].

Наибольшие сложности в достижении анестезии вызывает блокада нижнего альвеолярного нерва, в то время как язычный и щечный нервы, при создании депо анестетика в области их расположения, анестезируются намного эффективнее. Это связывают со строением стволов этих нервов: нижний альвеолярный нерв является многопучковым, в нем за каждую зону иннервации (моляры, премоляры, фронтальные зубы, слизистая щеки, губы, кожа губы и подбородка) отвечает отдельный пучок, в то время как язычный нерв часто бывает монопучковым [Tan V.L., 2014].

Анестезия мягких тканей полости рта не всегда коррелирует с наступлением анестезии пульпы. При оценке онемения десны в области зуба, доктора

используют различные (острые и тупые) стоматологические инструменты, надавливая на десну с разной силой. Это приводит к ошибкам в оценке и интерпретации результатов, о чем говорит высокий разброс показателей эффективности косвенных признаков обезболивания мягких тканей в качестве метода оценки эффективности анестезии [Cho S.Y., 2018].

Резюме

На сегодняшний день одной из распространенных проблем стоматологии является достижение анестезии пульпы зуба. Наиболее часто она возникает при использовании проводниковых техник обезболивания или при лечении необратимых форм пульпита. Сложности у врачей-стоматологов вызывает также диагностика наступления анестезии пульпы зуба. Возникающая в процессе лечения боль может являться пусковым фактором многих осложнений местной анестезии. Она может вызывать неотложные состояния у пациентов с сопутствующей патологией сердечно-сосудистой системы, являться причиной отказа от стоматологического лечения и посещения стоматолога у людей с дентофобией, а также снижает комплаентность пациентов.

Существует множество противоречивых данных относительно преимуществ использования тех или иных тестов оценки чувствительности пульпы, при их использовании для определения эффективности анестезии. Однако в этих исследованиях практически не используется метод электроодонтометрии переменным током. Также отсутствуют убедительные данные относительно пороговых значений количественных тестов.

Особенно интересным, в аспекте изучения тестов оценки чувствительности пульпы, является изучение электроодонтометрии. В частности, определение зависимости возникновения чувствительности у пациентов при достижении определенного результирующего действия тока. Иными словами, это поможет понять в какой области корневого канала и при каких характеристиках тока в интактном зубе у пациента возникают болевые ощущения в ответ на стимуляцию током. Ранее с проведением подобных исследований возникали сложности, ввиду небольших размеров корневых каналов и невозможностью измерения

характеристик тока в зубе напрямую. Однако с развитием компьютерного моделирования и появлением программ для анализа методом конечных элементов открываются новые перспективы как для реабилитации электроодонтометрии в качестве метода диагностики состояния пульпы, так и для повышения точности этого теста при оценке эффективности анестезии.

ГЛАВА 2. МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

В рамках диссертационной работы было проведено две серии исследований: лабораторные и клинические, по изучению точности различных методов оценки чувствительности зубов при определении эффективности местной анестезии, и факторов, влияющих на их диагностические характеристики (рисунок 1).

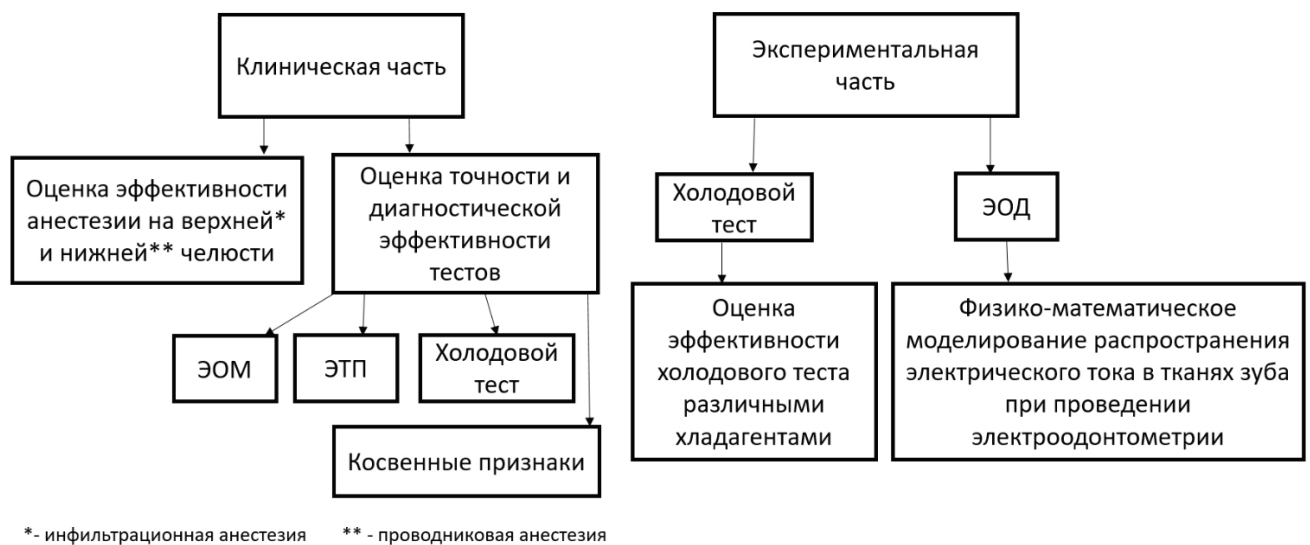


Рисунок 1 — Схема проведения диссертационного исследования

2.1 Лабораторное исследование: физико-математическое моделирование распространения электрического тока в тканях зуба при проведении электроодонтометрии

Электроодонтометрия — это физический метод параклинической оценки состояния нервного аппарата пульпы зуба, путем стимуляции его электрическим током. Считается, что значения показателей этого метода зависят от множества факторов, таких как наличие воспаления в пульпе, степень сформированности нервных волокон и окончаний, индивидуальная чувствительность к диагностическому току, этническая принадлежность пациента, состояние твердых тканей (наличие кариеса, флюороза, гипоплазии, пломб и т.д.). Все эти факторы

являются либо физиологическими, либо морфологическими. Несмотря на то, что электроодонтометрия является физическим методом, физические факторы и законы распространения и воздействия электрического тока на зуб в данном случае не учитываются [Рубин Л.Р., 1976; Николаев А.И., 2014].

Твердые ткани зуба являются сильными диэлектриками, поэтому считается, что при проведении электроодонтометрии, ток проходит по пути наименьшего сопротивления — то есть по каналу зуба, где и оказывает воздействие на нервный аппарат пульпы, которое выражается для пациента чувствительностью разной степени. Однако характеристики конфигурации корневого канала, которые, опираясь на законы физики, должны оказывать прямое влияние на характеристики диагностического тока, а значит и результаты теста, обычно не учитываются.

А.Ж. Петрикас с соавторами, изучая реакцию центральных резцов детей различных возрастных групп на электроодонтодиагностику, установил прямую зависимость силы диагностического тока, вызывающего ощущения в зубе, от степени формирования корня и ширины апекса. Однако, установить наличие причинно-следственной связи показателей ЭОД и ширины апикального отверстия в данном исследовании не удалось [Петрикас А.Ж., Ларичкин И.О. и др., 2020].

Для изучения процессов, проходящих в тканях зуба, при воздействии на него электрического тока во время проведения электроодонтометрии, была создана компьютерная модель зуба, расчет показателей которой проводили по методу конечных элементов. Для создания модели и расчета характеристик была использована программа COMSOL Multiphysics® (2015), Стокгольм, Швеция. Это кроссплатформенное программное обеспечение для анализа методом конечных элементов, решателя и мультифизического моделирования, а также создания расчетных математических моделей для описания реальных физических явлений. По сравнению с проведением реальных экспериментов, моделирование позволяет быстрее, эффективнее и точнее описать изучаемые процессы. Успешные расчеты, основанные на экспериментально подтвержденных моделях, могут в известной степени заменить физические эксперименты и позволяют лучше понять и изучить интересующее явление или процесс.

В физическом интерфейсе модель описали такими характеристиками, как электропроводность эмали, дентина, пульпы зуба, а также альвеолярной кости, десны и губы.

В качестве прототипа для модели, как типичный представитель однокорневых зубов, имеющий среднюю среди фронтальных ширину канала и диаметр апекса, был выбран зуб 2.2, с которого были сняты измерения его геометрической формы (рисунок 2).



Рисунок 2 — Зуб 2.2 — прототип трёхмерной модели

Далее зуб был рассечен на фрагменты в горизонтальной плоскости с толщиной среза в ≈ 2 миллиметра. На срезах измерялась толщина твердых тканей (эмали и дентина), а также размеры и положение корневого канала (рисунок 3).



Рисунок 3 — Спилы зуба 2.2 при измерении толщины твердых тканей и размера корневого канала

По этим данным была построена 3D модель зуба 2.2, интегрированного в альвеолярную кость, окруженную десной и частью губы (рисунок 4).

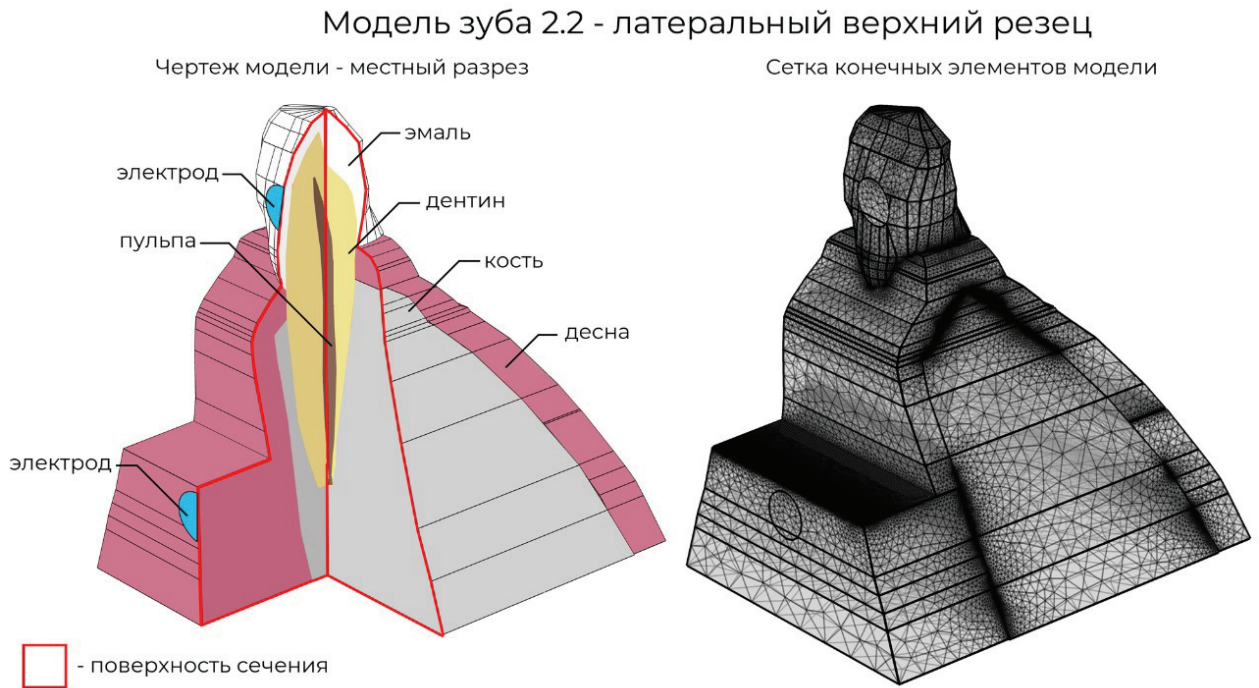


Рисунок 4 — Трёхмерная модель зуба 2.2 в программе Comsol Multiphysics

Все перечисленные ткани были смоделированы отдельными элементами (рисунок 5).

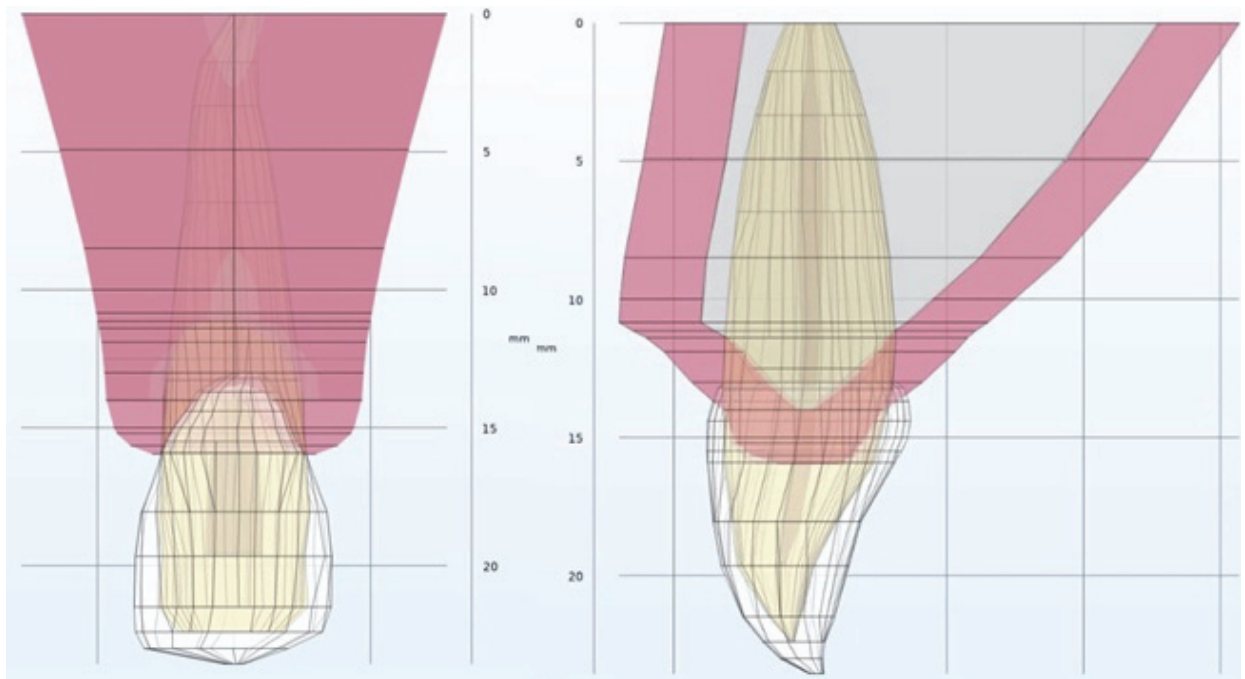


Рисунок 5 — Элементы модели, симулирующие ткани зуба 2.2

При изучении литературных источников нам не удалось найти достоверные данные об электропроводности тканей зуба, поэтому, для задания этой характеристики модели, нами была самостоятельно определена электропроводность эмали, дентина и пульпы.

Для измерения удельной электрической проводимости χ тканей, необходимой для компьютерного моделирования, были подготовлены образцы дентина, эмали и пульпы. Электрическая проводимость L — величина, обратная электрическому сопротивлению $L = 1/R$. Электрическое сопротивление образцов тканей измерялось методом амперметра-вольтметра, при котором измерялось значение тока, протекающего через измеряемое сопротивление и падения напряжения на нем. В качестве источника тока использовался программируемый источник питания АКИП 1143/300/10 позволяющий прикладывать 250 вольт напряжения к исследуемым образцам тканей зуба. Величина проходящего тока измерялась посредством универсального вольтметр В7-78/1. В дальнейшем по закону Ома рассчитывалось сопротивление тканей. Поскольку для моделирования требовалось значение удельной электрической проводимости χ , необходимо было измерить так же длину образца l между электродами, к которым прикладывалось напряжение, и площадь поперечного сечения S . Далее по формуле (1) находилось необходимое значение:

$$\chi = \frac{l}{RS} \quad (1)$$

В таблице представлены электрические свойства тканей зуба (Таблица 4):

Таблица 1 — Электрические свойства тканей зуба

Вид ткани	R, Ом	L, См	χ , См/м
Дентин	20×10^6	5×10^{-8}	$8,3 \times 10^{-6}$
Эмаль	50×10^6	2×10^{-8}	$1,66 \times 10^{-6}$
Пульпа	$1,4 \times 10^6$	$7,14 \times 10^{-7}$	0,042
Кость	—	—	0,0042
Десна	—	—	0,00042

Показатели удельной электропроводности для альвеолярной кости, десны и губы были взяты из данных литературных источников [Sandrolini L., 2013; Krizaj D., 2004].

В ходе подготовки к созданию модели нами была выдвинута гипотеза о зависимости показателей электроодонтометрии от конфигурации всего корневого канала, а не только его апикальной части, а также о возникновении у пациентов ответной реакции на диагностический ток при достижении определенного значения результирующего действия тока, проходящего через канал зуба, в частности от плотности тока, которая теоретически должна меняться в канале обратно пропорционально изменению ширины апикального отверстия.

Для подтверждения гипотезы на основе модели зуба 2.2 были созданы 5 трёхмерных моделей, которые характеризовали формирование корня зуба 2.2. Значения показателей электроодонтометрии и ширины апикального отверстия были взяты из материалов предыдущего исследования [Петрикас А.Ж., 2020].

2.2 Клинико-лабораторное исследование: оценка эффективности холодового теста различными хладагентами при определении витальности зубов

Для сравнения самых распространенных хладагентов и определения факторов, влияющих на результаты холодовой пробы и частоту возможности её использования в качестве метода для оценки эффективности анестезии, было проведено клинико-лабораторное исследование. Оно включало в себя обследование и проведение холодных проб на 292 зубах с интактной пульпой у 50 пациентов (19 мужчин и 31 женщина в возрастном диапазоне от 19 до 26 лет) без проведения анестезии. Критерии включения были те же, что и в клинической части диссертационного исследования, с некоторыми дополнениями к исследуемым зубам:

- витальность зуба
- отсутствие ортопедической конструкции на зубе

- отсутствие жалоб у пациента на исследуемый зуб

Все пациенты были разделены на 2 группы по 25 человек.

1-я группа (151 зуб) — в качестве хладагента использовали лёд ($t = 0\sim-5^{\circ}\text{C}$).

2-я группа (141 зуб) — в качестве хладагента использовали спрей «Cold Spray», Polident™, Германия (действующее вещество — пропан-бутановая смесь, $t = -50^{\circ}\text{C}$).

Пациентам проводили стандартный стоматологический осмотр. Отдельно отмечалось:

- наличие зубных отложений
- наличие кариеса и его локализация
- наличие пломб и их локализация
- патологическая стираемость твёрдых тканей зубов
- некариозные поражения твердых тканей зубов
- состояние краевого пародонта
- время реакции на раздражитель

Эти данные заносились в протокол исследования. Далее выполнялась холодовая проба выбранным хладагентом. Тест со спреем «Cold Spray» проводился по вышеописанной методике (в главе 2.3.6).

Для оценки чувствительности твердых тканей зубов с помощью льда, пациенту разъясняли характер процедуры, затем проводили очищение исследуемого зуба от мягких и твёрдых зубных отложений. Зуб изолировали хлопковыми валиками, высушивали. Кубик льда размером 3×3 мм прикладывали к пришеечной части вестибулярной поверхности коронки зуба с помощью пинцета. Когда появлялись ощущения, пациент подавал сигнал и тест прекращался. При положительном результате холодового теста, отмечали скорость реакции. Если спустя 5 секунд после начала воздействия раздражителя реакции не было, проводили электроодонтометрию исследуемого зуба, для оценки его витальности.

2.3 Клиническое исследование

2.3.1 Контингент пациентов и формирование групп исследования

Клиническое исследование проводилось на базе кафедры терапевтической стоматологии ФГБОУ ВО Тверского ГМУ Минздрава России и стоматологической поликлиники ТГМУ, которая оказывает амбулаторную стоматологическую помощь в соответствии со стандартами и клиническими рекомендациями Стоматологической Ассоциации России.

Клиническое исследование включало обследование и лечение 114 зубов у 114 пациентов (48 мужчин и 66 женщин в возрасте от 19 до 74 лет), обратившихся за помощью в стоматологическую клинику по поводу кариеса и его осложнений.

Критериями включения в исследование являлись:

- возраст старше 18 лет;
- обращение в клинику с диагнозом: K02.1 — кариес дентина (средний и глубокий по классификации И.Г. Лукомского), K04.03 — хронический пульпит (хронический фиброзный и хронический язвенный по классификации Т.Т. Школяр). Далее в тексте для удобства используются классификации И.Г. Лукомского и Т.Т. Школяр;
- способность и желание подписать добровольное информированное согласие;
- неучастие в других исследованиях на момент обращения;
- отсутствие беременности;
- группа здоровья I-II по ASA;
- возможность проведения ЭОМ и холодового теста и отсутствие противопоказаний к ним;
- положительная реакция зуба на ЭОМ и холодовой тест до проведения анестезии.

Из исследования исключались пациенты, испытывавшие боль после пульпэктомии (во время ирригации или пломбирования корневых каналов).

Все пациенты были распределены методом рандомизации на 3 группы исследования по 38 человек в каждой (таблица 2):

Таблица 2 — Распределение пациентов исследуемых групп по возрасту

Группы	18-29	30-39	40-49	50-59	60+
Исследуемая группа №1 (ИВН-01 Пульптест-Про)	16	5	4	4	9
Исследуемая группа №2 (PulpEst)	12	5	9	6	6
Исследуемая группа №3 (Cold Spray)	2	16	10	7	3
Итого:	30	26	23	17	18

1-я группа — (19 мужчин, 19 женщин), оценка эффективности анестезии при лечении среднего и глубокого кариеса и пульпита проводилась с помощью электроодонтометрии аппаратом ИВН-01Пульптест-Про.

2-я группа — (17 мужчин, 21 женщина), оценка эффективности анестезии при лечении среднего и глубокого кариеса и пульпита проводилась с помощью электротестирования аппаратом PulpEst.

3-я группа — (12 мужчин, 26 женщин), оценка эффективности анестезии при лечении среднего и глубокого кариеса и пульпита проводилась с помощью холодого теста (Cold-test) хладагентом «Cold Spray», Polydent™.

Клиническое обследование пациента включало общеклинические, рентгенологические и функциональные методы исследования. Данные обследования (паспортная часть, жалобы пациента на момент обращения в клинику, анамнез заболевания, предварительный и окончательный диагнозы, данные рентгенографии, протокол лечения) заносились в медицинскую карту ф.043/у. Отмечались данные о проводимом ранее стоматологическом лечении под местной анестезией, её эффективности.

При проведении диссертационного исследования были использованы стандартные протоколы обследования и лечения кариеса и заболеваний пульпы, утверждённые Советом Стоматологической Ассоциации России 30 сентября 2014 года.

Исследование проводилось в соответствии с Хельсинской декларацией Всемирной медицинской ассоциации и нормативными документами Российской Федерации по клиническим исследованиям. Все пациенты дали информированное добровольное согласие на участие в исследовании.

2.3.2 Оценка статуса здоровья по ASA

Для определения физического статуса пациентов и оценки анестезиологического риска была использована классификация Американского общества анестезиологов — ASA physical status classification system [Hurwitz E.E., 2017]. Она тесно коррелирует с вероятностью осложнений и позволяет выявить пациентов с высоким риском их возникновения после анестезии и медицинского вмешательства.

В серию клинических исследований были включены пациенты, относящиеся к I и II группам данной классификации.

I группа — здоровые пациенты (не курящие, мало употребляющие алкоголь);

II группа — пациенты с легкими системными заболеваниями без существенных функциональных ограничений (курящие, имеющие I-II степень ожирения, компенсированный сахарный диабет, контролируемую артериальную гипертензию, легкие заболевания дыхательной системы) [Hurwitz E.E., 2017].

Пациенты III-V групп не включались в исследование, так как амбулаторный прием таких пациентов часто требует консультации лечащего врача, проведения фармакологической подготовки и премедикации.

2.3.3 Методы проведения анестезии и анестетики

При проведении серии клинических исследований для местной анестезии были использованы препараты амидного ряда на основе 4 % артикаина с разведением вазоконстриктора от 0,005 мг/мл (1:200000) до 0,01 мг/мл (1:100000).

Выбор разведения вазоконстриктора в составе местного анестетика производился в зависимости от соматического статуса пациента, а также диагноза и предположительного времени, необходимого для стоматологических манипуляций.

Во всех случаях сначала проводилась только основная анестезия, потом оценивалась чувствительность зубов с помощью одного из методов, а затем выполнялось лечение. Если во время лечения пациент испытывал боль, проводилась дополнительная анестезия.

Техника проведения местной анестезии зависела от групповой принадлежности зуба, подлежащего лечению. При лечении зубов на верхней челюсти, как основная была использована инфильтрационная анестезия с вестибулярной стороны в объёме 1,0 мл анестетика. В качестве дополнительных методов, при недостаточности основной анестезии, проводилась повторная инфильтрация с вестибулярной стороны в объёме 0,5 мл.

При стоматологическом вмешательстве на резцах, клыках и премолярах нижней челюсти, основной анестезией также была инфильтрационная с вестибулярной стороны. Объём анестетика составлял от 1,0 до 1,8 мл. Дополнительными методами на фронтальных зубах нижней челюсти и премолярах служили интралигаментарная и интрасептальная анестезии в объёме 0,2 мл.

При проведении манипуляций на молярах нижней челюсти в качестве основной анестезии служила мандибулярная. После достижения иглой внутренней мишени и проведения двойной аспирационной пробы, вводили 1,8 мл анестетика. В дополнение к проводниковым, при необходимости использовались инфильтрационная, интралигаментарная или интрасептальная анестезии.

2.3.4 Оценка эффективности местной анестезии аппаратом ИВН-01

Пульптест-Про

Электроодонтометрия (ЭОМ) является одним из самых надежных методов оценки чувствительности пульпы, который реализуется без вмешательства в твердые ткани и полость зуба [Макеева И.М., 2018]. ЭОМ основано на электрической стимуляции через эмаль и дентин сенсорных нервов (А- σ и С-волокон) различной силой тока, нарастающей во времени. Важно, что по результатам теста можно судить только о целостности и функциональности нервного аппарата пульпы, а не о её витальности.

В норме пульпа зуба реагирует на электрический ток малой силы, проходящий через неё, ощущением покалывания, лёгкого толчка, слабой болью. Считается, что такая высокая чувствительность связана с большим количеством сенсорных нервных окончаний в субодонтобластическом нервном сплетении Рашкова.

Положительным результатом теста для пациента служит появление чётких ощущений в зубе различной интенсивности. Количественным показателем является цифровое значение на дисплее прибора, выраженное в микроамперах (мкА). Несмотря на точную количественную оценку чувствительности пульпы зуба, ЭОМ включает в себя субъективный компонент, а именно ответную реакцию пациента и его сигнал о появлении ощущений.

Аппарат ИВН-01 Пульптест-Про предназначен для определения возбудимости нервных элементов пульпы зуба. Стимулом служит переменный синусоидальный ток частотой 50 ± 1 Гц и действующим значением от 0 мкА до 200 мкА. Аппарат работает от сети переменного тока с номинальным напряжением 220В и соответствует ГОСТ Р 50267.0 по требованиям электробезопасности.

При оценке эффективности обезболивания, порог болевой чувствительности пульпы зубов определялся дважды: до проведения анестезии, чтобы удостовериться в ответе пульпы на воздействие раздражителя и исключить ложноположительный результат теста, и после, спустя время, равное латентному периоду анестезии, от проведения инъекции до выключения сенсорной иннервации. Латентный период для инфильтрационной анестезии составлял 4-5 минут, что соответствует времени диффузии раствора через кортикальную пластинку к апексу причинного зуба. При проводниковых анестезиях электроодонтометрия проводилась спустя 15-17 минут, что связано с медленным пропитыванием нижнего альвеолярного нерва раствором анестетика.

Перед первым измерением оценивалось наличие противопоказаний к электроодонтометрии у пациента, а также местный статус. Абсолютным противопоказанием к электроодонтометрии считалось:

- наличие кардиостимулятора
- наличие психических расстройств
- невозможность высушить поверхность зуба
- непереносимость пациентом электрического тока

При оценке местного статуса учитывались факторы, которые могли влиять на результаты электроодонтометрии:

- наличие на исследуемом зубе больших пломб из композитных материалов
- наличие на причинном зубе искусственных коронок или виниров
- значительное разрушение коронки исследуемого зуба
- воспаление тканей пародонта в области исследуемого зуба с образованием пародонтальных карманов, рецессией десны
- подвижность причинного зуба
- наличие на причинном зубе брекет-системы или ретейнера
- возможность облитерации корневых каналов

Вышеописанные факторы могут препятствовать адекватному прохождению электрического импульса через ткани зуба и давать как ложноотрицательный ответ при оценке интактной пульпы, так и ложноположительный ответ при оценке эффективности анестезии.

Аппарат ИВН-01 Пульптест-Про (рисунок 6) состоит из блока управления и двух электродов: активного и пассивного.



Рисунок 6 — Аппарат ИВН-01 Пульптест-Про

Пассивный электрод представляет собой металлический цилиндр с кнопкой на торце. Цилиндр помещается в руку пациента и через него замыкается первый узел цепи. Для лучшего прохождения электрического тока пассивный электрод оборачивают марлей, смоченной в водопроводной воде. Дистиллированная вода или раствор антисептика для этого не используются, так как являются

диэлектриками. Активный электрод выполнен пластмассовым цилиндром с металлическим зондом в виде иглы на конце. Через этот зонд врач замыкает второй узел цепи на зубе пациента. Для увеличения площади контакта и создания непрерывного соединения между активным электродом и зубом используются проводящие среды (вещество пастообразной консистенции, хорошо проводящее электрический ток). В качестве проводящей среды при проведении ЭОМ в серии клинических исследований была использована зубная паста.

Перед выполнением ЭОМ пациенту давались разъяснения о характере процедуры и его возможных ощущениях, просили снять с руки, где будет располагаться пассивный электрод, все металлические предметы (кольца, браслеты, часы).

На блоке управления прибором выбирали скорость тестирования. Аппарат ИВН-01 Пульптест-Про позволяет проводить исследование с медленной (первой) и быстрой (второй) скоростью. При электроодонтометрии витального интактного зуба рекомендуется использовать первую скорость, так как при медленном нарастании силы тока пациент испытывает более «мягкие» ощущения и успевает быстрее среагировать на стимул. При оценке эффективности анестезии удобнее проводить тестирование на второй скорости, так как это отнимает меньше времени, а ощущения пациента под воздействием анестезии остаются нерезкими и не болезненными.

Пассивный электрод, обёрнутый влажным марлевым тампоном, помещали в руку пациента и просили его нажать на кнопку по сигналу врача и отпустить, при появлении первых чётких ощущений в зубе. Исследуемый зуб изолировали с помощью хлопковых тампонов и высушивали ватным шариком, протирая в направлении от режущего края к экватору. На активный электрод наносили проводящую среду и размещали его в пришеечной области коронки зуба с вестибулярной стороны. Пациенту подавался сигнал о начале процедуры. Работа аппарата сопровождалась звуковой индикацией, которая сообщает о замыкании цепи на зубе пациента, нарастании диагностического тока и прерывании цепи.

По завершении процедуры, когда пациент почувствовал стимул и отпустил кнопку, значение ЭОМ фиксировались на дисплее прибора на блоке управления.

При значении первого измерения 100 мкА и более в зубе, с предположительно витальной пульпой, без возможности устранения причины ложноотрицательного результата теста (сильное разрушение коронки зуба, наличие объёмных пломб и т.д.) определение эффективности анестезии с помощью аппарата ИВН-01 Пульптест-Про считалось невозможным. При нормальных значениях электроодонтометрии, соответствующих групповой принадлежности зуба, или при повышении показателей вплоть до 80 мкА (что соответствовало диагнозам хронический фиброзный или хронический язвенный пульпит) определялась эффективность анестезии с помощью аппарата ИВН-01 Пульптест-Про.

Далее пациенту проводилась анестезия выбранным методом и, спустя латентный период, зуб, подлежащий лечению, снова тестировали с помощью ЭОМ.

Положительным результатом теста (наступлением анестезии пульпы) считалось значение ЭОМ более 100 мкА. При значениях менее 100 мкА, но наступлении субъективных признаков анестезии, начинали стоматологические манипуляции и оценивали их болезненность с помощью ВАШ. Результаты ЭОМ пациенту не сообщались.

2.3.5 Оценка эффективности местной анестезии аппаратом PulpEst

PulpEst — это аппарат для проведения исследования ЭТП (электрического теста пульпы, в дословном переводе с английского — Electric Pulp Testing), в котором в качестве стимула используется импульсный ток (двухполярный меандр). Существенным отличием данного типа аппаратов является то, что он отражает не изменение силы тока во времени, а напряжения. Показания на дисплее указаны в произвольных условных единицах, и это не позволяет определить истинные значения раздражающих импульсов. Учитывая эти отличия, в нашем диссертационном исследовании мы обозначили исследование пульпы зуба данным прибором как электротестирование пульпы (ЭТП), а результаты этого тестирования выражали в условных единицах (у.е.).

При сравнении двух типов аппаратов были получены следующие данные (таблица 3).

Таблица 3 — Сравнение характеристик ИВН-01 и PulpEst

Характеристика	ЭТП (PulpEst)	ЭОМ (ИВН-01)
Питание	Li-Po аккумулятор (3,7В; 750 мА/ч)	сеть переменного тока 50 Гц, 220В±10 %В
Стимул (раздражитель)	импульсный переменный ток	переменный ток частотой 50 Гц
Ощущения пациента	мягкие, неболезненные, нечёткие	неболезненные, чёткие, понятные
Шкала измерения	от 0 до 80 у.е.	от 0 до 200 мкА
Осциллограмма	двухполярные прямоугольные импульсы 50 Гц	переменный ток синусоидальной формы 50 Гц
Электробезопасность	класс II, тип В	класс II, тип ВF

Аппарат PulpEst (рисунок 7) состоит из блока управления, пассивного электрода, представленного загубным электродом «Oral Hook» и активного электрода в виде щупа стандартного Ø 1,2 мм. Для лучшего замыкания цепи пассивный электрод, перед фиксацией на губе, смачивали водой, а на активный наносили проводящую среду. В качестве проводящей среды была использована зубная паста.



Рисунок 7 — Аппарат PulpEst

В аппарате предусмотрено девять уровней скорости нарастания диагностического тока и автоматический режим. При тестировании интактного зуба или зуба с кариесом рекомендовано использовать 1-3 режимы, а при тестировании зуба с пульпитом или после проведения анестезии — 4-6 или автоматический режимы.

Перед проведением ЭТП зубы очищались от зубного налёта и зубных камней, высушивались ватными шариками и изолировались хлопковыми валиками. Пациента инструктировали о возможных ощущениях и просили подать сигнал при появлении первой чувствительности в зубе. Пассивный электрод смачивался водой и фиксировался на губе пациента. Активный электрод обрабатывали проводящей средой и устанавливали на пришеечной части вестибулярной поверхности коронки зуба. Далее включали аппарат и сообщали пациенту о начале процедуры. Работа прибора PulpEst сопровождалась звуковым сигналом.

По завершении тестирования, когда пациент подал сигнал, и врач разомкнул цепь, фиксировали результат на дисплее прибора. При значении измерений более 80 у.е. оценка эффективности анестезии аппаратом PulpEst считалась невозможной. При значениях ЭТП менее 80 у.е. определялась эффективность анестезии аппаратом PulpEst.

Пациенту проводилась анестезия и, спустя латентный период, повторное тестирование. Положительным результатом теста (наступлением анестезии пульпы) считалось значение ЭТП более 80 у.е. При значениях менее 80 у.е., но наступлении субъективных признаков анестезии, начинали стоматологические манипуляции и оценивали болевую чувствительность. Результаты ЭТП пациенту не сообщались.

2.3.6 Оценка эффективности местной анестезии с помощью холодового теста

Термостимуляция — это стандартный способ оценки чувствительности зубов. Стимуляция холодowymi агентами считается более точной, чем тепловыми.

При воздействии сильного холодого стимула на поверхность зуба, происходит быстрое понижение температуры в области эмалево-дентинной границы. Это ведет за собой изменение объёма содержимого дентинных канальцев и движение жидкости, направленное наружу. При достаточной интенсивности раздражителя возникает гидродинамическая активация нервных окончаний пульпы.

В серии клинических исследований для оценки эффективности анестезии с помощью холодого теста был использован спрей «Cold Spray», Polident™, Германия (рисунок 8). В качестве раздражителя в нём используется пропан-бутановая смесь — вещество, с температурой испарения -50°C . Этой температуры достаточно, для резкого охлаждения зуба до уровня эмалево-дентинной границы и восприятия пациентом чётких явных ощущений в исследуемом зубе [Бердженхолц Г. , 2013].



Рисунок 8 — Хладагент «Cold Spray»

Перед проведением тестирования пациенту разъясняли характер процедуры. Затем проводили очищение зуба от мягких и твёрдых зубных отложений. Исследуемый зуб изолировали хлопковыми валиками, высушивали. Спрей наносили на ватную палочку размером 3×3 мм с расстояния 2-3 см в течение 1-2 секунд. Палочку прикладывали к вестибулярной поверхности коронки зуба. При появлении ощущений, пациент подавал сигнал и тест прекращался. При отсутствии ощущений, тест прекращался спустя 5 секунд после начала воздействия раздражителя. При положительном результате холодого теста на чувствительность проводили анестезию выбранным способом. Спустя латентный

период анестезии тест повторяли, а результат заносили в протокол. Далее начинали стоматологические манипуляции. При наличии болезненности во время лечения проводили дополнительную анестезию и повторяли тест.

2.3.7 Оценка обезболивания мягких тканей как признака наступления анестезии пульпы

Эффективность обезболивания на стоматологическом приёме обычно оценивается по изменениям, которые происходят в ощущениях пациента или конфигурации его лица. К косвенным признакам наступления анестезии относят обезболивание мягких тканей в области проведения инъекции или по ходу иннервации анестезируемого нерва. При инфильтрационных анестезиях в области премоляров, клыков и резцов обеих челюстей признаком диффузии раствора анестетика и начала наступления обезболивания принято считать онемение части губы, чётко ощущаемое пациентом, и отсутствие чувствительности пародонтальных тканей в области зуба, подлежащего лечению. При проведении инфильтрационной анестезии в области моляров верхней челюсти, косвенным признаком считается отсутствие чувствительности тканей пародонта в области анестезируемого зуба (а именно — отсутствие у пациента ощущений при надавливании шейкой стоматологического зонда на десну). Потеря чувствительности мягких тканей связана с распространением раствора анестетика и диффузией его через тонкую кортикальную пластинку и питательные отверстия к апексу зуба. При правильной технике проведения инфильтрационной анестезии и создании депо раствора анестетика в проекции верхушки корня зуба, анестезия мягких тканей и тканей пародонта наступает практически одновременно с анестезией пульпы. Однако, при значительном удалении корня зуба от депо анестетика (нёбный корень первых премоляров и обоих моляров) или наличии воспаления в тканях пульпы и периодонта, может наступить только анестезия мягких тканей, без анестезии пульпы.

При проводниковых анестезиях нижнеальвеолярного нерва косвенными признаками наступления обезболивания являются онемение половины нижней

губы, кончика или половины языка, слизистой оболочки щеки и альвеолярной части нижней челюсти. При этом у пациента сначала появляется чувство покалывания (парестезии) в области половины губы, затем онемения (анестезии), далее появляется уплощение половины нижней губы. Это объясняется скоростью и глубиной проникновения анестетика в нервное волокно смешанных нервов: сначала блокируется болевая чувствительность пародонта, затем болевая чувствительность пульпы, после этого происходит выключение тактильной чувствительности, и затем блокада двигательных волокон.

После проведения обезболивания у пациентов спрашивали об их ощущениях, изменении чувствительности слизистой и мягких тканей. Если пациент затруднялся с ответом, ему описывали ощущения, которые появляются при наступлении анестезии и уточняли соответствие описанных ощущений с тем, что чувствовал пациент. Полученные результаты заносились в протокол исследования.

2.3.8 Определение болезненности стоматологических манипуляций с помощью визуально-аналоговой шкалы

Оценка интенсивности боли — необходимая процедура в клинической практике. Интенсивность боли — это исходный фактор, указывающий на эффективность анестезии и непосредственно влияющий на качество проводимого лечения.

Для определения болезненности стоматологических манипуляций использовалась визуально-аналоговая шкала — ВАШ (рисунок 9). Она является одномерной, что удобно использовать при оценке острой боли [Huskisson E.C., 1974].

ВАШ представляет собой прямую линию длиной 100 мм, которая расположена горизонтально или вертикально. Она выражает непрерывную интенсивность боли, где один конец линии означает отсутствие болевых ощущений, а другой — самую сильную боль, которую только может представить больной.

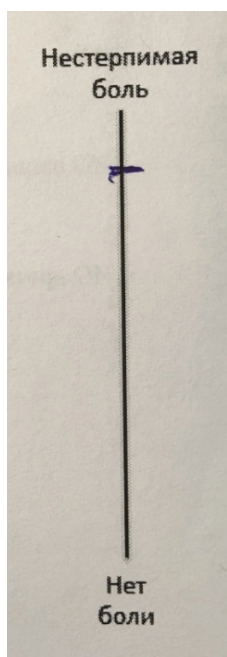


Рисунок 9 — Визуально-аналоговая шкала боли Хефта-Паркера

После проведения лечения пациенту разъяснялась процедура измерения интенсивности болевых ощущений. Затем он сам указывал уровень боли, отмечая единственную точку на линии ВАШ.

При оценке результатов, отмеченных пациентом на ВАШ использовались дескрипторы шкалы Хефта — Паркера (Heft-Parker), которые помогали интерпретировать данные. Отсутствие боли отображалось как 0 мм, легкая боль определялась как 0-32 % шкалы, умеренная боль — 32-67 %, сильная боль определялась как >67 %.

2.4 Статистическая обработка полученных результатов

Для представления полученных данных в числовом и графическом виде были использованы показатели описательной (дескриптивной) статистики. Для наглядности некоторые данные были преобразованы в графическую форму с помощью коробчатых графиков.

Величина необходимого размера выборки рассчитывалась по формуле Dunnett & Gent (1977). Для значимости 2,5 % при мощности 80 % объём выборки для каждой исследуемой группы составил 38 пациентов.

Оценка количественных показателей на предмет соответствия нормальному распределению проводилась с помощью критерия Шапиро — Уилка (при числе исследуемых менее 50) или критерия Колмогорова — Смирнова (при числе исследуемых более 50). При отсутствии нормального распределения количественные данные описывали с помощью медианы (Me) и нижнего и верхнего квартилей (Q_1 – Q_3). Категориальные данные были описаны с указанием их абсолютных значений и процентных долей.

Медиана (Me) — срединное значение набора чисел — число, находящееся в середине этого набора, при его упорядочивании по возрастанию.

Квартили (Q_1 – Q_3) — значения, которые делят таблицу данных (или ее часть) на четыре группы, содержащие приблизительно равное количество наблюдений. Общий объем делится на четыре равные части: 25 %, 50 %, 75 % 100 %.

Первый квартиль (или нижний квартиль) Q_1 определяется как значение, содержащее f -значение, равное 0,25. Это то же самое, что и двадцать пятый процентиль. F -значение третьего квартиля (или верхнего квартиля) Q_3 равно 0,75. Интерквартильный размах IQR определяется как Q_1 – Q_3 .

Диагностические характеристики тестов определяли с помощью четырехпольных таблиц сопряженности — средства представления совместного распределения двух переменных, предназначенного для исследования связи между ними. В нашем случае первой переменной был результат теста на эффективность анестезии, а второй — наличие болезненности у пациента во время проведения стоматологического лечения.

Для полного отражения диагностических возможностей тестов мы определяли следующие характеристики:

- точность теста — доля правильных результатов теста в общем количестве результатов;
- чувствительность теста — (истинно положительная пропорция) отражает долю положительных результатов, которые правильно идентифицированы как таковые. Иными словами, чувствительность диагностического теста по-

- казывает вероятность того, что пациент с эффективной пульпарной анестезией будет классифицирован именно как пациент с эффективной анестезией;
- специфичность теста — (истинно отрицательная пропорция) отражает долю отрицательных результатов, которые правильно идентифицированы как таковые, то есть вероятность того, что пациенты с неэффективной анестезией будут классифицированы именно как пациенты с неэффективной анестезией;
 - положительная прогностическая ценность (PPV) — это вероятность того, что положительный результат теста действительно окажется положительным;
 - отрицательная прогностическая ценность (NPV) — это вероятность того, что отрицательный тест действительно окажется отрицательным.

Критерий Шапиро — Уилка используется для проверки гипотезы H_0 : «случайная величина X распределена нормально» и является одним наиболее эффективных критериев проверки нормальности.

Классический критерий Колмогорова — Смирнова предназначен для проверки простых гипотез о принадлежности анализируемой выборки некоторому полностью известному закону распределения.

С помощью U -критерия Манна — Уитни выполнялось сравнение двух групп по количественному показателю (распределение которого отличалось от нормального). U -критерий Манна — Уитни — это метод, который определяет, достаточно ли мала зона перекрещивающихся значений между двумя рядами (ранжированным рядом значений параметра в первой выборке и таким же во второй выборке). Чем меньше значение критерия, тем вероятнее, что различия между значениями параметра в выборках достоверны.

При сравнении количественных показателей, распределение которых отличалось от нормального, в двух связанных группах, использовался критерий Уилкоксона. Суть метода состоит в том, что сопоставляются абсолютные величины выраженности сдвигов в том или ином направлении. Для этого сначала все абсолютные величины сдвигов ранжируются, а потом суммируются ранги. Если сдвиги в ту или иную сторону происходят случайно, то и суммы их рангов окажутся примерно равны. Если же интенсивность сдвигов в одну сторону

больше, то сумма рангов абсолютных значений сдвигов в противоположную сторону будет значительно ниже, чем это могло бы быть при случайных изменениях.

Сравнение трех и более групп по количественному показателю, распределение которого отличалось от нормального, выполнялось с помощью критерия Краскела — Уоллиса, апостериорные сравнения — с помощью критерия Данна с поправкой Холма. Критерий Краскела — Уоллиса предназначен для проверки равенства медиан нескольких выборок.

Сравнение процентных долей при анализе четырехпольных таблиц сопряженности выполнялось с помощью критерия хи-квадрат Пирсона (при значениях ожидаемого явления более 10), точного критерия Фишера (при значениях ожидаемого явления менее 10).

Сравнение процентных долей при анализе многопольных таблиц сопряженности выполнялось с помощью критерия хи-квадрат Пирсона.

Теснота и направление корреляции между двумя количественными показателями оценивали с помощью коэффициента ранговой корреляции Спирмена.

Зависимость количественной переменной от факторов, представленных количественными показателями, оценивалась с помощью метода парной или множественной линейной регрессии.

Построение прогностической модели вероятности определенного исхода выполнялось при помощи метода логистической регрессии. Мерой определенности, указывающей на ту часть дисперсии, которая может быть объяснена с помощью логистической регрессии, служил коэффициент R^2 Найджелкерка.

Для оценки диагностической значимости количественных признаков при прогнозировании определенного исхода, применялся метод анализа ROC-кривых. Разделяющее значение количественного признака в точке cut-off определялось по наивысшему значению индекса Юдена.

ROC-кривая (Receiver Operator Characteristic) — это кривая, показывающая зависимость количества верно классифицированных положительных результатов от количества неверно классифицированных положительных результатов.

При этом нужно предполагать, что классификатор имеет некоторый параметр, варьируя который, можно получить то или иное разбиение на два класса. Этот параметр часто называют порогом, или точкой отсечения (cut-off value).

Для построения ROC-кривой нужно выполнить следующие действия. Для каждого значения порога отсечения, которым является каждое последующее значение случайной переменной (признака) в выборке, рассчитываются значения чувствительности (Se) и специфичности (Sp). На основании полученных данных строится график зависимости: по оси Y откладывается чувствительность, по оси X откладывается значение сто процентов минус специфичность.

По экспертной шкале для значений площади под кривой (Area Under Curve), по которой можно судить о качестве модели: Интервал 0.9-1.0 говорит об отличном качестве модели, 0.8-0.9 — об очень хорошем и т.д.

Идеальная модель должна обладать 100 % чувствительностью и специфичностью. Но на практике добиться этого невозможно. Нельзя также одновременно повысить и чувствительность, и специфичность модели. Однако, пороговое значение влияет на соотношение чувствительности и специфичности. Можно говорить о задаче нахождения оптимального порога отсечения (optimal cut-off value) для данной модели.

Для идеального классификатора график ROC-кривой проходит через верхний левый угол, где доля истинно положительных случаев составляет 100 % или 1,0 (идеальная чувствительность), а доля ложно положительных примеров равна нулю. Чем ближе ROC-кривая к верхнему левому углу, тем выше способность модели предсказывать результат. Чем меньше изгиб кривой и чем ближе она расположена к диагональной прямой, тем менее эффективна модель. Диагональ соответствует «бесполезному» классификатору, т.е. полной неразличимости двух классов.

Сравнение бинарных показателей, характеризующих две связанные совокупности, выполнялось с помощью теста МакНемара. Этот критерий, как правило, применяют при наличии повторных измерений, когда реакция (отклик) каждого объекта фиксируется дважды: один раз до, а другой — после наступления некоторого события. При помощи критерия МакНемара определяют, совпадает ли начальный уровень отклика (до события) с итоговым (после события). Этот критерий полезен при выявлении изменений в откликах, вызванных экспериментальным вмешательством, в планах исследований типа "до-и-после".

Статистическая обработка полученных результатов проводилась в программах Microsoft Excel 2010 (Microsoft Corporation, Tulsa, USA), 2-way Contingency Table Analysis, StatTech v. 2.4.5 (ООО «Статтех», Россия).

Выражаю благодарность за неоценимую помощь, оказанную мне при работе над диссертационным исследованием главному врачу Стоматологической поликлиники ТГМУ Зобачевой Валентине Васильевне; врачам-стоматологам: Лобановой Марине Евгеньевне, Беляеву Дмитрию Анатольевичу, Вишняковой Марине Юрьевне, Диминтенко Светлане Евгеньевне, Осиповой Оксане Сергеевне, Павловой Наталье Александровне, Панкину Павлу Игоревичу, Припачкину Владиславу Геннадьевичу, Тишковской Кристине Игоревне, Чечайлюк Елене Вячеславовне; заведующему Лабораторией магнитных материалов ЦКП ТвГУ, доценту кафедры физики конденсированного состояния Карпенкову Алексею Юрьевичу; лаборанту кафедры физики конденсированного состояния Дунаевой Галине Григорьевне; к.м.н., доценту, заведующей кафедрой терапевтической стоматологии ТГМУ Честных Елене Валерьевне.

ГЛАВА 3. РЕЗУЛЬТАТЫ СОБСТВЕННЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

3.1 Результаты лабораторного исследования: физико-математического моделирования распространения электрического тока в тканях зуба при проведении электроодонтометрии

В результате компьютерного моделирования нам удалось создать трёхмерную модель зуба 2.2, элементы которой мы описали характеристиками удельной электропроводности для каждой ткани зуба, которые определили в лабораторных условиях (рисунок 10).

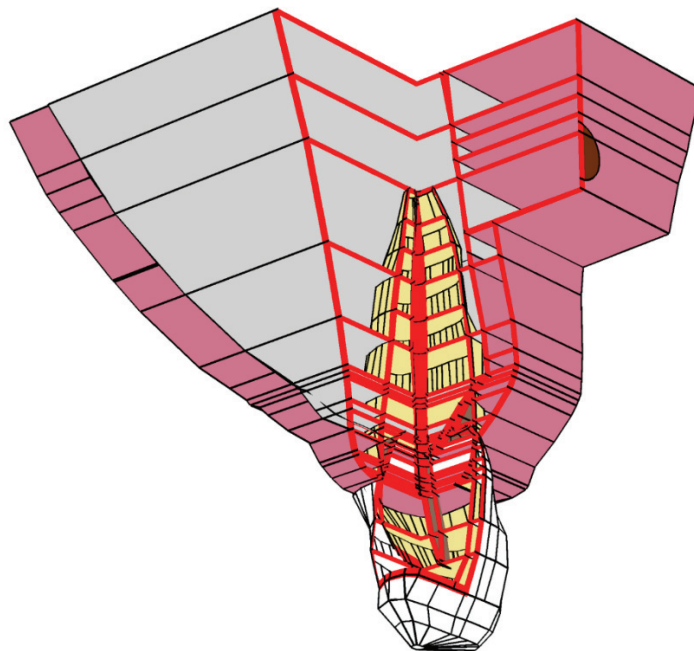


Рисунок 10 — Модель зуба 2.2 с заданными характеристиками удельной электропроводности

Активный электрод аппарата для электроодонтометрии на модели был расположен на середине вестибулярной поверхности коронки зуба 2.2. Пассивный электрод располагался на губе.

Первая модель была построена на основе интактного зуба 2.2, ширина апикального сужения которого составила 0,3 миллиметра. Так как нормальным значением ЭОМ для интактного зуба 2.2 лежат в диапазоне 2-6 мкА, подаваемая на зуб сила переменного тока частотой 50 Гц была установлена как 6 мкА. В результате моделирования по методу конечных элементов мы получили следующие данные распространения тока в зубе (рисунок 11).

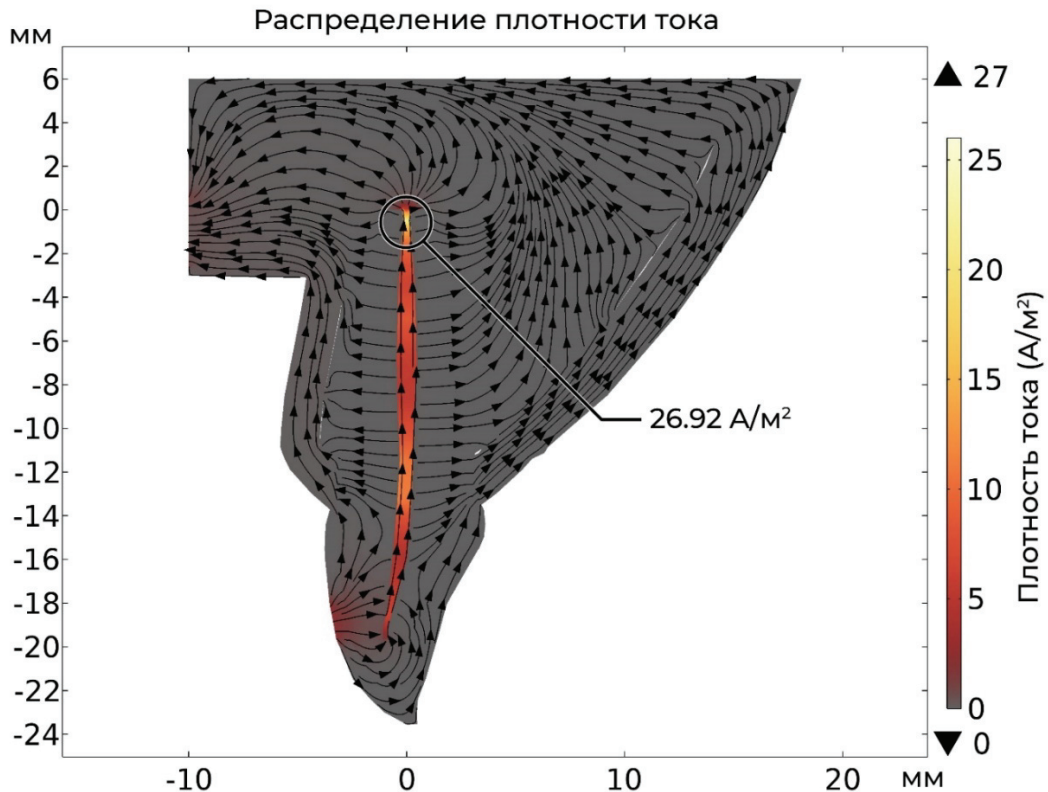


Рисунок 11 — Распределение плотности тока в зубе 2.2 (ширина апикального сужения 0,3мм) по данным моделирования

От активного электрода основная плотность тока направляется по максимально короткому пути в пульпарную камеру, а далее распространяется по пульпе до апикального сужения, откуда так же по максимально короткому пути идет к пассивному электроду.

Максимальная плотность тока при этом регистрировалась в апикальном сужении и составила $26,92 \text{ A/m}^2$. Согласно гипотезе, выдвинутой в исследовании, этот показатель и вызывает появление чувствительности у зубов на диагностический электрический ток. Для подтверждения этой гипотезы, на основании ранее

проведенного нами клинического исследования [Петрикас А.Ж., Летуновская С.А., Ларичкин И.О. и др., 2020], были построены еще 5 моделей зуба 2.2, которые демонстрировали этапы формирования корня зуба.

Исследование «Феномен чувствительности дентальной пульпы при формировании постоянных зубов» включало в себя оценку зависимости показателей электроодонтометрии постоянных центральных резцов от ширины апикального отверстия (либо верхушки формирующегося корня). В итоге были получены следующие результаты (таблица 4).

Таблица 4 — Зависимость показателей электроодонтометрии от ширины апикального сужения

Показатели		6,5-7 лет	7-8 лет	9-10 лет	11-12 лет	13-15 лет
		n = 50	n = 62	n = 56	n = 60	n = 52
ЭОМ (мкА)	M	140,86±6,12	91,95±6,01	39,75±3,55	35,83±4,30	24,35±2,92
	SD	43,31	47,29	26,55	33,31	21,02
Ширина апикального сужения (мм)	M	2,55±0,07	1,96±0,05	1,39±0,04	0,82±0,03	0,72±0,03
	SD	0,53	0,36	0,31	0,26	0,24

На вестибулярную поверхность модели №2 (характеризующей средние показатели геометрических параметров зуба у пациентов в возрасте 13-15 лет), где ширина апикального сужения была 0,72 миллиметра, был подан ток силой 24 мкА. В результате была получена следующая схема (рисунок 12).

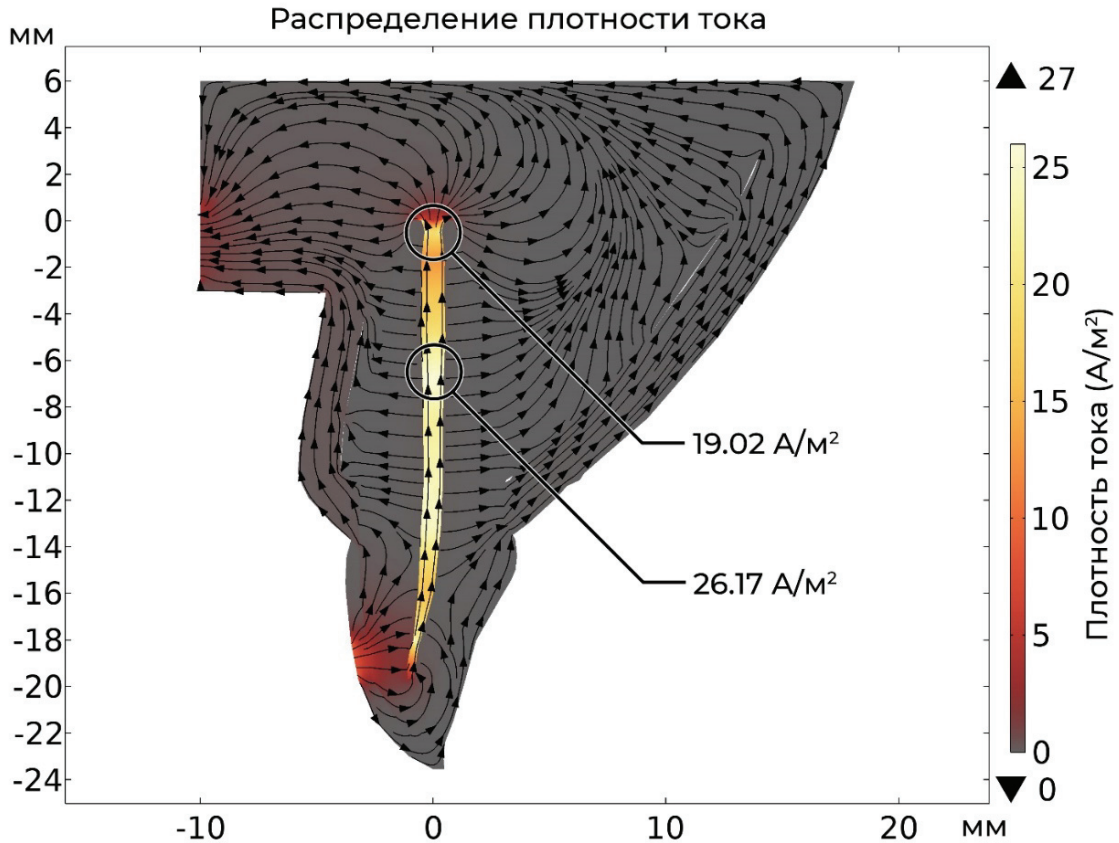


Рисунок 12 — Распределение плотности тока в зубе 2.2
(ширина апикального сужения 0,72 мм) по данным моделирования

Плотность тока в апикальном сужении составила $19,02 \text{ A/m}^2$, однако она не являлась максимальной. Максимальная плотность тока регистрировалась в наиболее узком месте, на границе апикальной и средней трети корневого канала, и составляла $26,17 \text{ A/m}^2$. Эта величина практически соответствует максимальной плотности тока в районе максимального сужения корневого канала модели интактного зуба 2.2, которая составляла $26,92 \text{ A/m}^2$.

На вестибулярную поверхность модели №3 (характеризующей средние показатели геометрических параметров зуба у пациентов в возрасте 11-12 лет), где ширина апикального сужения была 0,82 миллиметра, был подан ток силой 36 мкА. В результате была получена следующая схема (рисунок 13).

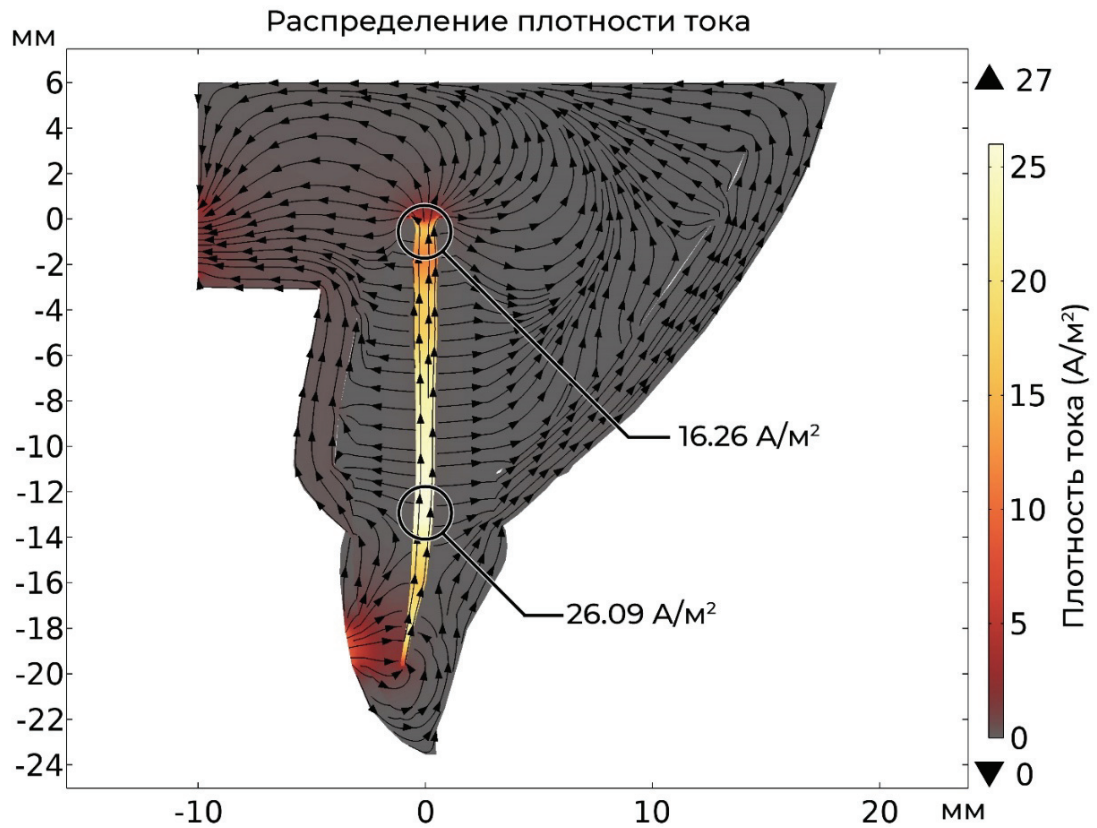


Рисунок 13 — Распределение плотности тока в зубе 2.2
(ширина апикального сужения 0,82 мм) по данным моделирования

Плотность тока у апикального сужения в данной модели составила $16,26 \text{ A/m}^2$, что также не являлось максимальным значением этого показателя. Максимальное значение было получено в области устья корневого канала (самой узкой части модели №3) и составило $26,09 \text{ A/m}^2$, что соотносится с максимальными значениями ранее построенных моделей.

На вестибулярную поверхность модели №4 (характеризующей средние показатели геометрических параметров зуба у пациентов в возрасте 9-10 лет), где ширина апикального сужения была 1,39 миллиметра, был подан ток силой 40 мкА. В результате была получена следующая схема (рисунок 14).

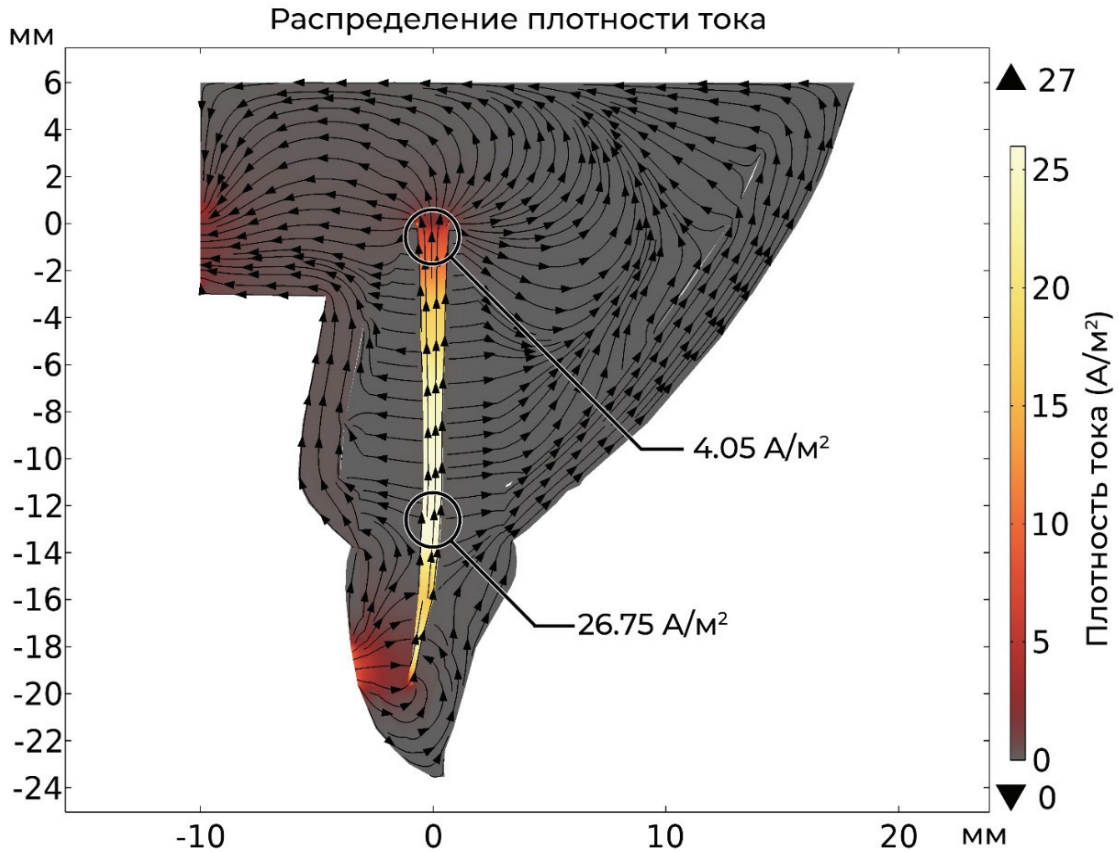


Рисунок 14 — Распределение плотности тока в зубе 2.2
(ширина апикального сужения 1,39мм) по данным моделирования

На модели №4 расширение апикальной части корневого канала в области апикального сужения соответствовало уменьшению плотности тока в данной части канала. Значение этого показателя у апекса составило $4,05 \text{ A/m}^2$. Максимальная плотность тока была снова зарегистрирована в области устья канала и составила $26,75 \text{ A/m}^2$, что соотносится с максимальными значениями ранее построенных моделей.

На вестибулярную поверхность модели №5 (характеризующей средние показатели геометрических параметров зуба у пациентов в возрасте 7-8 лет), где ширина апикального сужения была 1,96 миллиметра, был подан ток силой 92 мкА. В результате была получена следующая схема (рисунок 15).

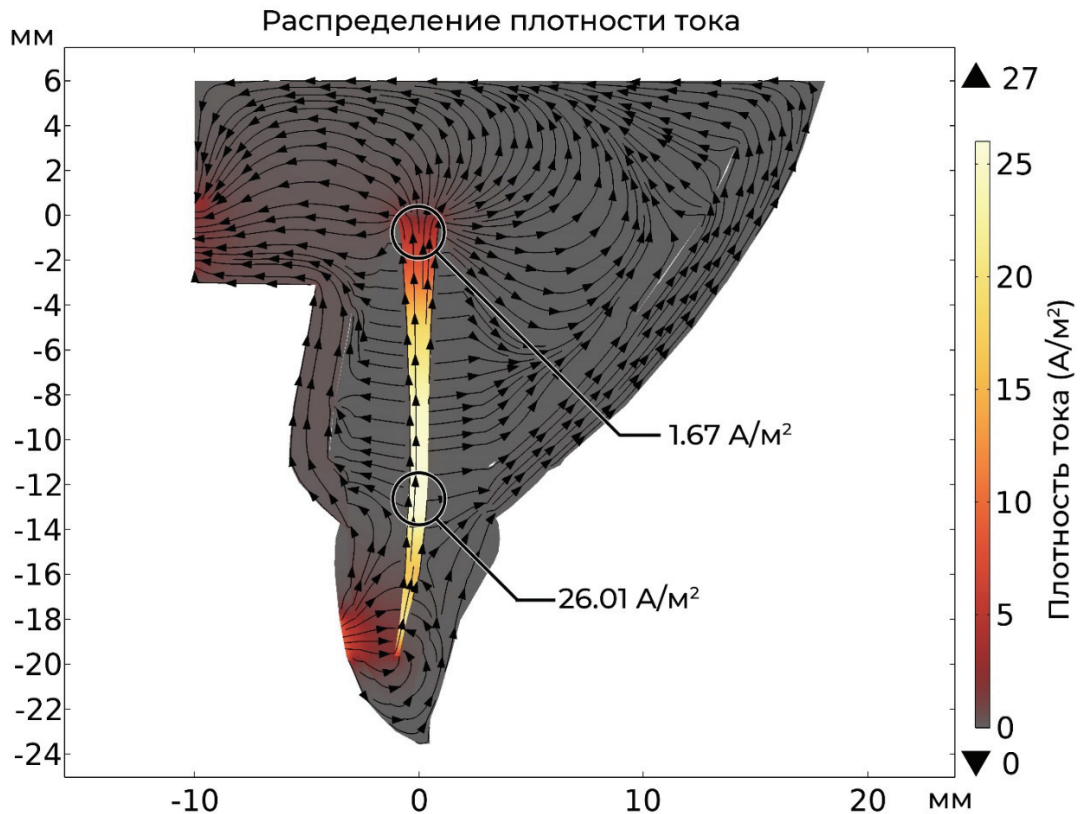


Рисунок 15 — Распределение плотности тока в зубе 2.2
(ширина апикального сужения 1,96мм) по данным моделирования

При изучении модели №5 плотность тока в области формирующегося апекса составила $1,67 \text{ A/m}^2$, в то время как максимальная плотность тока, зарегистрированная в области устья, составила $26,01 \text{ A/m}^2$.

На вестибулярную поверхность модели №6 (характеризующей средние показатели геометрических параметров зуба у пациентов в возрасте 6,5-7 лет), где ширина апикального сужения была 2,55 миллиметра, был подан ток силой 141 мкА. В результате была получена следующая схема (рисунок 16).

Значение плотности тока в апикальной области на модели №6 составило $0,63 \text{ A/m}^2$. Максимум этого показателя был зарегистрирован, как и на предыдущих трех моделях, в области устья и составил $26,33 \text{ A/m}^2$.

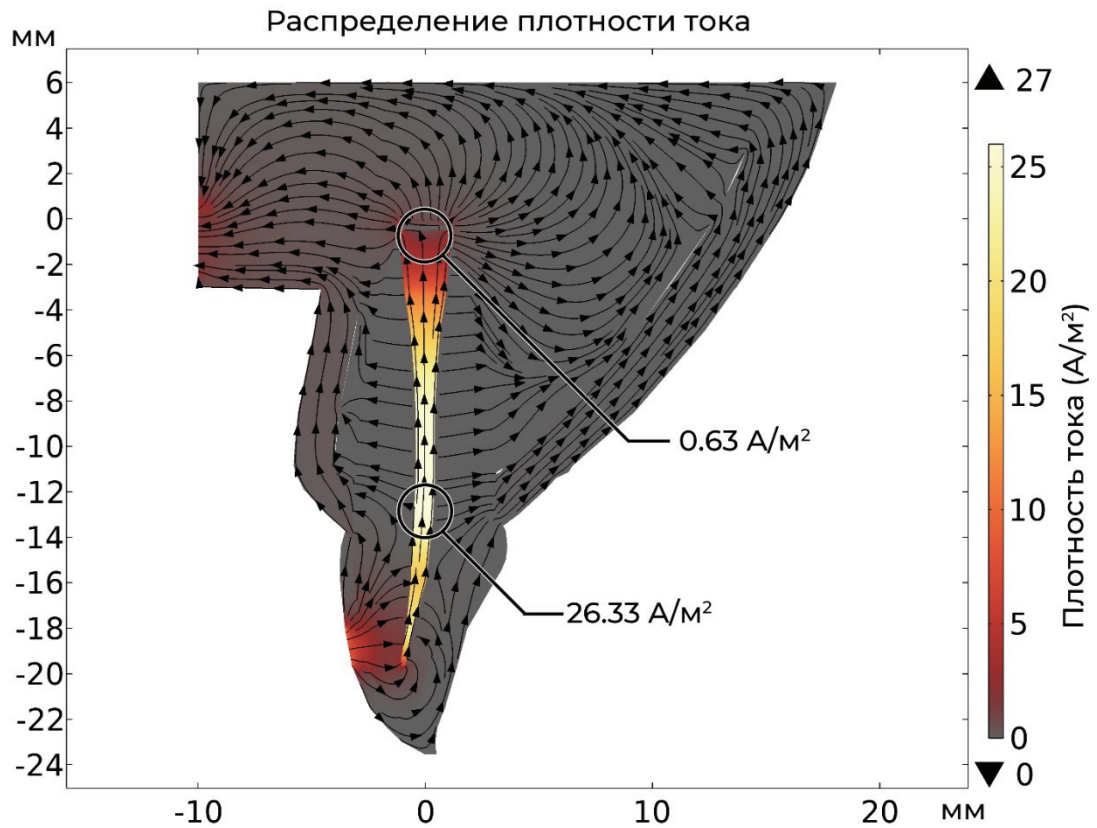


Рисунок 16 — Распределение плотности тока в зубе 2.2
(ширина апикального сужения 2,55мм) по данным моделирования

Подаваемая на смоделированные зубы сила тока соответствовала ранее полученным данным клинического исследования и зависела от ширины апикального сужения (рисунок 17).

Показатели плотности тока в районе апикального сужения имели обратную зависимость от ширины канала в этой области и уменьшались от 26,92 А/м² до 0,63 А/м². Однако максимальный показатель плотности тока, который регистрировался в области максимального сужения корневого канала, практически не изменялся и составлял от 26,01 А/м² до 26,92 А/м² (рисунок 18).

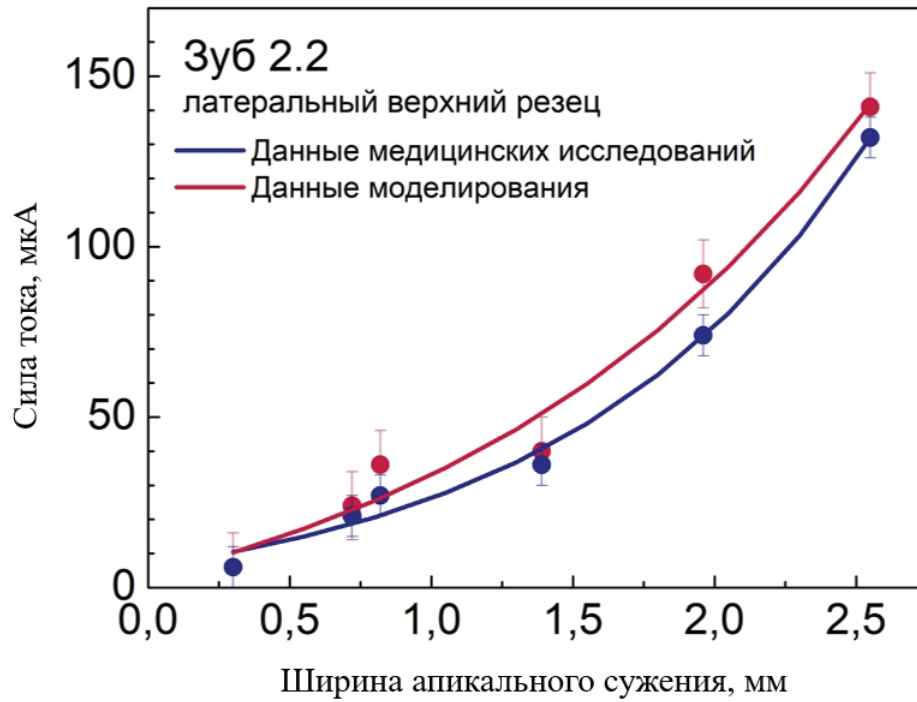


Рисунок 17 — Показатели силы тока, полученные в клиническом исследовании и использованные в моделировании

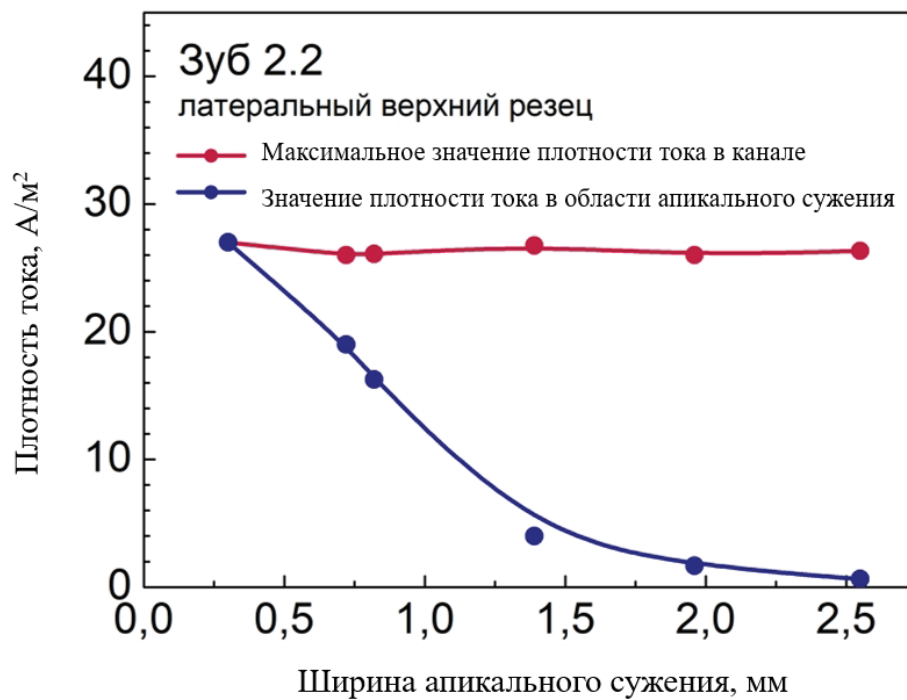


Рисунок 18 — Показатели плотности тока, полученные в результате моделирования

Нами был проведен корреляционный анализ взаимосвязи показателей электроодонтометрии и площади сечения максимального сужения канала (таблица 5).

Таблица 5 — Результаты корреляционного анализа взаимосвязи показателей электроодонтометрии и площади сечения максимального сужения канала

Показатель	Характеристика корреляционной связи		
	r_{xy}	теснота связи по шкале Чеддока	p
Зависимость показателей электроодонтометрии от площади сечения максимального сужения канала	0,937	весьма высокая	0,006*
Примечание. * — различия показателей статистически значимы ($p < 0,05$)/			

При оценке связи площади сечения корневого канала в области его максимального сужения и показателей электроодонтометрии, вызывающих ощущение у пациента, была установлена весьма высокой тесноты прямая связь (рисунок 19).

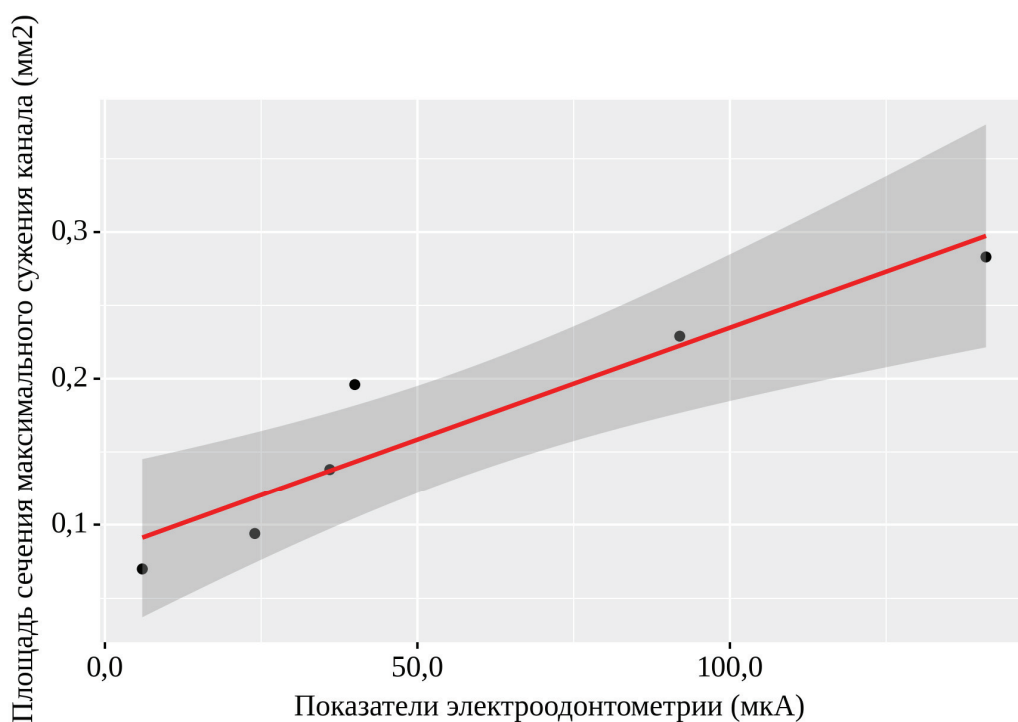


Рисунок 19 — График регрессионной функции, характеризующий зависимость площади сечения максимального сужения канала от показателей электроодонтометрии

Наблюдаемая зависимость была описана уравнением парной линейной регрессии:

$$Y_{\text{Площадь сечения максимального сужения канала}} = 0,002 \times X_{\text{Показатели электроодонтометрии}} + 0,082$$

При увеличении показателей ЭОМ на 1 мкА следует ожидать увеличение площади сечения канала в области его максимального сужения на 0,002 мм². Полученная регрессионная модель характеризуется коэффициентом корреляции $r_{xy} = 0,937$, что соответствует весьма высокой тесноте связи по шкале Чеддока. Модель была статистически значимой ($p = 0,006$). Полученная модель объясняет 87,8 % наблюдаемой дисперсии площади сечения максимального сужения канала.

При оценке зависимости показателей электроодонтометрии от ширины корневого канала в области его максимального сужения была установлена весьма высокой тесноты прямая связь (таблица 6).

Таблица 6 — Результаты корреляционного анализа взаимосвязи ширины максимального сужения корневого канала и показателей электроодонтометрии

Показатель	Характеристика корреляционной связи		
	r_{xy}	теснота связи по шкале Чеддока	p
Зависимость ширины максимального сужения корневого канала от показателей электроодонтометрии	0,911	Весьма высокая	0,011*
Примечание. * — различия показателей статистически значимы ($p < 0,05$).			

Наблюдаемая зависимость была описана уравнением парной линейной регрессии:

$$Y_{\text{Ширина максимального сужения корневого канала}} = 0,002 \times X_{\text{Показатели электроодонтометрии}} + 0,334$$

При увеличении показателей электроодонтометрии на 1 мкА следует ожидать увеличение ширины корневого канала в области его максимального сужения на 0,002 мм. Полученная регрессионная модель характеризуется коэффициентом корреляции $r_{xy} = 0,911$, что соответствует весьма высокой тесноте связи по шкале Чеддока. Модель была статистически значимой ($p = 0,011$).

Полученная модель объясняет 83,1 % наблюдаемой дисперсии ширины максимального сужения корневого канала (Рисунок 20).

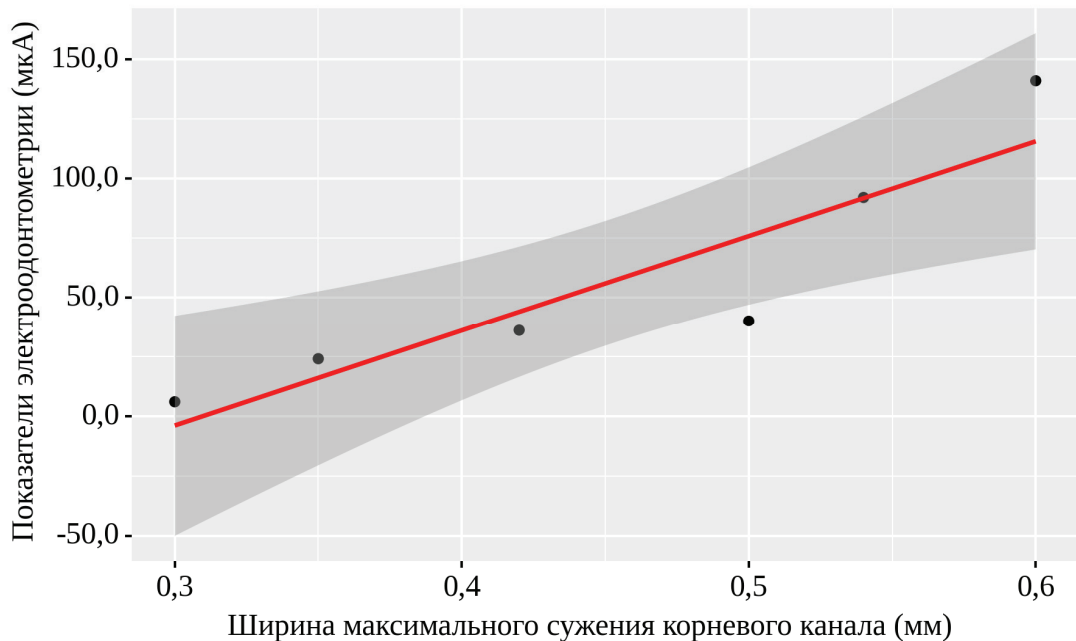


Рисунок 20 — График регрессионной функции, характеризующий зависимость показателей электроодонтометрии от ширины максимального сужения корневого канала

3.2 Результаты клинико-лабораторного исследования: оценки эффективности холодого теста различными хладагентами при определении витальности зубов

Для выбора наиболее подходящего источника холодого стимула для оценки эффективности анестезии, было проведено клинико-лабораторное исследование по сравнению двух наиболее распространенных хладагентов: льда и дихлордифторэтана (в составе спрея «Cold Spray»).

В первой группе исследования, где было обследовано 25 человек, в качестве хладагента на 151 зубе использовался лёд. Были выявлены значимые различия во времени ответа пульпы на раздражитель в зубах разной групповой принадлежности (таблица 7).

Таблица 7 — Время ответа на лёд зубов разной групповой принадлежности до проведения анестезии, сек

Группа зубов	Время ответа (секунды)			p
	Me	Q ₁ –Q ₃	n	
Резцы и клыки	1,00	1,00–1,00	47	0,002* p _{Премоляры — Фронтальные зубы} = 0,021 p _{Моляры — Фронтальные зубы} = 0,004
Премоляры	1,50	1,00–2,00	32	
Моляры	2,00	1,00–3,00	28	
Примечание. * — различия показателей статистически значимы (p < 0,05)				

Из исследованного 151 зуба, на лёд ответную реакцию дали только 107 зубов. Среди прореагировавших резцов и клыков среднее время ответа на хладагент составило 1 секунду, в премолярах — 1,5 секунды, в молярах время ответа колебалось от 1 до 3 секунд и в среднем составило 2 секунды.

Во второй группе, где было обследовано 25 человек, в качестве хладагента на 141 зубе использовался спрей «Cold Spray». Из 141 обследованного зуба ответная реакция была получена у 120. Среди прореагировавших, время ответа в резцах и клыках составило 1 секунду (таблица 8).

Таблица 8 — Время ответа на «Cold Spray» зубов разной групповой принадлежности до проведения анестезии, сек

Группа зубов	Время ответа (секунды)			p
	Me	Q ₁ –Q ₃	n	
Резцы и клыки	1,00	1,00–1,00	45	< 0,001* p _{Моляры — Фронтальные зубы} < 0,001
Премоляры	1,00	1,00–2,00	36	
Моляры	2,00	1,00–2,50	39	
Примечание. * — различия показателей статистически значимы (p < 0,05).				

Премоляры в среднем реагировали спустя 1 секунду после экспозиции хладагента (с интервалом от 1 до 2 секунд), моляры — спустя 2 секунды (с интервалом от 1 до 2,5 секунд).

Среди всех 151 исследованных зубов, резцы и клыки с витальной пульпой отвечали на воздействие льдом в 92,2 % случаев (47 зубов из 51). Премоляры реагировали в 1,4 раза реже (65,3 % — 32 зуба из 49). В группе моляров только 54,9 % (28 зубов из 51) имели положительный ответ на холодное тестирование льдом (таблица 9).

Таблица 9 — Появление ответной реакции на лед в зубах разной групповой принадлежности до проведения анестезии, абс. (%)

Реакция	Группа зубов			p
	резцы и клыки	премоляры	моляры	
Наличие реакции	47 (92,2 %)	32 (65,3 %)	28 (54,9 %)	< 0,001* p _{Фронтальные зубы — Премоляры} = 0,002 p _{Фронтальные зубы — Моляры} < 0,001
Отсутствие реакции	4 (7,8 %)	17 (34,7 %)	23 (45,1 %)	
Итого	51 (100 %)	49 (100 %)	51 (100 %)	
Примечание. * — различия показателей статистически значимы (p < 0,05).				

Среди 141 обследованного зуба, ответ на воздействие спреем «Cold Spray» у резцов и клыков был получен 97,8 % случаев (45 зубов из 46). Реакция премоляров была положительной в 76,6 % (36 зубов из 47), а моляров — 81,2 % (39 зубов из 48) (таблица 10).

Таблица 10 — Появление ответной реакции на «Cold Spray» в зубах разной групповой принадлежности до проведения анестезии, абс. (%)

Реакция	Группа зубов			p
	резцы и клыки	премоляры	моляры	
Наличие реакции	45 (97,8 %)	36 (76,6 %)	39 (81,2 %)	0,010* p _{Фронтальные зубы — Премоляры} = 0,007 p _{Фронтальные зубы — Моляры} = 0,018
Отсутствие реакции	1 (2,2 %)	11 (23,4 %)	9 (18,8 %)	
Итого	46 (100 %)	47 (100 %)	48 (100 %)	
* — различия показателей статистически значимы (p < 0,05)				

Из 107 зубов первой группы исследования, положительно ответивших на экспозицию льда, зубы с наличием пломбы требовали большее время воздействия для положительного ответа, чем зубы без пломбы, в среднем на 1 секунду (таблица 11).

Таблица 11 — Время до появления ответной реакции на лёд, в зависимости от наличия пломбы, сек

Пломба	Время ответа (секунд)			p
	Me	Q ₁ –Q ₃	n	
Отсутствие пломбы	1,00	1,00–2,00	84	0,038*
Наличие пломбы	2,00	1,00–3,00	23	
Примечание. * — различия показателей статистически значимы (p < 0,05).				

Наличие кариеса влияло на время ответа пульпы зуба на воздействие спреем «Cold Spray». Во второй группе исследования, среди 120 зубов, положительно ответивших на стимуляцию «Cold Spray», в зубах, пораженных кариесом, время до реакции на раздражитель увеличивалось на 1 секунду, по сравнению с интактными зубами (таблица 12).

Таблица 12 – Время до появления ответной реакции на «Cold Spray», в зависимости от наличия кариеса

Кариес	Время ответа (секунд)			p
	Me	Q ₁ –Q ₃	n	
Отсутствие кариеса	1,00	1,00–2,00	107	0,017*
Наличие кариеса	2,00	1,00–2,25	13	
Примечание. * — различия показателей статистически значимы (p < 0,05).				

Среди 107 зубов, положительно ответивших на экспозицию льда, зубы с наличием твердых отложений в среднем отвечали быстрее, чем зубы без отложений, что демонстрирует разброс показателей Q₁–Q₃ (таблица 13).

Таблица 13 — Время до появления ответной реакции на лёд в зависимости от наличия зубных отложений, сек

Зубные отложения	Время ответа (секунда)			p
	Me	Q ₁ –Q ₃	n	
Отсутствие отложений	1,00	1,00–2,00	100	0,040*
Наличие отложений	1,00	1,00–1,00	7	

Примечание. * — различия показателей статистически значимы ($p < 0,05$).

При анализе четырехпольных таблиц сопряженности были получены следующие значения (таблица 14).

Таблица 14 — Диагностические характеристики холодого теста льдом, при использовании его для оценки витальности зуба

Показатель	Значение
Точность (Acc)	0,724
Чувствительность (Se)	0,720
Специфичность (Sp)	1,000
Положительная прогностическая ценность (PPV)	1,000
Отрицательная прогностическая ценность (NPV)	0,045

Примечание. Различия показателей статистически значимы ($p < 0,05$)

Точность, чувствительность и специфичность холодого теста, проводимого льдом составили 72,4 %, 72 % и 100 % соответственно. Положительная прогностическая ценность (вероятность витальности зуба при положительном результате теста) была на уровне 100 %, в то время как отрицательная прогностическая ценность (вероятность невитальности зуба при отрицательном тесте) — 4,5 %.

Точность, чувствительность и специфичность холодого теста, проводимого спреем «Cold Spray» составили 85,8 %, 85,7 % и 100 % соответственно (таблица 15).

Таблица 15 — Диагностические характеристики холодого теста спреем «Cold Spray», при использовании его для оценки витальности зуба

Показатель	Значение
Точность (Acc)	0,858
Чувствительность (Se)	0,857
Специфичность (Sp)	1,000
Положительная прогностическая ценность (PPV)	1,000
Отрицательная прогностическая ценность (NPV)	0,048
Примечание. Различия показателей статистически значимы ($p < 0,05$).	

Положительная прогностическая ценность (вероятность витальности зуба при положительном результате теста) была 100 %, в то время как отрицательная прогностическая ценность (вероятность невитальности зуба при отрицательном тесте) — 4,8 %.

3.3 Результаты оценки статуса здоровья пациентов по классификации ASA

Оценка эффективности местной анестезии может проводится различными тестами, которые существенно отличаются друг от друга. Для изучения факторов, влияющих на проведение этих тестов, их чувствительность и специфичность, нами был изучен контингент пациентов, обращающихся за стоматологической помощью по поводу кариеса и пульпита, установлены общие закономерности и особенности определения эффективности анестезии у данных пациентов.

При проведении диссертационного исследования нами был изучен статус здоровья пациентов, обращающихся за помощью в клинику терапевтической стоматологии, с помощью классификации ASA physical status classification system.

При определении статуса здоровья, были выявлены пациенты с 1 и 2 классом по ASA. Из 87 обследованных с 1 классом здоровья, доля мужчин составила 40,2 % (35 человек), доля женщин — 59,8 % (52 человека) (рисунок 21).

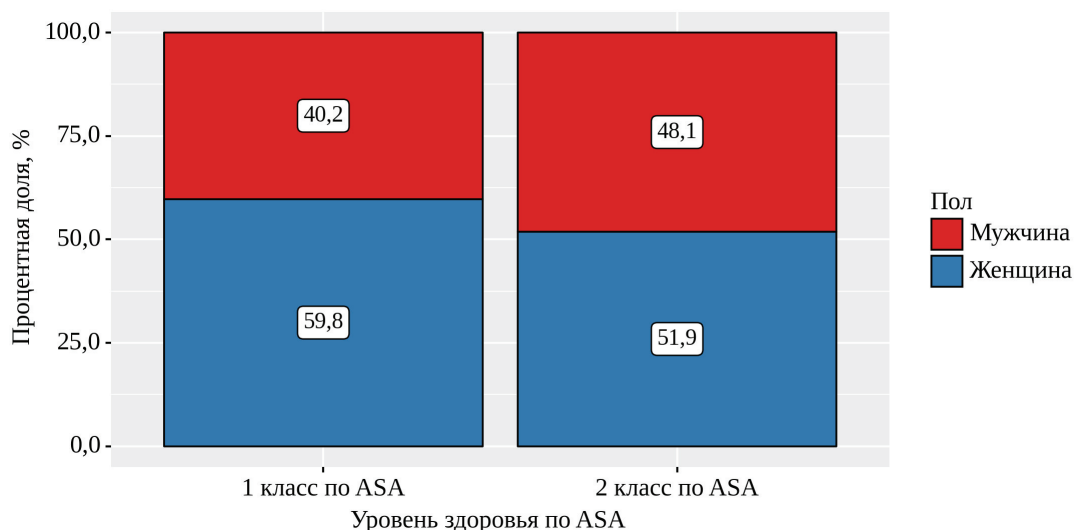


Рисунок 21 — Распределение пациентов по полу и статусу здоровья

Среди 27 пациентов со 2 классом здоровья по ASA, распределение пациентов обоих полов было примерно одинаковым: 48,1 % мужчин (13 пациентов) и 51,9 % женщин (14 пациентов).

Среднее значение возраста (Me) у 87 пациентов с 1 классом здоровья по ASA составило 36 лет, в то время как у 27 пациентов со 2 классом здоровья — 62 года (таблица 16).

Таблица 16 — Зависимость класса здоровья по ASA от возраста, лет

Класс здоровья по ASA	Возраст (полных лет)			p
	Me	Q ₁ –Q ₃	n	
1 класс	36,00	24,50–42,50	87	< 0,001*
2 класс	62,00	58,50–67,00	27	

Примечание. * — различия показателей статистически значимы (p < 0,05).

При оценке вероятности наличия 2 класса здоровья у пациентов, в зависимости от возраста, с помощью ROC-анализа была получена следующая кривая (Рисунок 22).

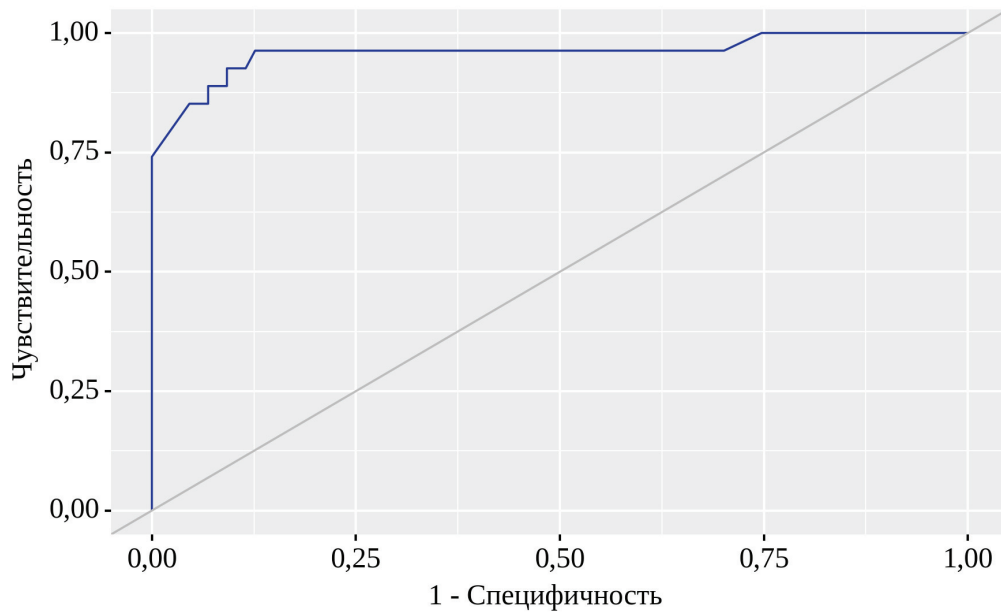


Рисунок 22 — ROC-кривая, характеризующая зависимость класса здоровья пациентов по ASA от возраста

Площадь под ROC-кривой составила $0,960 \pm 0,027$ с 95 % доверительным интервалом: 0,908–1,000. Полученная модель была статистически значимой ($p < 0,001$).

Была разработана прогностическая модель для оценки вероятности наличия определенного класса здоровья по ASA в зависимости от возраста пациента, методом бинарной логистической регрессии. Наблюдаемая зависимость описывается уравнением:

$$P = 1 / (1 + e^{-z}) \times 100 \% \quad (1)$$

$$z = -10,963 + 0,207X_{\text{Возраст}}$$

где P — вероятность 2 класса, $X_{\text{Возраст}}$ — возраст (полных лет)

Полученная регрессионная модель является статистически значимой ($p < 0,001$). Исходя из значения коэффициента детерминации Найджелкерка, модель объясняет 75,2 % наблюдаемой дисперсии класса здоровья по ASA.

Исходя из значений регрессионных коэффициентов, была установлена зависимость выявления 2 класса здоровья, при достижении пациентом определенного возраста.

Пороговое значение возраста в точке cut-off, которому соответствовало наивысшее значение индекса Юдена, составило 48 полных лет (рисунок 23).

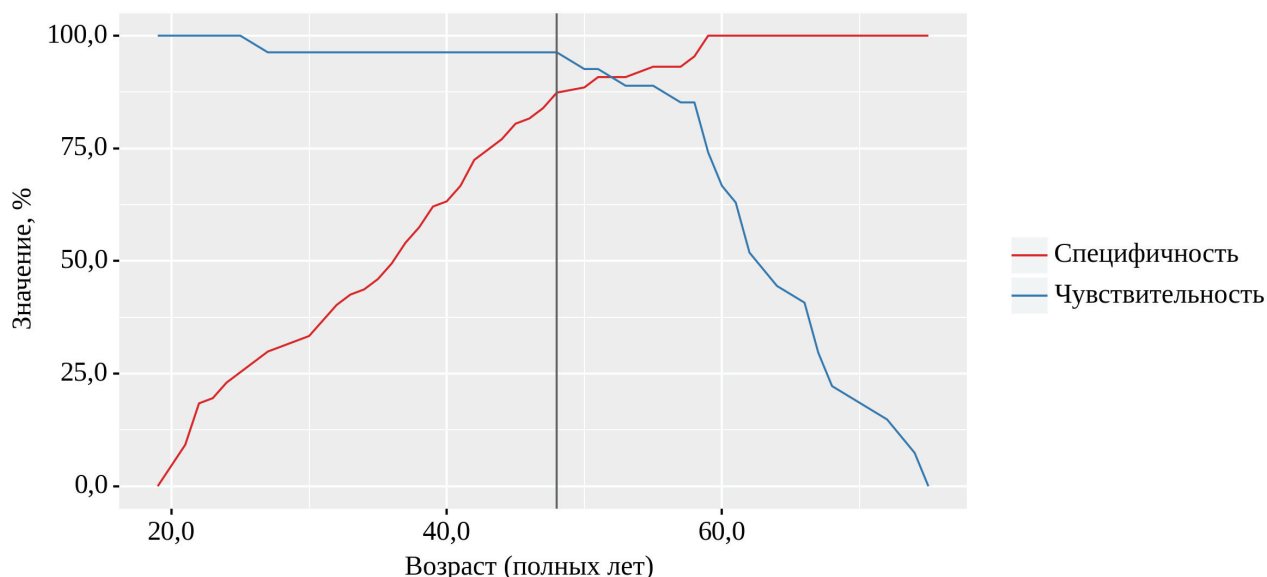


Рисунок 23 — Анализ чувствительности и специфичности модели в зависимости от пороговых значений возраста

Второй класс здоровья по ASA прогнозировался при значении возраста выше данной величины или равном ей. Чувствительность и специфичность модели составили 96,3 % и 87,4 %, соответственно.

Среди 87 пациентов с первым классом здоровья, наиболее распространённой диагностированной патологией был средний кариес (K02.1) — 46 % (40 пациентов) — а наименее распространённой — пульпит (K04.03) — 27,6 % (24 пациента) (таблица 17).

Таблица 17 — Зависимость диагноза от класса здоровья по ASA, абс. (%)

Диагноз	Класс здоровья по ASA		p
	1 класс	2 класс	
Средний кариес (K02.1)	40 (46 %)	6 (22,2 %)	0,038*
Глубокий кариес (K02.1)	23 (26,4 %)	7 (25,9 %)	
Пульпит (K04.03)	24 (27,6 %)	14 (51,9 %)	
Итого	87 (100 %)	27 (100 %)	

Примечание. * — различия показателей статистически значимы ($p < 0,05$).

Примерно одинаковую распространённость в группах с 1 и 2 классом здоровья по ASA показал глубокий кариес (K02.1): 26,4 % (23 пациента) в группе 1 класса и 25,9 % (7 пациентов) в группе 2 класса. Наиболее распространённым в

группе пациентов со 2 классом здоровья был пульпит (K04.03) — 51,9 % (14 пациентов) — а наименее распространённым — средний кариес (K02.1) — 22,2 % (6 пациентов).

При оценке болезненности стоматологических манипуляций после проведения анестезии, было установлено, что чаще боль при лечении испытывали пациенты, которым проводилась проводниковая анестезия при лечении зубов нижней челюсти (среднее значение — 7 единиц по ВАШ), в то время как при лечении зубов под инфильтрационной анестезией пациенты боли почти не испытывали (таблица 18).

Таблица 18 — Зависимость болезненности по ВАШ от анестезии

Анестезия	Болезненность по ВАШ (единиц)			p
	Me	Q ₁ –Q ₃	n	
Инфильтрационная анестезия	0,00	0,00–4,00	80	0,002*
Проводниковая анестезия	7,00	0,00–23,00	34	
Примечание. * — различия показателей статистически значимы (p < 0,05).				

Единичная основная инъекция по технике проводниковой анестезии нижнего альвеолярного нерва была эффективна (полное отсутствие ощущений у пациента) в 44 % случаев (15 пациентов из 34), инфильтрационной — в 74 % (59 пациентов из 80). Зависимости эффективности обеих техник проведения анестезии от диагноза исследуемого зуба установлено не было.

3.4 Результаты оценки эффективности местной анестезии аппаратом ИВН-01 Пульптест-Про

При оценке болевой чувствительности методом электроодонтометрии, мы использовали два аппарата, различающиеся характеристиками генерируемого тока. В группе, где использовался аппарат ИВН-01 Пульптест-Про, было проведено обследование и лечение 19 (50 %) мужчин и 19 (50 %) женщин, у

которых было диагностировано 15 (39,5 %) средних кариесов (K02.1), 15 (39,5 %) глубоких кариесов (K02.1) и 8 (21 %) пульпитов (K04.03).

Анализ динамики показателей электроодонтометрии до и после проведения анестезии продемонстрировал существенное увеличение порога болевой чувствительности пульпы зуба на электрический ток, которое статистически значимо различалось по величине в группах с разными диагнозами. При диагностике среднего кариеса среди 15 пациентов, среднее значение ЭОМ составило 12 мкА, при глубоком кариесе среди 15 пациентов — 10 мкА, а при пульпите среди 8 пациентов — 45 мкА. После проведения анестезии, в зубах со средним кариесом значение ЭОМ увеличилось на 115 мкА (с 12 до 127 мкА), в зубах с глубоким кариесом — на 95 мкА (с 10 до 105 мкА), а в зубах с пульпитом только на 42,5 мкА (с 45 до 87,5 мкА) (таблица 19).

Таблица 19 — Динамика показателей ЭОМ до и после анестезии в зависимости от диагноза

Диагноз	Этапы наблюдения				p
	электроодонтометрия до анестезии		электроодонтометрия после анестезии		
	Me	Q ₁ –Q ₃	Me	Q ₁ –Q ₃	
Средний кариес (K02.1)	12,00 (n=15)	9,00–15,00	127,00 (n=15)	91,00–174,00	< 0,001*
Глубокий кариес (K02.1)	10,00 (n=15)	6,00–19,00	105,00 (n=15)	63,50–157,50	< 0,001*
Пульпит (K04.03)	45,00 (n=8)	33,25–55,25	87,50 (n=8)	68,75–119,00	0,008*
p	0,020*		0,368		–
	pПульпит — Средний кариес = 0,027				
	pПульпит — Глубокий кариес = 0,027				
	pСредний кариес — Пульпит = 0,027				
	pГлубокий кариес — Пульпит = 0,027				

Примечание. * — различия показателей статистически значимы (p < 0,05).

При оценке изменения показателей электроодонтометрии в зависимости от техники проведения анестезии, были выявлены различия. Динамика ЭОМ при инфильтрационной анестезии составила 130 мкА, при среднем начальном значении 9

мкА и среднем значении после инъекции 139,5 мкА. При проводниковой анестезии нижнего альвеолярного нерва значение ЭОМ повысилось с 18 мкА до 85 мкА, то есть динамика в среднем составила 67 мкА (таблица 20).

Таблица 20 — Динамика показателей ЭОМ до и после анестезии в зависимости от техники проведения анестезии

Анестезия	Этапы наблюдения				р
	электроодонтометрия до анестезии		электроодонтометрия после анестезии		
	Me	Q ₁ –Q ₃	Me	Q ₁ –Q ₃	
Инфильтрационная	9,00 (n=20)	5,75–16,25	139,50 (n=20)	95,75–166,75	< 0,001*
Проводниковая	18,00 (n=18)	12,50–36,00	85,00 (n=18)	67,75–129,75	< 0,001*
р	0,048*		0,057		–

Примечание. * — различия показателей статистически значимы (p < 0,05).

Появление болезненности во время стоматологического лечения в группе исследования напрямую зависела от динамики показателей электроодонтометрии до анестезии и после неё. Пациенты, у которых показатели ЭОМ увеличились в среднем на 128 мкА (при среднем начальном значении 12 мкА, и среднем значении после анестезии 140 мкА) не испытывали болезненных ощущений (таблица 21).

Таблица 21 — Зависимость возникновения болезненных ощущений во время лечения от динамики показателей ЭОМ до и после анестезии

Болезненность лечения	Этапы наблюдения				р
	ЭОМ до анестезии		ЭОМ после анестезии		
	Me	Q ₁ –Q ₃	Me	Q ₁ –Q ₃	
Отсутствие боли	12 (n=24)	9–22	140 (n=24)	122–181	< 0,001*
Наличие боли	18 (n=14)	8–34	65 (n=14)	60–78	< 0,001*
р	0,716		< 0,001*		–

Примечание. * — различия показателей статистически значимы (p < 0,05)

Пациенты, у которых показатели ЭОМ увеличились в среднем на 47 мкА (от 18 мкА до 65 мкА) испытывали болезненные ощущения различной степени интенсивности во время стоматологических манипуляций.

Во время выполнения корреляционного анализа была установлена прямая взаимосвязь степени болезненности во время стоматологического лечения по ВАШ от показателей электроодонтометрии после анестезии (таблица 22).

Таблица 22 — Результаты корреляционного анализа взаимосвязи возникновения болезненных ощущений во время стоматологического лечения по ВАШ и показателей ЭОМ после проведения анестезии

Характеристика корреляционной связи		
ρ	теснота связи по шкале Чеддока	p
-0,632	заметная	< 0,001*
Примечание. * — различия показателей статистически значимы (p < 0,05)		

Чем ниже был показатель ЭОМ после проведения анестезии, тем пациенты испытывали более интенсивные болезненные ощущения, и наоборот.

Наблюдаемая зависимость степени болезненности по ВАШ от электроодонтометрии после проведения анестезии описывается уравнением парной линейной регрессии:

$$Y_{\text{ВАШ}} = -0,193 \times X_{\text{ЭОМ после анестезии}} + 37,547 \quad (4)$$

При увеличении показателя ЭОМ после анестезии на 1 мкА следует ожидать уменьшения показателя болезненности по ВАШ на 0,193. Полученная модель объясняет 17,4 % наблюдаемой дисперсии болезненности по ВАШ (рисунок 24).

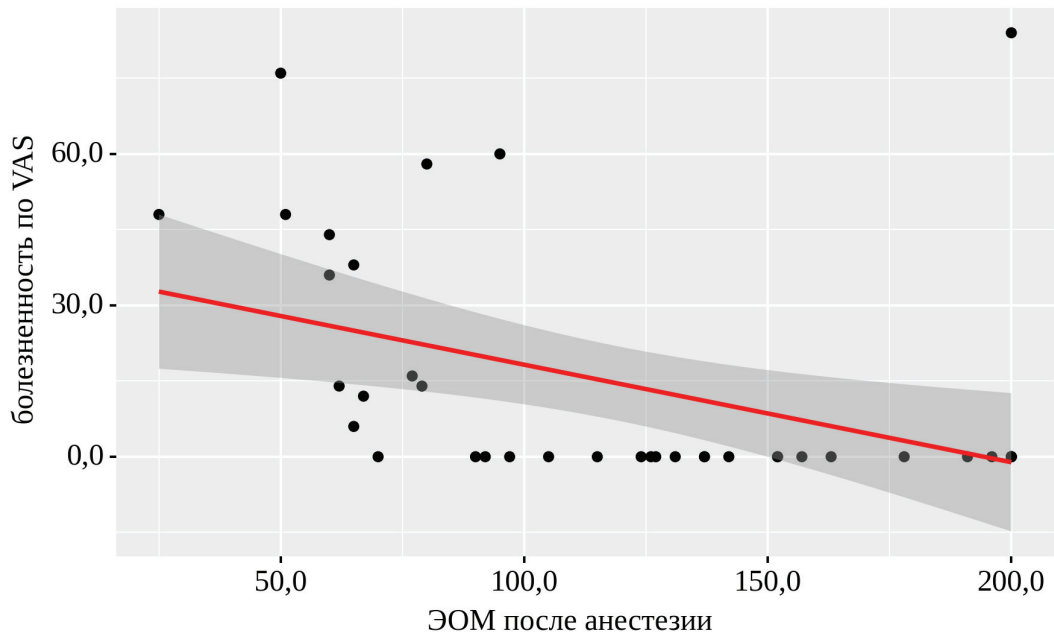


Рисунок 24 — График регрессионной функции, характеризующий зависимость возникновения болезненных ощущений во время стоматологического лечения по ВАШ от показателей ЭОМ после проведения анестезии

При оценке вероятности возникновения болезненных ощущений во время стоматологического лечения, от показателей электроодонтометрии после анестезии с помощью ROC-анализа мы получили следующую кривую (рисунок 25).

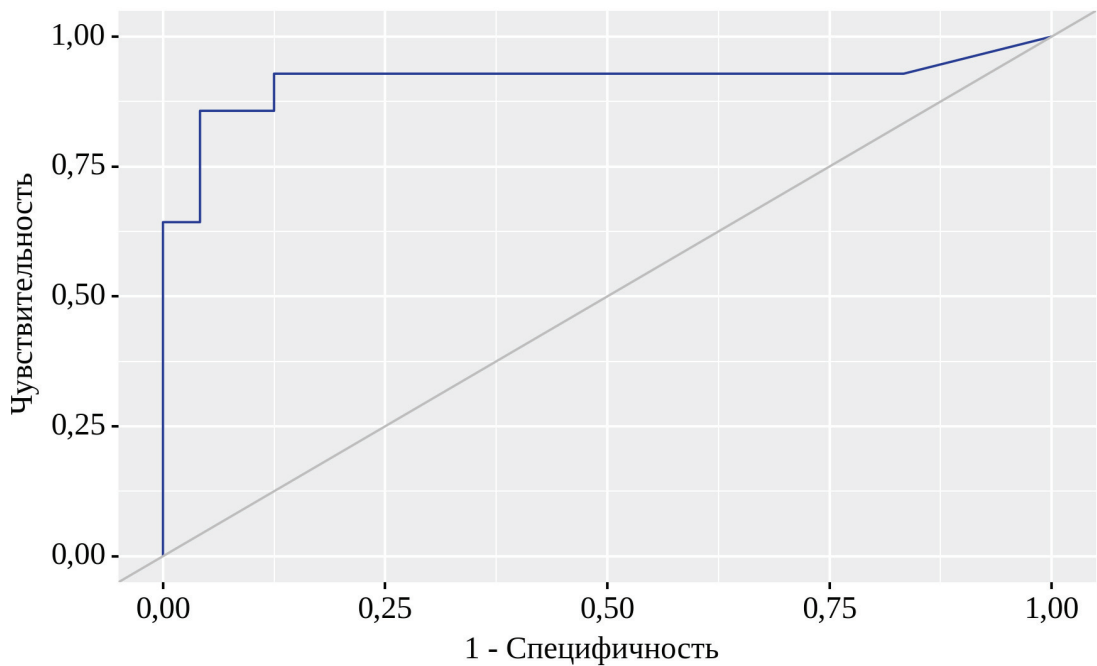


Рисунок 25 — ROC-кривая, характеризующая вероятность болезненных ощущений во время лечения от показателей ЭОМ после проведения анестезии

Площадь под ROC-кривой составила $0,917 \pm 0,045$ с 95 % доверительным интервалом: 0,828–1,000. Это говорит, что полученная модель была статистически значимой ($p < 0,001$), а использование электроодонтометрии для диагностики наступления анестезии пульпы может давать достаточно точные результаты.

Пороговое значение электроодонтометрии после анестезии в точке cut-off (значение признака, с помощью которого можно разделить пациентов после инъекции анестетика на две группы: с наступившей анестезией пульпы и с ненаступившей), которому соответствовало наивысшее значение индекса Юдена, составило 90 мкА (таблица 23).

Таблица 23 — Пороговые значения ЭОМ после анестезии, %

Порог	Чувствительность (Se)	Специфичность (Sp)
142	92,9	50,0
137	92,9	58,3
97	92,9	87,5
95	85,7	87,5
90	85,7	95,8
77	64,3	95,8
70	64,3	100,0
67	57,1	100,0

Наличие болезненных ощущений во время лечения, после проведения анестезии, прогнозируется при значении ЭОМ после анестезии ниже данной величины или равном ей. Чувствительность и специфичность модели составили 85,7 % и 95,8 %, соответственно (таблица 24).

Таблица 24 — Диагностические характеристики электроодонтометрии, при использовании её для оценки эффективности анестезии

Показатель	Значение
Точность (Acc)	0,921
Чувствительность (Se)	0,857
Специфичность (Sp)	0,958
Положительная прогностическая ценность (PPV)	0,920
Отрицательная прогностическая ценность (NPV)	0,923
Примечание. Различия показателей статистически значимы ($p < 0,001$).	

При анализе четырехпольной таблицы сопряженности для электроодонтометрии, как метода оценки эффективности местной анестезии, были установлены: точность теста, которая составила 92,1 %; положительная прогностическая ценность (вероятность наступления полной анестезии при ЭОМ ≥ 90 мкА) — 92 %; отрицательная прогностическая ценность (вероятность отсутствия полной анестезии при ЭОМ ≤ 90 мкА) — 92,3 %.

3.5 Результаты оценки эффективности местной анестезии аппаратом PulpEst

Во второй группе исследования, где для оценки эффективности местной анестезии использовался аппарат PulpEst, было проведено обследование и лечение 17 (44,7 %) мужчин и 21 (55,3 %) женщины. У пациентов было диагностировано 16 (42,1 %) средних кариесов (K02.1), 10 (26,3 %) глубоких кариесов (K02.1) и 12 (31,6 %) пульпитов (K04.03). Так как конструктивные особенности и характеристики стимула данного аппарата существенно отличают его от аппарата ИВН-01 Пульптест-Про, метод оценки чувствительности пульпы зуба данным аппаратом мы обозначили как электрическое тестирование пульпы (ЭТП), значения которого выражаются в условных единицах (у.е.).

Диагноз пациентов статистически достоверно влиял на показания ЭТП до анестезии. У пациентов со средним кариесом средние значения (Me)

электротестирования составили 4 у.е. с разбросом показателей от 3 до 8,25 у.е., у пациентов с глубоким кариесом — 3,5 у.е. с разбросом от 2 до 4 у.е. (таблица 25).

Таблица 25 — Показатели ЭТП до анестезии в зависимости от диагноза, у.е.

Диагноз	ЭТП до анестезии (у.е.)			p
	Me	Q ₁ –Q ₃	n	
Средний кариес (K02.1)	4,00	3,00–8,25	16	0,044* p _{Пульпит — Глубокий кариес} = 0,042
Глубокий кариес (K02.1)	3,50	2,00–4,00	10	
Пульпит (K04.03)	10,50	3,75–18,00	12	
Примечание. * — различия показателей статистически значимы (p < 0,05).				

У пациентов с пульпитом среднее значение электротестирования составило 10,5 у.е., а разброс показателей был от 3,75 до 18 у.е.

Динамика показателей ЭТП (разница между значением до анестезии, и значением после) при среднем кариесе составила 76 у.е. (от 4 до 80 у.е.), глубоком — 76,5 у.е. (от 3,5 до 80 у.е.) и пульпите — 69,5 у.е. (от 10,5 до 80 у.е.). Средние показатели электротестирования после анестезии достигали максимального значения по шкале прибора (80 у.е.). Разница в динамике зависела от начальных значений ЭТП, а не от абсолютных показателей чувствительности после анестезии, ввиду ограниченности шкалы прибора (таблица 26).

Таблица 26 – Динамика показателей ЭТП в зависимости от диагноза

Диагноз	Этапы наблюдения				p
	ЭТП до анестезии		ЭТП после анестезии		
	Me	Q ₁ –Q ₃	Me	Q ₁ –Q ₃	
Средний кариес (K02.1)	4,00 (n=16)	3,00–8,25	80,00 (n=16)	80,00–80,00	< 0,001*
Глубокий кариес (K02.1)	3,50 (n=10)	2,00–4,00	80,00 (n=10)	80,00–80,00	0,002*
Пульпит (K04.03)	10,50 (n=12)	3,75–18,00	80,00 (n=12)	80,00–80,00	< 0,001*
p	0,044* p _{Пульпит — Глубокий кариес} = 0,042 p _{Глубокий кариес — Пульпит} = 0,042		0,971		–
Примечание. * — различия показателей статистически значимы (p < 0,05)					

Максимальные показатели ЭТП после проводниковой и инфильтрационной анестезии составили 80 у.е. Динамика показателей также зависела от начальных значений до анестезии, (так как конечное значение было одинаковым и максимальным по шкале прибора). Разница между значениями ЭТП до инфильтрационной или проводниковой анестезии и после них составила 76 у.е. (от 4 до 80 у.е.) (таблица 27).

Таблица 27 — Динамика показателей ЭТП в зависимости от техники проводимой анестезии

Анестезия	Этапы наблюдения				p
	ЭТП до анестезии		ЭТП после анестезии		
	Me	Q ₁ –Q ₃	Me	Q ₁ –Q ₃	
Инфильтрационная	4,00 (n=28)	3,00–9,00	80,00 (n=28)	80,00–80,00	< 0,001*
Проводниковая	4,00 (n=10)	2,50–9,00	80,00 (n=10)	80,00–80,00	0,002*
p	0,987		0,263		–
Примечание. * — различия показателей статистически значимы (p < 0,05)					

Для оценки взаимосвязи значений ЭТП после анестезии и возникновения болезненности во время стоматологических манипуляций (по ВАШ) после проведения анестезии был выполнен корреляционный анализ, в результате которого была установлена прямая корреляционная связь (таблица 28).

Таблица 28 — Результаты корреляционного анализа взаимосвязи показателей ЭТП после анестезии и болезненности стоматологического лечения по ВАШ после проведения анестезии

Показатель	Характеристика корреляционной связи		
	ρ	теснота связи по шкале Чеддока	p
ЭТП после анестезии — болезненность по ВАШ	-0,584	Заметная	< 0,001*
Примечание. * — различия показателей статистически значимы (p < 0,05).			

Полученные результаты указывают на то, что чем больше будут показатели электротестирования после проведения анестезии, тем менее болезненными будут стоматологические манипуляции на тканях зуба.

Наблюдаемая зависимость была описана уравнением парной линейной регрессии:

$$Y_{\text{болезненность по ВАШ}} = -0,706 \times X_{\text{ЭТП после анестезии}} + 59,589 \quad (5)$$

При увеличении ЭТП после анестезии на 1 у.е. следует ожидать уменьшение болезненности по ВАШ на 0,706 балла (рисунок 26). Полученная модель объясняет 65,1 % наблюдаемой дисперсии болезненности по ВАШ.

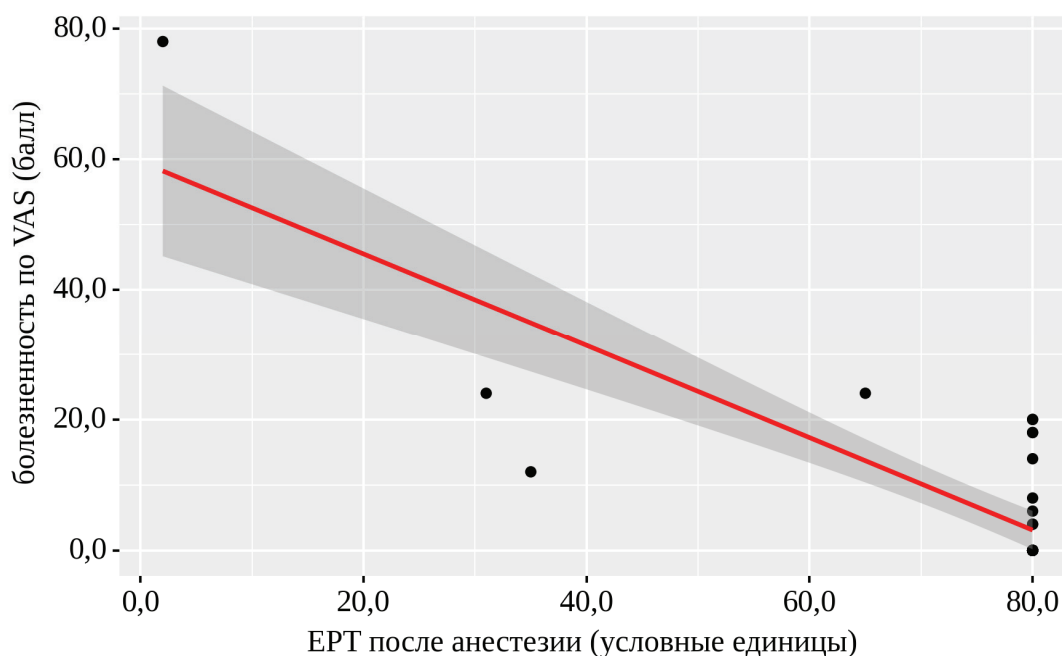


Рисунок 26 — График регрессионной функции, характеризующий зависимость болезненных ощущений во время лечения по ВАШ от показателей ЭТП после проведения анестезии

Сравнение показателей электротестирования после анестезии у пациентов, испытывавших болезненные ощущения во время лечения, и пациентов, лечение зубов у которых было безболезненно, показало значительную разницу (таблица 29).

Таблица 29 – Зависимость появления болезненных ощущений во время лечения от ЭТП после анестезии

Болезненность	ЭТП после анестезии (у.е.)			p
	Me	Q ₁ –Q ₃	n	
Отсутствие болезненности	80,00	80,00–80,00	25	0,004*
Наличие болезненности	80,00	65,00–80,00	13	

Примечание. * — различия показателей статистически значимы ($p < 0,05$).

И хотя средние значения ЭТП (Me) у пациентов, испытывавших боль и не испытывавших боли, были выше 80 у.е. (что в таблице обозначено как 80, ввиду ограниченности шкалы прибора восьмьюдесятью условными единицами), разброс показателей Q₁–Q₃ у пациентов с наличием болезненности составил от 65 до 80 у.е.

Для оценки зависимости возникновения болезненных ощущений во время стоматологического лечения от показателей ЭТП после анестезии был проведен ROC-анализ и получена следующая кривая (рисунок 27).

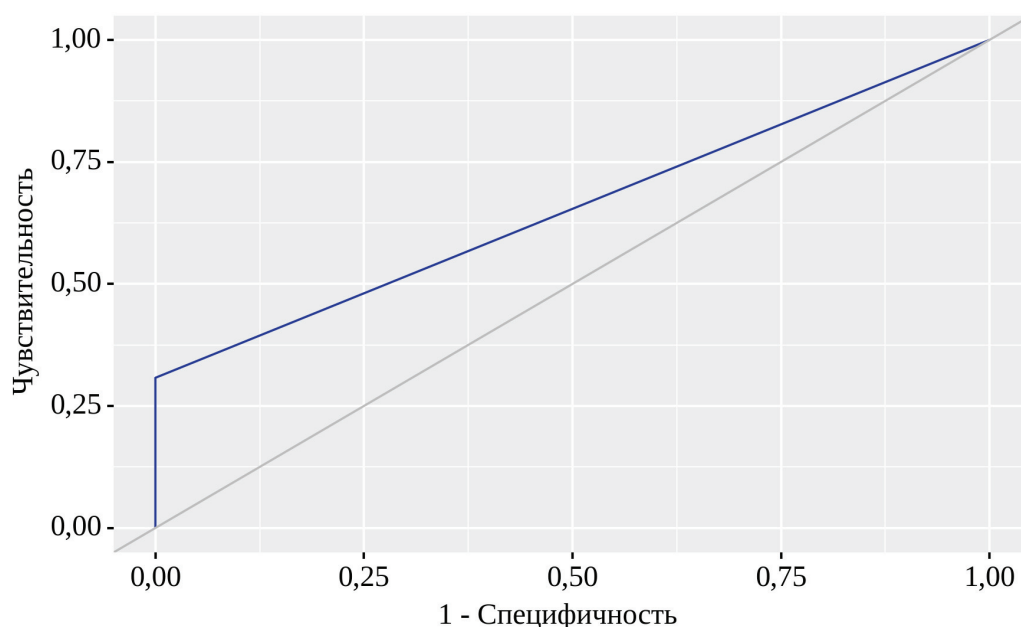


Рисунок 27 — ROC-кривая, характеризующая вероятность болезненных ощущений во время лечения от показателей ЭТП после проведения анестезии

Площадь под ROC-кривой составила $0,654 \pm 0,091$ с 95 % доверительным интервалом: 0,475-0,832. Это говорит о среднем качестве модели, а также о меньшей точности результатов электротестирования, при оценке эффективности анестезии, чем у электроодонтометрии, что можно увидеть при сравнении двух кривых (рисунок 25). Полученная модель была статистически значимой ($p = 0,004$).

Пороговое значение ЭТП после анестезии в точке cut-off (значение признака, с помощью которого можно разделить пациентов после инъекции анестетика на две группы: с наступившей анестезией пульпы и с ненаступившей), с наивысшим значением индекса Юдена, составило 80 условных единиц (рисунок 28).

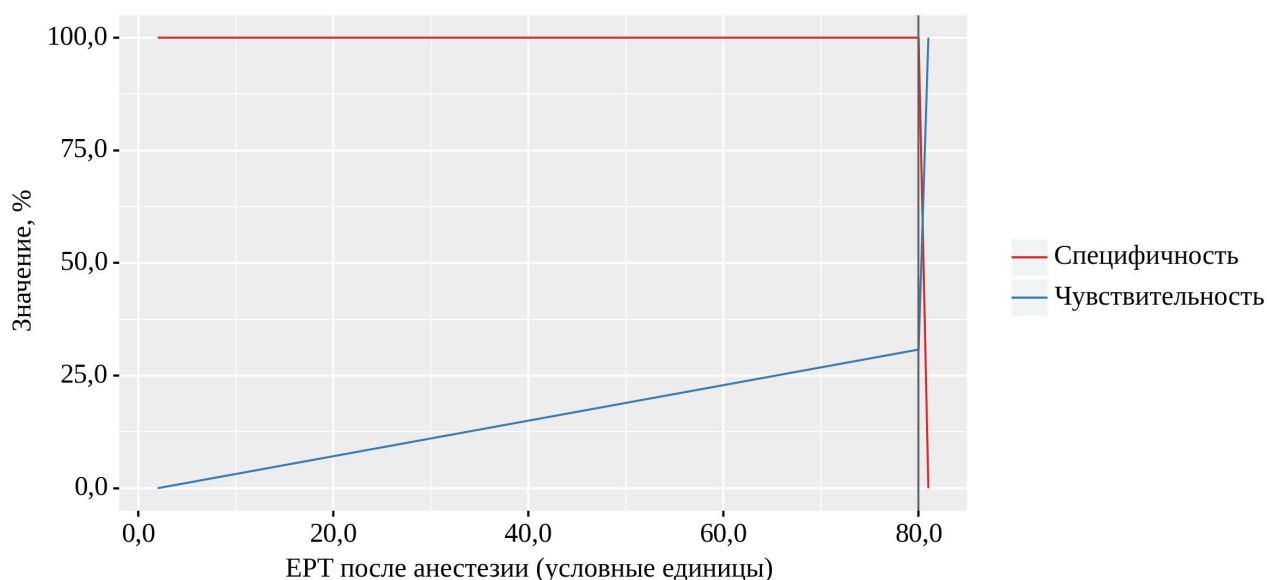


Рисунок 28 –Чувствительность и специфичность модели в зависимости от пороговых значений ЭТП после анестезии

Возникновение болезненных ощущений при последующем лечении прогнозировалось при значении показателей ЭТП после анестезии ниже данной величины или равном ей. Чувствительность и специфичность модели составили 30,8 % и 100,0 %, соответственно.

При анализе четырехпольной таблицы сопряженности для электротестирования (ЭТП), как метода оценки эффективности местной анестезии, была установлена точность теста, которая составила 76,3 % (таблица 30).

Таблица 30 — Диагностические характеристики электротестирования, при использовании его для оценки эффективности анестезии

Показатель	Значение
Точность (Acc)	0,763
Чувствительность (Se)	0,308
Специфичность (Sp)	1,000
Положительная прогностическая ценность (PPV)	0,735
Отрицательная прогностическая ценность (NPV)	1,000
Примечание. Различия показателей статистически значимы ($p < 0,001$).	

Положительная прогностическая ценность (вероятность наступления полной анестезии при ЭТП ≥ 80 у.е.) составила 73,5 %; отрицательная прогностическая ценность (вероятность отсутствия полной анестезии при ЭТП ≤ 80 у.е.) — 100 %.

3.6 Результаты оценки эффективности местной анестезии с помощью холодового теста

В группе, где оценка эффективности анестезии проводилась с помощью холодового теста спреем «Cold Spray», было проведено обследование и лечение 12 (31,6 %) мужчин и 26 (68,4 %) женщин. Самой частой причиной обращения был пульпит (K04.03) — 18 пациентов (47,4 %) — реже был диагностирован средний кариес (K02.1) — 15 пациентов (39,5 %) — с глубоким кариесом (K02.1) обратились 5 пациентов (13,2 %). Положительным результатом холодового теста при оценке эффективности анестезии (второе тестирование) мы считали отсутствие реакции на раздражитель.

Положительный результат холодового теста (отсутствие реакции после анестезии) был получен при обследовании 31 пациента из 38. У 24 (77,4 %) из них отсутствовали болезненные ощущения в процессе последующего стоматологического лечения. У 7 пациентов (22,6 %) ощущалась боль разной степени интенсивности (таблица 31).

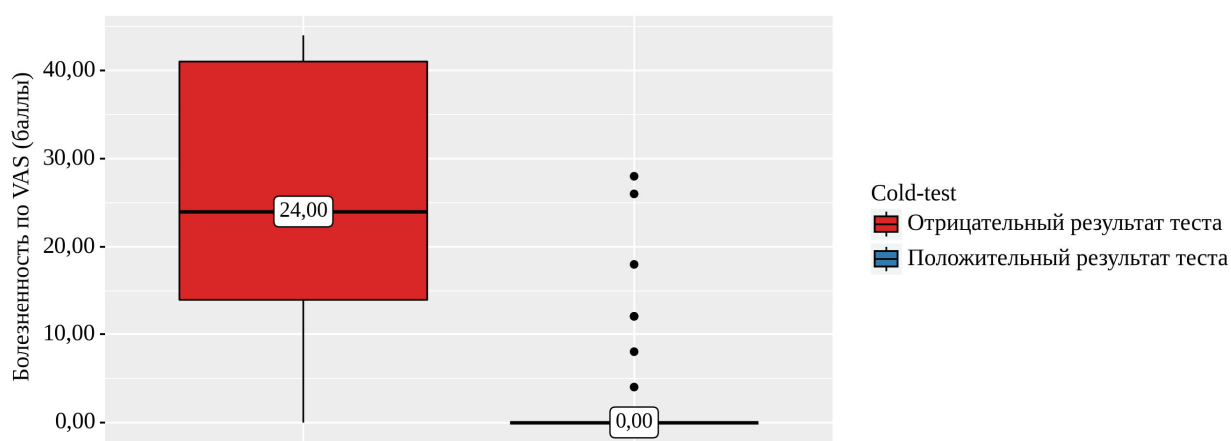
Таблица 31 — Анализ появления болезненных ощущений во время лечения в зависимости от результата холодого теста, абс. (%)

Болезненность	Холодовой тест		p
	отрицательный результат теста	положительный результат теста	
Отсутствие болезненности	1 (14,3 %)	24 (77,4 %)	0,004*
Наличие болезненности	6 (85,7 %)	7 (22,6 %)	

Примечание. * — различия показателей статистически значимы ($p < 0,05$).

Шансы появления болезненных ощущений во время стоматологического лечения после проведения анестезии в группе пациентов, у которых был получен положительный результат теста (отсутствие реакции), были ниже в 20,571 раза, по сравнению с группой, у кого результата теста был отрицательный. Различия шансов были статистически значимыми (ОШ = 0,049; 95 % ДИ: 0,005-0,474).

В группе с отрицательным результатом холодого теста (наличие реакции на раздражитель), среднее значение уровня болезненных ощущений по ВАШ составил 24 балла. В группе с положительным результатом наблюдались единичные случаи болезненности (рисунок 29).



Различия показателей статистически значимы ($p < 0,05$)

Рисунок 29 – Болезненность стоматологических манипуляций по ВАШ после проведения анестезии в зависимости от результата холодого теста

При анализе четырехпольной таблицы сопряженности для холодого теста спреем «Cold Spray», точность, чувствительность и специфичность составили 78,9 %, 96 % и 46,2 % соответственно (таблица 32).

Таблица 32 — Диагностические характеристики холодого теста спреем «Cold Spray», при использовании его для оценки эффективности анестезии

Показатель	Значение
Точность (Acc)	0,789
Чувствительность (Se)	0,960
Специфичность (Sp)	0,462
Положительная прогностическая ценность (PPV)	0,774
Отрицательная прогностическая ценность (NPV)	0,857
Примечание. Различия показателей статистически значимы ($p < 0,001$).	

Положительная прогностическая ценность (вероятность отсутствия болезненности стоматологического лечения после проведения анестезии при положительном результате теста) составила 77,4 %. Отрицательная прогностическая ценность (вероятность болезненности при отрицательном результате теста) — 85,7 %.

3.7 Результаты оценки обезболивания мягких тканей как признака наступления анестезии пульпы

Косвенными признаками наступления анестезии в диссертационном исследовании считались: наступление обезболивания десны в области исследуемого зуба (для инфльтрационной анестезии), наступление обезболивания половины языка и губы до средней линии (для проводниковой анестезии). Обезболивание языка статистически значимо чаще встречалось у пациентов, со средним значением электроодонтометрии после проведения проводниковой анестезии нижнего альвеолярного нерва, в диапазоне 67-88 микроампер. У пациентов с более высокими значениями ЭОМ (118-147 мкА) обезболивание языка отсутствовало (таблица 33).

Таблица 33 — Анализ показателей электроодонтометрии после проведения проводниковой анестезии в зависимости от возникновения признака «обезболивание языка», мА

Обезболивание языка	ЭОМ после анестезии (микроамперы)			p
	Me	Q ₁ – Q ₃	n	
Отсутствие обезболивания языка	131,00	118,00 – 147,00	3	0,050*
Наличие обезболивания языка	80,00	67,75 – 87,50	26	

Примечание. * — различия показателей статистически значимы (p < 0,05).

Точность, чувствительность и специфичность признака «обезболивание десны» при инфльтрационной анестезии составили 75 %, 100 % и 0 % соответственно (таблица 34).

Таблица 34 — Диагностические характеристики признака «обезболивание десны», при использовании его для оценки эффективности инфльтрационной анестезии

Показатель	Значение
Точность (Acc)	0,750
Чувствительность (Se)	1,000
Специфичность (Sp)	0
Положительная прогностическая ценность (PPV)	0,750
Отрицательная прогностическая ценность (NPV)	-

Примечание. Различия показателей статистически незначимы (p = 1)

Положительная прогностическая ценность (вероятность наступления полной пульпарной анестезии при наступлении обезболивания десны в области причинного зуба) была на уровне 75 %, в то время как отрицательную прогностическую ценность (вероятность отсутствия пульпарной анестезии при отсутствии обезболивания десны в области причинного зуба) установить не удалось.

Точность, чувствительность и специфичность признака «обезболивание губы» при проводниковой анестезии нижнего альвеолярного нерва составили 44,1 %, 100 % и 0 % соответственно (таблица 35).

Таблица 35 — Диагностические характеристики признака «обезболивание губы», при использовании его для оценки эффективности проводниковой анестезии

Показатель	Значение
Точность (Acc)	0,441
Чувствительность (Se)	1,000
Специфичность (Sp)	0
Положительная прогностическая ценность (PPV)	0,441
Отрицательная прогностическая ценность (NPV)	-
Примечание. Различия показателей статистически незначимы ($p = 0,555$)	

Положительная прогностическая ценность (вероятность наступления полной пульпарной анестезии при наступлении обезболивания половины губы) была на уровне 44,1 %, в то время как отрицательную прогностическую ценность (вероятность отсутствия пульпарной анестезии при наступлении обезболивания половины губы) установить не удалось.

Точность, чувствительность и специфичность субъективного признака «обезболивание языка» при проводниковой анестезии нижнего альвеолярного нерва составили 38,2 %, 86,7 % и 0 % соответственно (таблица 36).

Таблица 36 — Диагностические характеристики признака «обезболивание языка», при использовании его для оценки эффективности проводниковой анестезии

Показатель	Значение
Точность (Acc)	0,382
Чувствительность (Se)	0,867
Специфичность (Sp)	0
Положительная прогностическая ценность (PPV)	0,406
Отрицательная прогностическая ценность (NPV)	0
Примечание. Различия показателей статистически незначимы ($p = 0,187$)	

Положительная прогностическая ценность (вероятность наступления полной пульпарной анестезии при наступлении обезболивания половины языка) была на уровне 40,6 %, в то время как отрицательная прогностическая ценность (вероятность отсутствия пульпарной анестезии при наступлении обезболивания половины губы) — 0 %.

ГЛАВА 4. ОБСУЖДЕНИЕ ПОЛУЧЕННЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ

Результаты проведенной сравнительной оценки способов определения эффективности местной анестезии в стоматологии и изучения литературных источников позволили нам подвести некоторые итоги по следующим пунктам:

4.1. Особенности распространения электрического тока в тканях зуба при проведении электроодонтометрии;

4.2. Эффективность холодого теста различными хладагентами при определении витальности зубов;

4.3. Контингент пациентов, обращающихся за помощью в клинику терапевтической стоматологии при различных нозологиях;

4.4. Точность, чувствительность и специфичность электроодонтометрии переменным током (аппаратом ИВН-01 Пульптест-Про) как способа оценки эффективности местной анестезии в стоматологии;

4.5. Точность, чувствительность и специфичность электротестирования импульсным током (аппаратом PulpEst) как способа оценки эффективности местной анестезии в стоматологии;

4.6. Точность, чувствительность и специфичность холодого теста спреем «Cold Spray» как способа оценки эффективности местной анестезии в стоматологии;

4.7. Точность, чувствительность и специфичность косвенных признаков наступления анестезии (наступление обезболивания десны, губы и языка) как способа оценки эффективности местной анестезии в стоматологии;

4.8. Наиболее достоверный способ оценки эффективности местной анестезии в стоматологии;

4.9. Оценка эффективности местной анестезии с помощью «Алгоритма определения эффективности местной анестезии в стоматологии» во время различных стоматологических манипуляций на тканях зуба при разном местном статусе.

Остановимся подробно на каждом из пунктов.

4.1. Особенности распространения электрического тока в тканях зуба при проведении электроодонтометрии.

В результате компьютерного моделирования методом конечных элементов, нам удалось на примере конкретного латерального верхнего левого резца проследить изменение воздействия электрического тока на ткани зуба на всех этапах формирования его корня.

Переменный электрический ток частотой 50 Гц в тканях зуба распространяется от активного электрода по максимально короткому прямому пути через эмаль и дентин к пульпе, далее протекает по сосудисто-нервному пучку, выходя через апикальное отверстие направляется по кратчайшему пути через костную ткань, десну и губу к пассивному электроду.

Нами была выдвинута гипотеза о зависимости показателей электроодонтометрии от конфигурации корневого канала, а также о возникновении ответной реакции пациента на ток при достижении в канале определенного значения плотности тока.

Для доказательства гипотезы были созданы 5 моделей зуба 2.2, демонстрирующие разные этапы формирования его корня. Форма апикальной части корневого канала для каждой из пяти моделей была воссоздана по данным клинического исследования А.Ж. Петрикаса, С.А. Летуновская, И.О. Ларичкин с соавт. «Феномен чувствительности дентальной пульпы при формировании постоянных зубов». Сила диагностического тока варьировалась в пределах дисперсии показателей, взятых из того же исследования.

В модели, имитирующей интактный зуб, максимальные значения плотности тока были получены в области апикального сужения и составили $26,92 \text{ А/м}^2$. На следующих моделях увеличение ширины апикального сужения характеризовалось уменьшением плотности тока в данной области с $19,02 \text{ А/м}^2$ до $0,63 \text{ А/м}^2$. Однако максимальная плотность тока на всех моделях была в диапазоне $26,01\text{-}26,92 \text{ А/м}^2$, а область, в которой она регистрировалась смещалась в район максимального сужения корневого канала, который располагался у устья. Учитывая изменение ши-

рины апикальной части корневого канала и прямую зависимость от этого силы диагностического тока, единственным неизменным показателем оставалось результирующее действие тока, расчетной характеристикой для которого мы выбрали плотность тока. Также общим для заданных в моделях показателей ЭОМ и ширины апикального сужения было появление ответной реакции у пациентов. На основании этого мы сделали выводы о возможном появлении ощущений у пациентов во время проведения ЭОМ только при достижении определенной плотности тока, которая была определена в исследовании в диапазоне 26-27 А/м². Данные показатели плотности тока возникают у пациентов в области максимального сужения корневого канала, которое в интактных зубах чаще всего располагается в районе апикального сужения, а в зубах с формирующимися корнями смещается коронально, вплоть до устья канала.

Результаты нашего исследования не согласуются с данными литературы, объясняющим снижение электровозбудимости постоянных зубов, находящихся в стадии формирования корней, бедностью пульпы нервными элементами, которые представлены единичными тонкими волокнами типа кустиков или усиков. Наше исследование объясняет данный феномен чувствительности формирующихся зубов с физической точки зрения, которая ранее в подобных работах не учитывалась [Nagarathna S., 2015; Younessian F., 2021; Hori A., 2011].

В отличие от работ, только оценивающих показатели электроодонтометрии для зубов разной групповой принадлежности, наше исследование объясняет их полученные результаты. В зубах, от фронтальных к боковым, увеличивается количество корневых каналов, а значит и суммарная площадь сечения сообщения каналов зуба с окружающими тканями. Следовательно, для достижения плотности тока, необходимой для возникновения чувствительности, таким зубам потребуется стимуляция большей силой тока [Петрикас А.Ж., 2002; Просветов Р.С. и др., 2013; Николаев А.И. и др., 2015].

Существует мнение, что аппараты для ЭОМ, использующие в качестве стимула синусоидальный переменный ток, способны стимулировать как миелинизированные А-волокна, так и немиелинизированные С-волокна, в то время как аппа-

раты для ЭТП, стимулирующие зубы импульсным током, раздражают только миелинизированные А-волокна [Макеева И.М. и др., 2018; Abd-Elmeguid A., 2009; Narhi M., 1979]. Наше исследование делает акцент на необходимости достижения определенной плотности тока в корневом канале, которая у аппаратов для ЭТП, использующих в качестве стимула импульсный ток, при широком апикальном сужении может быть недостижима. Также мы не учитывали воздействие на различные нервные элементы, так как результирующее действие тока влияет комплексно на весь сосудисто-нервный пучок корневого канала, а не избирательно.

Результаты нашего исследования противоречат данным, утверждающим о зависимости показателей электроодонтометрии от этнической принадлежности пациента, однако объясняют эти предположения возможностью различного анатомического строения зубов пациентов разных регионов мира, а именно разницей ширины апикального сужения [Просветов Р.С. и др., 2013].

4.2. Эффективность холодого теста различными хладагентами при определении витальности зубов.

Для проведения холодого теста врачами стоматологами-терапевтами используется либо доступный и имеющий комфортную температуру лёд (около 0°C – -5°C), либо специальные хладагенты: дихлордифторметан, дихлорфторэтан, тетрафторэтан, пропан-бутановая смесь, которые имеют более низкую температуру (от -6°C до -50°C). Использование как первого, так и вторых оправдано, так как индифферентная зона (диапазон температуры, на которую зубы не отвечают болевой реакцией) для интактных зубов составляет от $17-22^{\circ}\text{C}$ до $50-52^{\circ}\text{C}$ [Goodis H.E., 2000].

Проведенный нами анализ зависимости времени до ответа на холодной раздражитель от группы зубов продемонстрировал, что среднее время до ответа резцов и клыков составило 1 секунду и не зависело от типа хладагента (лёд или пропан-бутановая смесь — «Cold Spray»). Время до ответа премоляров различалось в зависимости от хладагента, и составило 1 секунду в группе «Cold Spray» и 1,5 секунды в группе льда. Моляры в обеих группах реагировали в среднем за 2 секунды. Так как ответная реакция зубов на температурные

раздражители возникает вследствие изменения температуры в области эмалево-дентинного соединения, вероятно, время до ответа на хладагент зависит от толщины эмали и её теплопроводности (что объясняет увеличение времени в последовательности фронтальные зубы, премоляры, моляры), и от скорости изменения температуры в области эмалево-дентинной границы (что объясняет меньшее время до ответа в группе, где использовался хладагент с более низкой температурой).

Количество интактных зубов, ответивших болевой реакцией на холодовой раздражитель, также отличалось в зависимости от хладагента. Резцы и клыки реагировали примерно одинаково: 92,2 % среагировали на лёд, 97,8 % — на «Cold Spray». Премоляры лучше отвечали на «Cold Spray» (76,6 %), чем на лёд (65,3 %). Значительно большее количество моляров не дало реакции на лёд — 45,1 % — в то время как температуры «Cold Spray» не хватило для достижения ответа от 18,8 % зубов. Эти данные указывают на преимущество хладагентов с более низкой температурой («Cold Spray») при оценке витальности боковых зубов, а также при получении начальной ответной реакции на раздражитель, что является обязательным условием использования теста на чувствительность пульпы зуба в качестве метода оценки эффективности анестезии.

Сравнение льда и «Cold Spray» в зубах с различным состоянием коронки показало преимущество использования «Cold Spray» на зубах с пломбами, так как было выявлено статистически значимое увеличение времени до ответа на лёд у таких зубов. В свою очередь, зубы с кариозными поражениями точнее реагировали на лёд, как и зубы с наличием твердых зубных отложений. Это указывает на необходимость учитывать местный статус и состояние коронки зуба перед проведением холодового теста и выбирать наиболее подходящий хладагент.

Точность и чувствительность холодового теста льдом при определении витальности зуба составили 72,4 % и 72 % соответственно, что на 13 % ниже точности и чувствительности холодового теста спреем «Cold Spray» — 85,8 % и 85,7 % соответственно. Полученные данные демонстрируют преимущество «Cold Spray» перед льдом для оценки эффективности анестезии, за исключением зубов с

кариозными поражениями. Основываясь на этих данных, для клинической оценки холодного теста как метода оценки эффективности анестезии в качестве хладагента был выбран «Cold Spray».

4.3. Контингент пациентов, обращающихся за помощью в клинику терапевтической стоматологии при различных нозологиях.

В результате проведения исследования было установлено, что женщины статистически чаще обращаются за стоматологической помощью и имеют более высокий уровень соматического здоровья, чем мужчины. Пациенты с соматическими патологиями, требующими осторожности при проведении местной анестезии (2 класс здоровья по ASA), составляют в среднем четверть от числа обращающихся по поводу лечения кариеса или пульпита. Возраст от 18 до 48 лет чаще соответствует соматически здоровым пациентам, в то время как больные старше 48 лет требуют более тщательного сбора анестезиологического анамнеза, ввиду большой распространенности 2 класса здоровья в этой возрастной категории.

Проведенный нами статистический анализ зависимости диагноза от класса здоровья по ASA показал, что при лучшем уровне здоровья (1 класс по ASA) пациенты чаще обращаются по поводу кариеса различной глубины. Снижения уровня здоровья до 2 класса по ASA увеличивало вероятность обращения с пульпитом более чем на 20 %.

При анализе возникновения болезненности стоматологического лечения в зависимости от техники проведения местной анестезии нами было установлено, что чаще болевые ощущения во время препарирования твердых тканей зубов или экстирпации пульпы испытывали пациенты, которым проводилась проводниковая анестезия нижнего альвеолярного нерва, чем пациенты, лечение которых проводилось под инфильтрационной анестезией.

Наступление полной пульпарной анестезии в исследовании было достигнуто в 44 % случаев при проведении проводниковой анестезии нижнего альвеолярного нерва, и в 74 % случаев — при проведении инфильтрационной, что соотносится с данными иностранной литературы [Ghoddusi J., 2018; S. Corbella,

2017; Moradi A.E., 2016; Ö.İ. Atasoy Ulusoy, 2014]. Дисперсия нозологий, лечение которых проводилось под обеими техниками анестезии, была достаточной, что позволило установить отсутствие зависимости эффективности различных техник от диагноза. Эффективность проводниковой анестезии нижнего альвеолярного нерва, оказавшаяся в 1,7 раза ниже инфильтрационной, зависит от многих факторов: анатомических особенностей строения крыло-челюстного пространства, дополнительной иннервации боковых зубов нижней челюсти, наличия воспаления в зоне проведения анестезии, нарушения техники проведения анестезии, преждевременного начала лечения, недостаточного открывания рта, наличия ретромолярных отверстий, добавочных подбородочных отверстий, плотности костной ткани, тревожности пациентов [Boronat A. López, 2006; AlHindi M., 2016; S. Ahmed, 2021], что делает актуальным вопрос оценки эффективности анестезии до начала лечения.

4.4. Точность, чувствительность и специфичность электроодонтометрии переменным током (аппаратом ИВН-01 Пульптест-Про) как способа оценки эффективности местной анестезии в стоматологии.

В нашей работе, для оценки эффективности местной анестезии и определения полной анестезии пульпы, мы использовали два типа аппаратов для электроодонтометрии: использующий в качестве стимула переменный ток частотой 50Гц, и использующий импульсный ток для стимуляции нервных волокон пульпы. Первый тип был представлен аппаратом ИВН-01 Пульптест-Про, который имеет шкалу измерения от 0 до 200 микроампер, что значительно повышало точность диагностики пульпарной анестезии.

Проведенный нами анализ динамики показателей электроодонтометрии до и после анестезии показал существенное увеличение абсолютных значений электрического тока на момент появления реакции на тест. Однако, динамика этих значений была разной при различных нозологиях. Максимальное повышение показателей электроодонтометрии (на 115 мкА) наблюдалось при проведении анестезии во время лечения среднего кариеса. Динамика значений ЭОМ при лечении глубокого кариеса под анестезией составила 95 мкА. Минимальным было

повышение после анестезии болевого порога пульпы, при лечении её необратимого воспаления — всего 42,5 микроампера. Известно, что наличие воспаления в пульпе снижает эффективность местной анестезии [Drum M., 2017; Modaresi J., 2016]. Глубокий кариес, в данном случае, может рассматриваться как обратимое воспаление пульпы, которое лечится консервативным методом. Учитывая это, данные, полученные в ходе нашего исследования, соотносятся с данными иностранных авторов [Zheng Q.H., 2018; Parirokh M., 2015; Kanaa M.D., 2012] и детализируют в абсолютных значениях зависимость эффективности местной анестезии, при инвазивных манипуляциях на тканях зуба, от наличия воспаления пульпы разной степени.

Оценка динамики показателей ЭОМ в зависимости от техники проводимой анестезии продемонстрировала более высокие значения при проведении инфильтрационной анестезии, чем при проводниковой. После инфильтрационной анестезии показатели ЭОМ увеличивались в среднем на 130 мкА, в то время как после проводниковой — на 67 мкА. Это, вероятно, связано с дополнительной иннервацией зубов нижней челюсти, особенностью расположения депо анестетика при торусальной анестезии (в районе *torus mandibuli* на одинаковом расстоянии ~ 1 см от щечного и нижнего альвеолярного нервов), а также особенностью строения нижнего альвеолярного нерва, где чувствительные волокна, отвечающие за иннервацию пульпы зубов нижней челюсти, расположены в середине нервного ствола [Joo W., 2014; Khoury J.N., 2011; Piagkou M., 2011].

При анализе степени болезненности стоматологических манипуляций в зависимости от динамики показателей электроодонтометрии нами было установлено, что увеличение значений в среднем на 128 мкА обеспечивало безболезненное лечение, в то время как динамика в 47 мкА была недостаточной для достижения анестезии пульпы. Это соотносится с данными других авторов, которые указывают на диагностический предиктор пульпарной анестезии в 100 мкА [Анисимова Е.Н., 2013; Сохов С.Т., 2017; Бакиев Б.А., 2016].

Корреляционный анализ степени болезненности стоматологического лечения по ВАШ и показателей электроодонтометрии после анестезии установил

заметную тесноту связи по шкале Чеддока, которая была описана уравнением парной линейной регрессии. Увеличение показателей ЭОМ после анестезии на 1 мкА соответствует уменьшению болезненности лечения по ВАШ на 0,193.

ROC-анализ вероятности возникновения болезненных ощущений при инвазивных манипуляциях на тканях зуба, в зависимости от показателей электроодонтометрии, позволил нам установить пороговое значение ЭОМ в точке cut-off, которое составило 90 микроампер, с чувствительностью 85,7 % и специфичностью 95,8 %. Это означает, что 85,7 % пациентов с наступившей пульпарной анестезией будут идентифицированы как пациенты с наступившей пульпарной анестезией. Среди пациентов с недостаточной анестезией, 95,8 % будут идентифицированы как пациенты с недостаточной анестезией. Диагностика возникновения болезненности в данном случае оказывается более точной, что можно скорректировать увеличением порогового значения до 97 мкА, при которых чувствительность составляет 92,9 %. Однако, это не означает, что при клиническом использовании ЭОМ в качестве метода оценки эффективности анестезии, всегда следует добиваться достижения показателей в 97 мкА и более, что сложно сделать при проводниковой анестезии (где среднее значение показателей ЭОМ после анестезии составляет 85 мкА) или при лечении пульпита (где среднее значение показателей ЭОМ после анестезии составляет 87,5 мкА). Достижения 90 мкА зачастую бывает достаточно, а также проще и быстрее реализуемо. На основании этих данных, предиктором наступления анестезии при анализе четырехпольных таблиц сопряженности был выбран показатель в 90 мкА.

Анализ четырехпольных таблиц сопряженности электроодонтометрии, как метода оценки эффективности местной анестезии, позволил нам установить точность теста в 92,1 %. Положительная прогностическая ценность теста ЭОМ для диагностики эффективности анестезии составила 92 %, что позволяет ожидать наступления анестезии пульпы у 92 % пациентов с показателем ЭОМ после анестезии более 90 мкА. Отрицательная прогностическая ценность была 92,3 %, что указывает на отсутствие полной пульпарной анестезии у 92,3 % при показателях ЭОМ после анестезии ниже 90 мкА. Эти данные схожи с

показателями зарубежных авторов, однако существенно уточняют их и позволяют упростить использование ЭОМ как теста для оценки эффективности анестезии [Конобевцев О.Ф., 1984].

4.5. Точность, чувствительность и специфичность электротестирования импульсным током (аппаратом PulpEst) как способа оценки эффективности местной анестезии в стоматологии.

Второй тип аппарата для электроодонтометрии (PulpEst), где в качестве стимула используется импульсный ток, существенно отличается от первого — ИВН-01 Пульптест-Про. Такой тип приборов предпочитают использовать в своих исследованиях зарубежные авторы, поэтому, чтобы различать эти две методики между собой, способ оценки эффективности анестезии с помощью импульсного тока мы обозначили (дословным переводом) как электротестирование пульпы или ЭТП. Показания аппарата для ЭТП выражаются в условных единицах (у.е.), так как не соответствуют на 100 % показаниям аппаратов для ЭОМ, выраженных в микроамперах, а сам прибор имеет шкалу, ограниченную 80 у.е.

При анализе начальных показателей ЭТП нами была установлена зависимость значений до анестезии от наличия необратимого воспаления пульпы. У пациентов с кариесом различной глубины начальные показатели ЭТП составляли ~ 4 у.е. Наличие пульпита диагностировалось в зубах со средними показателями в 10,5 условных единиц. Эти значения влияли на динамику показаний электротестирования, так как в 34 случаях из 38 результаты ЭТП после анестезии достигли максимума по шкале прибора. Однако, достижения 80 у.е. недостаточно, для объективной оценки наступления анестезии: 23,7 % пациентов, показатели электротестирования которых достигли максимума после инъекции анестетика, ощущали болезненность во время лечения.

В результате корреляционного анализа взаимосвязи показателей ЭТП после анестезии и степени болезненности стоматологического лечения по ВАШ нами была установлена заметная теснота связи по шкале Чеддока. Эта зависимость была описана уравнением парной линейной регрессии, которое указывает на

уменьшение болезненности по ВАШ на 0,706 балла при увеличении показателей электротестирования после анестезии на 1 условную единицу.

ROC-анализ вероятности возникновения болезненных ощущений при проведении инвазивных манипуляций на тканях зуба, в зависимости от показателей электротестирования после анестезии выявил пороговое значение в точке cut-off, которое составило 80 условных единиц. Среди пациентов с отсутствием анестезии, 30,8 % будут идентифицированы как таковые. Из группы пациентов, с наступлением полной пульпарной анестезии, 100 % будут идентифицированы как пациенты с наступившей анестезией. Точность теста на эффективность анестезии с помощью ЭТП составила 76,3 %, что не является высоким показателем и, вероятно, объясняется ограниченностью шкалы прибора. Из-за этого не удалось установить реальное пороговое значение теста в точке cut-off, которое было выбрано по максимальному действующему значению импульсного тока, генерируемого аппаратом, т.е. по максимальному показателю на шкале прибора. На основании этих данных, предиктором наступления анестезии, при анализе четырехпольных таблиц сопряженности, было выбрано значение в 80 у.е.

Анализ четырехпольных таблиц сопряженности для электротестирования, как теста для определения эффективности местной анестезии в стоматологии, помог определить положительную прогностическую ценность теста, которая составила 73,5 %. Это позволяет ожидать наступление анестезии пульпы, при достижении порога ЭТП в 80 условных единиц, у 73,5 % пациентов. Отрицательная прогностическая ценность была рассчитана как 100 %, что указывает на обязательное наличие болезненности у пациентов с изначально витальной пульпой во время проведения инвазивных стоматологических манипуляций при значениях ЭТП после анестезии ниже 80 у.е. Эти данные соотносятся с результатами других авторов и указывают на технические недостатки аппаратов для ЭТП, при использовании их для оценки эффективности местной анестезии в стоматологии [Lin J., 2008; Karayilmaz H., 2011].

4.6. Точность, чувствительность и специфичность холодого теста спреем «Cold Spray» как способа оценки эффективности местной анестезии в стоматологии.

В процессе анализа появления болезненных ощущений от результатов холодого теста было установлено, что лечение зубов, показавших положительный результат теста (не чувствовавших боли от холода после проведения анестезии), было в 20,5 раз чаще безболезненно, чем зубов, показавших отрицательный результат теста. Средняя болезненность зубов с отрицательным результатом составила 24 единицы по ВАШ.

Анализ четырехпольных таблиц сопряженности для холодого теста спреем «Cold Spray», как метода определения эффективности местной анестезии в стоматологии, позволил рассчитать точность теста, которая составила 78,9 %, что ниже, чем точность определения витальности зуба этим же хладагентом. Предположительно, это связано с проще достижимой блокадой А-дельта волокон нервов пульпы (которые отвечают за чувствительность в области эмалево-дентинной границы зуба), и не всегда сопутствующей ей блокадой С-волокон, которые отвечают за проприоцептивную чувствительность пульпы. Чувствительность и специфичность составили 96 % и 46,2 % соответственно. Положительная прогностическая ценность — 77,4 % — что позволяет ожидать отсутствия болезненных ощущений во время инвазивных стоматологических манипуляций на тканях зуба у 77,4 % пациентов при положительном результате теста. Отрицательная прогностическая ценность (вероятность возникновения болезненности при отрицательном результате теста) была 85,7 %. Более точная диагностика отсутствия пульпарной анестезии холодовым тестом, чем её наступления, объясняется большей точностью диагностики сохранения чувствительности А-дельта волокон, которой сопутствует сохранение чувствительности С-волокон. Обратная зависимость проявляется не всегда, так как даже при блокаде А-дельта волокон, С-волокна могут сохранять чувствительность (Abd-Elmeguid A., 2009).

4.7. Точность, чувствительность и специфичность косвенных признаков наступления анестезии (наступление обезболивания десны, губы и языка) как способа оценки эффективности местной анестезии в стоматологии.

Наиболее частым клиническим критерием наступления местной анестезии является обезболивание мягких тканей в зоне иннервации блокируемого нерва. При проведении инфильтрационной анестезии таким признаком является наступление обезболивания десны в области зуба, подлежащего лечению. При проводниковой анестезии нижнего альвеолярного нерва – наступление обезболивания половины губы и половины языка, со стороны инъекции.

Анализ четырехпольных таблиц сопряженности для признака «обезболивание десны» при инфильтрационной анестезии, как метода определения эффективности местной анестезии в стоматологии, помог установить точность признака, которая составила 75 %, что практически соответствует эффективности инфильтрационной анестезии (74 %), полученной в ходе нашего исследования. Положительная прогностическая ценность составила также 75 %, что позволяет ожидать наступления полной пульпарной анестезии — отсутствия болезненности при лечении — у $\frac{3}{4}$ пациентов, десна в области причинного зуба которых потеряла тактильную чувствительность после проведения анестезии. Отрицательную прогностическую ценность признака установить не удалось, ввиду наличия обезболивания десны во всех случаях проведения инфильтрационной анестезии.

При анализе четырехпольных таблиц сопряженности для субъективного признака «обезболивание губы» при проводниковой анестезии, как метода определения эффективности местной анестезии в стоматологии, была установлена точность признака — 44,1 %, что практически соответствует эффективности проводниковой анестезии нижнего альвеолярного нерва, продемонстрированной в нашем исследовании — 44 %. Положительная прогностическая ценность (вероятность наступления пульпарной анестезии при наступлении обезболивания половины губы) была также 44,1 %, а отрицательную прогностическую ценность

установить не удалось, ввиду наличия обезболивания половины губы у всех пациентов, леченных под проводниковой анестезией.

В результате анализа четырехпольных таблиц сопряженности для субъективного признака «обезболивание языка» при проводниковой анестезии нижнего альвеолярного нерва, как метода определения эффективности местной анестезии в стоматологии, нами была определена точность признака, составившая 38,2 %, а также положительная прогностическая ценность — 40,6 %, и отрицательная прогностическая ценность — 0 %.

Проведенный нами анализ возникновения обезболивания языка в зависимости от результатов электроодонтометрии после анестезии показал, что чаще обезболивание языка присутствовало в случаях, когда показатели ЭОМ были в районе ~70-80 мкА. В случаях, когда эти значения достигали 120 мкА и выше, обезболивание языка отсутствовало, однако лечение было безболезненным. Вероятно, это было связано с расположением области депо анестетика. Так при расположении депо ближе к нижнему альвеолярному нерву (при более глубоком положении иглы, ближе к внутренней поверхности ветви нижней челюсти) и, соответственно, дальше от язычного нерва, блокада нижнего альвеолярного нерва была более эффективна, а блокада язычного нерва не наступила. Об этом свидетельствуют показания ЭОМ с разбросом в первом и третьем квартиле в 118-147 мкА. При правильном положении иглы, на одинаковом расстоянии от обоих нервов, наступила блокада как язычного, так и нижнего альвеолярного нервов, однако эффективность последней была ниже (о чем свидетельствуют показания ЭОМ с Q1-Q3 в 67,75-87,50 мкА).

Точность всех косвенных признаков соответствует эффективности анестезии, при которой они проявляются, а прогностические значения имеют очень низкие показатели. Полученные данные указывают на то, что эти признаки часто сопровождают инъекцию местного анестетика, но не коррелируют с эффективностью анестезии пульпы причинных зубов.

4.8. Наиболее достоверный способ оценки эффективности местной анестезии в стоматологии.

При проведении ROC-анализа и оценке результатов четырехпольных таблиц сопряженности, мы установили точность наиболее распространенных методов оценки чувствительности пульпы зуба при использовании их в качестве методов оценки эффективности местной анестезии. Их точность составила для электроодонтометрии (переменным током, аппаратом ИВН-01 Пульптест-Про) — 92,1 %, для электротестирования (импульсным током, аппаратом PulpEst) — 76,3 %, для холодого теста (спреем «Cold Spray») — 78,9 %, для признаков: обезболивание десны, при инфльтрационной анестезии (75 %), обезболивание губы (44,1 %) и обезболивание языка (38,2 %) при проводниковой анестезии. Полученные данные указывают на преимущество электроодонтометрии переменным током (ЭОМ) перед другими тестами, при использовании их для оценки эффективности местной анестезии в стоматологии. Однако этот метод имеет противопоказания: наличие у пациента кардиостимулятора, психического расстройства, трудность высушивания поверхности зуба, непереносимость электрического тока, возраст до 5 лет [Кожевникова А.И., 2016]. В таких случаях возможно использование других тестов, выбор которых будет зависеть от клинической ситуации и местного статуса пациента.

В своих исследованиях ряд зарубежных авторов считает точность электротестирования импульсным током (ЭТП) недостаточной, отдавая предпочтение холодовому тесту или лазерной доплеровской флоуметрии [Jafarzadeh H., 2010; A. Abd-Elmeguid, 2009; A.J. Certosimo, 1996; L.J. Dreven, 1987]. Однако современных исследований по точности электроодонтометрии переменным током (ЭОМ) для оценки эффективности анестезии не проводилось. Также не было исследований по определению диагностического порогового значения ЭОМ, а параметр в 100 мкА был получен эмпирическим методом [Конобецв О.Ф., 1984], и не всегда легко достижим. Учитывая это, использование «Алгоритма определения эффективности местной анестезии в

стоматологии», разработанного на основании данных, полученных с помощью методов доказательной медицины, является актуальным.

4.9. Оценка эффективности местной анестезии с помощью «Алгоритма определения эффективности местной анестезии в стоматологии» во время различных стоматологических манипуляций на тканях зуба при разном местном статусе.

Учитывая данные изученной литературы, а также результаты диссертационного исследования по определению эффективности местной анестезии различными методами в разных группах пациентов, нами были выявлены недостатки этих методов, такие как: недостаточная величина характеристик генерируемого тока и ограниченность шкалы аппаратов, используемыми в качестве стимула импульсный ток; зависимость от толщины твердых тканей и состояния коронки исследуемого зуба популярных хладагентов; стремление субъективных признаков к корреляции факту инъекции местного анестетика, а не наступлению анестезии; а также изучены противопоказания к данным методам. Несмотря на преимущество в точности и других тестовых характеристиках электроодонтометрии перед другими способами оценки эффективности анестезии, она имеет свои ограничения и противопоказания. В таких случаях перед врачом-стоматологом встает выбор между другими методами, который не всегда прост, объективен и однозначен.

Для повышения безопасности и качества стоматологического лечения под местной анестезией, нами был разработан «Алгоритм определения эффективности местной анестезии в стоматологии». В него мы включили самые распространенные методы оценки эффективности анестезии, а также рекомендации по их выбору в различных клинических ситуациях, с учетом местного статуса (таблица 37).

Таблица 37 — «Алгоритм определения эффективности местной анестезии в стоматологии»

Этап	Комментарии
1. Предоперационное определение статуса здоровья пациента и анестезиологического риска	Определение класса здоровья по ASA physical status classification system, заполнение «Карты здоровья» (А.Ж. Петрикас, 1985), сбор анестезиологического анамнеза, выявление общих противопоказаний к методам оценки эффективности местной анестезии
2. Определение местного статуса	Выяснение жалоб пациента, проведение стоматологического осмотра, постановка диагноза, сбор анамнеза, выявление местных противопоказаний к электроодонтометрии и холодовому тесту, выяснение витальности зуба (методы оценки эффективности анестезии, основанные на оценке чувствительности пульпы зуба, могут применяться только в зубах с витальной пульпой).
3. Выбор метода оценки эффективности местной анестезии	При выборе метода используется разработанный нами «Алгоритм» (рисунок 30): у пациента выясняются данные, расположенные в прямоугольниках, до тех пор, пока не будет достигнут один из методов, расположенных в овалах. Цветовая маркировка овалов указывает на точность теста, которая убывает в последовательности: жёлтый — зелёный — красный. Далее проводится оценка чувствительности зуба выбранным методом.

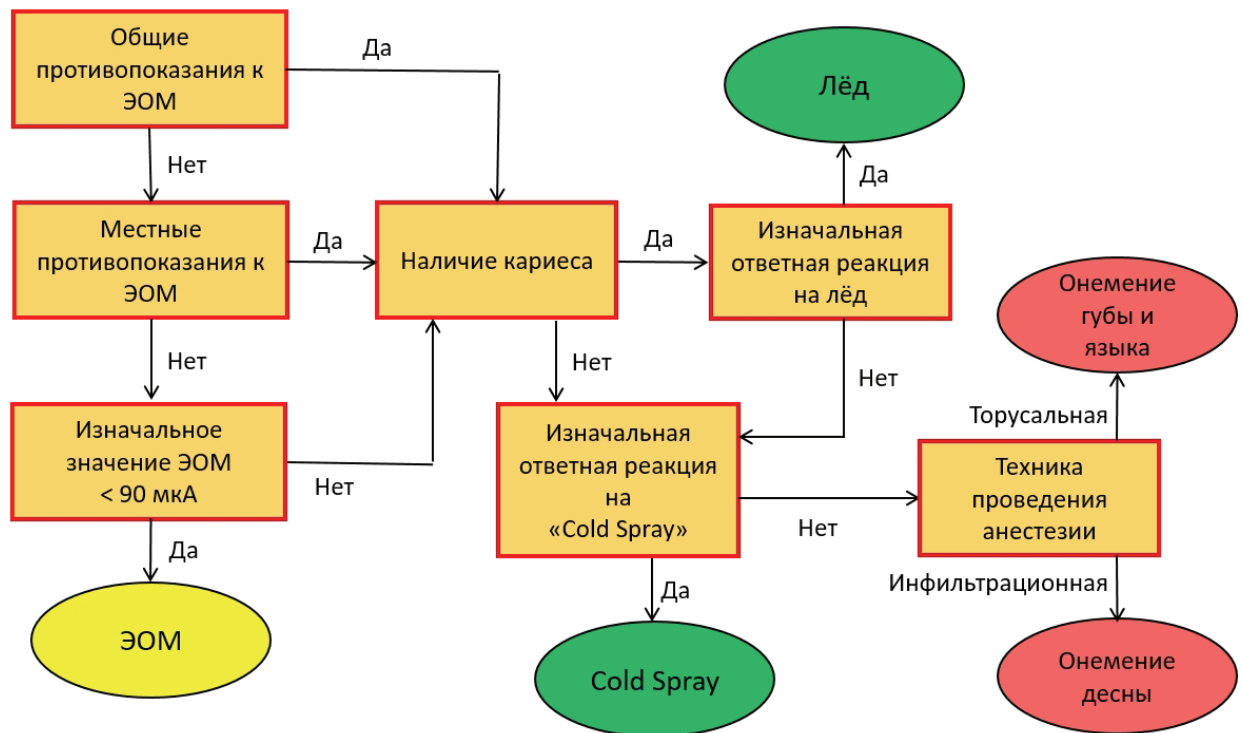


Рисунок 30 — Алгоритм выбора метода для оценки эффективности местной анестезии в стоматологии

Этап	Комментарии
4. Проведение местной анестезии	Анестезия проводится по стандартному алгоритму, затем выжидается латентный период анестезии
5. Проведение теста на эффективность местной анестезии	<p><i>ЭОМ:</i> Перед выполнением ЭОМ пациенту даются разъяснения о характере процедуры и его возможных ощущениях, просят снять с руки, где будет располагаться пассивный электрод все металлические предметы (кольца, браслеты, часы). На блоке управления прибором выбирают скорость тестирования. Пассивный электрод, обернутый влажным марлевым тампоном, помещают в руку пациента и просят его нажать на кнопку по сигналу врача и отпустить, при появлении первых чётких ощущений в зубе. Исследуемый зуб изолируют с помощью хлопковых тампонов и высушивают ватным шариком, протирая в направлении от режущего края к экватору. На активный электрод наносят проводящую среду и размещают его в пришеечной области коронки зуба с вестибулярной стороны. Пациенту подаётся сигнал о начале процедуры. По завершении процедуры, когда пациент почувствовал стимул и отпустил кнопку, значение ЭОМ фиксируется на дисплее прибора на блоке управления.</p> <p><i>Холодовой тест спреем «Cold Spray»:</i> Перед проведением тестирования пациенту разъясняют характер процедуры и его действия. Затем проводится очищение зуба от мягких и твёрдых зубных отложений. Исследуемый зуб изолируют хлопковыми валиками, высушивают. Спрей наносят на ватную палочку размером 3×3 мм с расстояния 2-3 см в течение 1-2 секунд. Палочку прикладывают к пришеечной части вестибулярной поверхности коронки зуба. При появлении ощущений, пациент подает сигнал.</p> <p><i>Холодовой тест льдом:</i> Для оценки чувствительности твердых тканей зубов с помощью льда, пациенту разъясняют характер процедуры. Затем проводится очищение исследуемого зуба от мягких и твёрдых зубных отложений. Зуб изолируют хлопковыми валиками, высушивают. Кубик льда размером 3×3 мм прикладывают к пришеечной части вестибулярной поверхности коронки зуба с помощью пинцета. Когда появляются ощущения, пациент подает сигнал.</p> <p><i>Оценка субъективных признаков:</i> При проведении инфильтрационной анестезии субъективным признаком считается отсутствие чувствительности тканей пародонта в области анестезируемого зуба (а именно — отсутствие у пациента ощущений при надавливании тупым стоматологическим инструментом на десну).</p>

Этап	Комментарии
	<p>При проводниковых анестезиях нижнеальвеолярного нерва косвенными признаками наступления обезболивания являются потеря чувствительности половины нижней губы, кончика или половины языка, слизистой оболочки щеки и альвеолярной части нижней челюсти. После проведения анестезии у пациента спрашивают о его ощущениях, изменении чувствительности слизистой и мягких тканей. Если пациент затрудняется с ответом, ему описывают ощущения, которые появляются при наступлении анестезии и уточняют соответствие описанных ощущений с тем, что чувствует пациент.</p>
6. Оценка результатов	<p><i>ЭОМ:</i> При значениях ЭОМ ≥ 90 мкА, вероятность наступления анестезии пульпы (PPV) — 92 %; при ЭОМ < 90 мкА, вероятность отсутствия анестезии (NPV) — 92,3 %.</p> <p><i>Холодовой тест:</i> При отсутствии чувствительности на стимуляцию хладагентом, PPV — 77,4 %; при наличии чувствительности — NPV — 85,7 %.</p> <p><i>Оценка субъективных признаков:</i> При наличии онемения десны, PPV — 75 %. При наличии онемения губы, PPV — 44,1 %. При наличии онемения языка, PPV — 40,6 %.</p>

Для обоснования данного подхода к оценке эффективности местной анестезии в стоматологии нами были проведены серии клинических и лабораторных исследований, которые подтверждают диагностические характеристики используемых тестов, их зависимость от клинической ситуации и местного статуса, а также необходимость в выборе наиболее подходящего метода у каждого пациента.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В нашем диссертационном исследовании мы попытались сравнить самые распространенные методы оценки эффективности местной анестезии (электроодонтометрия переменным и импульсным током, холодной тест, косвенные признаки наступления обезболивания) путём определения их диагностических характеристик, а также проверить гипотезу о зависимости показателей электроодонтометрии интактных зубов от конфигурации корневого канала. Для этого было проведено лабораторное, клинико-лабораторное и клиническое исследования. В результате лабораторного исследования была получена компьютерная 3-D модель зуба 2.2, изучение которой позволило оценить распространение электрического тока в тканях зуба и доказать зависимость показателей электроодонтометрии от конфигурации корневого канала. В ходе клинико-лабораторного исследования был выбран хладагент, наиболее подходящий для проведения холодного теста при оценке эффективности анестезии. Результатом клинического исследования явилась разработка «Алгоритма определения эффективности местной анестезии в стоматологии», использование которого помогает персонализировать выбор метода оценки эффективности местной анестезии с учетом показаний, противопоказаний и местного статуса.

Включение этапа «Оценка эффективности местной анестезии» в стоматологический анестезиологический протокол и использование для этого «Алгоритма определения эффективности местной анестезии в стоматологии» рекомендовано проводить у всех пациентов, которым предстоят инвазивные процедуры на твердых тканях витальных зубов и пульпе, с целью повышения комплаентности и предупреждения общих осложнений обезболивания.

Перспективы дальнейшей разработки темы

Полученные в ходе лабораторного исследования результаты позволяют повысить точность использования электроодонтометрии для диагностики морфофункционального состояния пульпы зуба. Оценка конфигурации корневого канала и корректировка диапазона диагностических критериев, а также персонифицированный подход к определению статуса пульпы позволят в дальнейшем избежать диагностических ошибок.

Превентивная оценка эффективности обезболивания непосредственно в кресле врача-стоматолога кажется неотъемлемой частью качественного и безопасного стоматологического лечения. Разработка необходимых для этого аппаратов, с учетом результатов клинического и клинико-лабораторного исследований, а также совершенствование их эргономики позволит повсеместно внедрить данный этап в стоматологическую практику.

ВЫВОДЫ

1. Максимальная плотность тока в корневом канале, при проведении электроодонтометрии, возникает в области максимального сужения канала. Плотность тока 26-27 А/м² в канале соответствует факту появления у пациентов ответной реакции на электроодонтометрию, а для достижения этого показателя в зубах с более широким апикальным сужением требуется бóльшая сила тока.
2. Использование в качестве хладагента пропан-бутановой смеси «Cold Spray», при оценке витальности зубов, имеет бóльшую диагностическую точность, чем использование льда, за исключением зубов с кариесом и твердыми зубными отложениями.
3. Наибольшую клиническую эффективность в диагностике пульпарной анестезии среди сравниваемых способов, по результатам оценки диагностических характеристик, показала электроодонтометрия переменным током частотой 50 Гц, точность которой составила 92,1 %.

Электротестирование импульсным током показало точность ниже, чем холодной тест пропан-бутановой смесью «Cold Spray» (76,3 % против 78,9 %), поэтому данный способ был исключен из «Алгоритма определения эффективности местной анестезии в стоматологии». Пороговое значение электроодонтометрии, при оценке эффективности местной анестезии, составило 90 микроампер, что ниже «устоявшегося» в научной литературе значения в 100 мкА, но значительно проще достижимо при проведении проводниковой анестезии нижнего альвеолярного нерва и при лечении необратимого воспаления пульпы. Косвенные признаки наступления местной анестезии (наступление обезболивания десны, губы и языка) коррелируют с фактом проведения инъекции местного анестетика, а не с наступлением анестезии пульпы, и не могут быть использованы для оценки эффективности обезболивания тканей зуба.

4. Эффективность проводниковой анестезии нижнего альвеолярного нерва во время лечения кариеса различной глубины и пульпита боковых зубов нижней челюсти в 1,7 раз ниже, чем эффективность инфильтрационной анестезии при лечении тех же нозологий фронтальных зубов нижней челюсти и фронтальных и боковых зубов верхней челюсти.
5. Предложенный «Алгоритм определения эффективности местной анестезии в стоматологии», в котором учитываются общие факторы и местный статус, позволяет индивидуализировать выбор способа оценки эффективности местной анестезии и получить более объективную оценку наступления анестезии пульпы зуба.

ПРАКТИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ

1. Для повышения комфорта стоматологического лечения рекомендуется включать в протокол лечения витальных зубов этап оценки эффективности наступления анестезии пульпы.
2. Для выбора способа оценки эффективности местной анестезии в каждом конкретном случае целесообразно использовать «Алгоритм определения эффективности местной анестезии в стоматологии», учитывающий общие факторы и местный статус.
3. При отсутствии противопоказаний к электроодонтометрии, в качестве наиболее точного способа оценки эффективности местной анестезии предлагается использовать аппараты для ЭОМ, генерирующие в качестве стимула переменный ток частотой 50 Гц, например, ИВН-01 Пульптест Про.
4. В качестве диагностического критерия наступления анестезии пульпы при проведении электроодонтометрии, во время оценки эффективности местной анестезии, рекомендуется использовать значение 90 мкА.

СПИСОК СОКРАЩЕНИЙ

A/m^2 — ампер на метр в квадрате (единица измерения плотности тока)

ВАШ — визуальная аналоговая шкала

мкА — микроампер

ЭОМ — электроодонтометрия

ЭТП — электрический тест пульпы (ЕРТ — electric pulp test)

NPV — отрицательная прогностическая ценность

PPV — положительная прогностическая ценность

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Анисимов, М. В. Влияние метода обезболивания на качество стоматологического лечения / М. В. Анисимов. — Текст : непосредственный // Вестник стоматологии. — 2011. — № 4 . — С. 46-50.
2. Анисимова, Е. Н. Особенности безопасного местного обезболивания у пациентов с бронхиальной астмой / Е. Н. Анисимова, М. В. Громовик. — Текст : непосредственный // Стоматология. — 2017. — Т. 96, №3. — С. 52-54.
3. Анисимова, Н. Ю. Пациенты с дентофобией на стоматологическом приеме / Н. Ю. Анисимова. — Текст : непосредственный // Вестник Томского государственного педагогического университета. — 2014. — № 5. — С. 123–128.
4. Бакиев, Б. А. Оценка эффективности методов психосенсорного обезболивания при операции удаления зубов у больных с острым периодонтитом и обострением хронического периодонтита / Б. А. Бакиев, Н. Р. Базарбаев, А. М. Умаров. — Текст : непосредственный // Здоровье и образование в XXI веке. — 2018. — № 20(6). — С. 32-37.
5. Балданов, Ч. Б. Оценка состояния тревожности пациента врачом-стоматологом / Ч. Б. Балданов, В. В. Ранжуров. — Текст : непосредственный // Медицина завтрашнего дня : материалы XIX межрегиональной научно-практической конференции студентов и молодых ученых, Чита, 19–22 мая 2020 г. / ред. Д. М. Серкин. — Чита : Читинская государственная медицинская академия, 2020. — С. 397-399.
6. Беккожина, Г. Р. Клинические и электрометрические показатели состояния пульпы зуба при кариесе дентина / Г. Р. Беккожина. — Текст : непосредственный // Вестник хирургии Казахстана. — 2014. — №3(39). — С. 64-66.
7. Богаевская, О. Ю. Риски инъекционного обезболивания при стоматологическом лечении / О. Ю. Богаевская, С. Т. Сохов. — Текст :

- непосредственный // Вестник Российского университета дружбы народов. Серия. Медицина. — 2020. — Т. 24, № 1. — С. 61-68.
8. Васильев, Ю. Л. Влияние водородного показателя раствора местного анестетика на успех местной анестезии в стоматологии / Ю. Л. Васильев. — Текст : непосредственный // Актуальные вопросы стоматологии : сборник научных трудов, посвященный основателю кафедры ортопедической стоматологии КГМУ профессору Исааку Михайловичу Оксману / ред. Г. Т. Салеева. — Казань, 2018. — С. 60-63.
 9. Васильев, Ю. Л. Определение с помощью холтеровского мониторирования уровня стресса у врачей-стоматологов при проведении местной анестезии / Ю. Л. Васильев, А. В. Севбитов, В. В. Платонова. — Текст : непосредственный // Stomatology. — 2016. — Vol. 95, No 6-2. — P. 41-42.
 10. Дмитрова, А. Г. Метод атравматичного лечения детей с кариесом и при ограниченных возможностях. Сравнительное клиническое исследование / А. Г. Дмитрова, А. А. Кулаков. — Текст : непосредственный // Стоматология. — 2015. — № 94(2). — С. 30-33.
 11. Жолудев, С. Е. Применение в стоматологической практике оригинальных артикаиновых анестетиков как мера профилактики возможных осложнений / С. Е. Жолудев. — Текст : непосредственный // Проблемы стоматологии. — 2013. — №2. — С. 18-20.
 12. Захарова, Е. Л. Сравнительное исследование эффективности витальной и девитальной пульпэктомии : специальность 14.01.14 «Стоматология» : дис. на соиск. уч. степ. канд. мед. наук / Захарова Елена Львовна ; Тверская государственная медицинская академия. — Тверь, 2005. — 90 с. — Текст : непосредственный.
 13. Захарова, Е. Л. Эффективность обезболивания при лечении пульпита под анестезией и при использовании девитализирующих паст / Е. Л. Захарова. — Текст : непосредственный // Эндодонтия today. — 2008. — №1. — С. 43-44.

14. Иорданишвили, А. К. О тригонометрическом интерполяционном полиноме Лагранжа, имеющем минимальную норму как оператор из C^2 в C^2 / А. К. Иорданишвили. — Текст : непосредственный // Известия Высших Учебных Заведений. Математика. — 2010. — № 10. — С. 1-4.
15. Иорданишвили, А. К. Советы врачу-стоматологу по выполнению инъекционных методов обезболивания на челюстях / А. К. Иорданишвили. — Текст : непосредственный // Институт стоматологии. — 2005. — № 2. — С. 64-65.
16. Каштанов, А. Д. Обзор различных устройств для облегчения проведения мандибулярной анестезии / А. Д. Каштанов, Х М. Дарауше, Ю. Л. Васильев. — Текст : непосредственный // Российская стоматология. — 2021. — Т. 14, № 3. — С. 14-20.
17. Кожевникова, А. И. Электроодонтодиагностика в повседневной практике врача-стоматолога / А. И. Кожевникова, А. А. Клягина. — Текст : электронный // Бюллетень медицинских интернет-конференций. — 2016. — Т. 6, №5. — С. 864-867. — URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=27462344> (дата обращения: 03.11.2022).
18. Кузин, А. В. Недостаточная эффективность обезболивания при операции удаления зуба: причины и пути решения / А. В. Кузин. — Текст : непосредственный // Институт Стоматологии. — 2019. — № 3. — С. 40-42.
19. Леонтьев, В. К. Оценка основных направлений развития стоматологии / В. К. Леонтьев, В. Т. Шестаков, В. Ф. Воронин. — Москва : Медицинская книга ; Нижний Новгород : Изд-во НГМА, 2003. — 280 с. — ISBN: 5-86093-118-2. — Текст : непосредственный.
20. Луцкая, И. К. Лекарственные средства в стоматологии. Карманный справочник врача / И. К. Луцкая, В. Ю. Мартов. — 2-е изд. — Москва : Медицинская литература, 2018. — 484 с. — ISBN: 978-5-89677-191-3. — Текст : непосредственный.
21. Максименко, Л. В. Избыточная трудовая нагрузка стоматологов как предиктор психоэмоциональной нестабильности / Л. В. Максименко, И. А.

- Яковенко. — Текст : непосредственный // Современные проблемы науки и образования. — 2017. — № 6. — С. 70.
22. Максимович, Е. В. Частота выявления пациентов группы риска развития токсических реакций на местные анестезирующие средства в условиях стоматологической поликлиники / Е. В. Максимович, И. О. Походенько-Чудакова. — Текст : непосредственный // Вісник проблем біології і медицини. — 2016. — № 2(3). — С. 327-332.
23. Маслак, Е. Е. Социальный портрет врача-стоматолога / Е. Е. Маслак. — Текст : непосредственный // Фундаментальные исследования. — 2014. — № 4. — С. 305-309.
24. Мачарадзе, Д. Ш. Аллергия на местные анестетики в стоматологии : учебное пособие / Д. Ш. Мачарадзе, В. И. Пешкин, О. Ю. Богаевская. — Москва : Изд-во Российский университет дружбы народов, 2017. — 32 с. — Текст : непосредственный.
25. Местное обезболивание и анестезиология в стоматологии : учебное пособие / С. Н. Кражан, К. С. Гандылян, Е. М. Шарипов [и др.]. — Ставрополь : Изд-во СтГМУ, 2014. — 202 с. — Текст : непосредственный.
26. Методические рекомендации по клиническим испытаниям местных анестетиков в стоматологической практике / О. Ф. Конобевцев, С. И. Зидра, А. Ж. Петрикас [и др.]. — Москва : МЗСССР, 1984. — 18 с. — Текст : непосредственный.
27. Модификация классификации способов местной анестезии / А. Ж. Петрикас, Д. В. Медведев, Е. В. Честных, Е. Б. Ольховская. — Текст : непосредственный // Эндодонтия today. — 2017. — №1. — С. 49-53.
28. Николаев, А. И. Практическая терапевтическая стоматология : учебное пособие / А. И. Николаев, Л. М. Цепов. — 5-е изд. — Москва : МЕДпресс-информ, 2006. — 547 с. : ил. — ISBN 5-98322-173-6. — Текст : непосредственный.
29. Обезболивание в условиях стоматологической поликлиники / А. Ф. Бизяев, С. Ю. Иванов, А. В. Лепилин, С. А. Рабинович. — Москва : ВУНМЦ, 2002. — 144 с. — ISBN 5-89004-158-4. — Текст : непосредственный.

30. Опыт использования остеоцентральной методики интрасептальной анестезии при лечении кариеса дентина и пульпита постоянных моляров на нижней челюсти / С. А. Рабинович, Т. Д. Бабич, И. А. Зиновьев [и др.]. — Текст : непосредственный // Клиническая стоматология. — 2020. — № 2(94). — С. 18-23.
31. Особенности оказания амбулаторной стоматологической помощи пациентам с артериальной гипертензией / Л. А. Аксамит, Е. Н. Анисимова, И. В. Ореховка, С. Т. Сохов. — Текст : непосредственный // Стоматология. — 2017. — Т. 96, № 2. — С. 79-84.
32. От новокаина к артикаину / С. А. Рабинович, Е. В. Зорян, С. Т. Сохов [и др.]. — Москва: Медицинское информационное агентство, 2005. — 248 с. — ISBN 5-89481-369-7. — Текст : непосредственный.
33. Оценка медицинского статуса амбулаторных стоматологических больных с помощью «Карты здоровья» / А. Ж. Петрикас, Л. Н. Ковальчук, З. В. Пекалниц, З. И. Саввиди. — Текст : непосредственный // Стоматология. — 1985. — № 3. — С. 82-84.
34. Оценка напряжения регуляторных систем врачей-стоматологов в период оказания стоматологической помощи населению по данным пульсоксиметрии и сатурации крови / Ю. Л. Васильев, С. А. Рабинович, С. С. Дыдыкин [и др.]. — Текст : непосредственный // Стоматология. — 2020. — Т. 99, № 6. — С. 89–93.
35. Оценка напряжения регуляторных систем врачей-стоматологов в период оказания стоматологической помощи населению по данным пульсоксиметрии и сатурации крови / Ю. Л. Васильев, С. А. Рабинович, С. С. Дыдыкин [и др.]. — Текст : непосредственный // Стоматология. — 2020. — Т. 99, № 6. — С. 89-93.
36. Оценка эффективности местного обезболивания у детей на амбулаторном стоматологическом приеме / Е. Н. Анисимова, Н. Ю. Анисимова, О. С. Ковылина, И. А. Кравченко. — Текст : непосредственный // Стоматология детского возраста и профилактика. — 2020. — Т. 20, №2. — С. 101-104.

37. Оценка эффективности применения компрессионного метода при инфильтрационной анестезии для обезболивания жевательных зубов на нижней челюсти / Ю. Л. Васильев, С. А. Рабинович, С. С. Дыдыкин [и др.]. — Текст : непосредственный // Стоматология. — 2021. — Т. 100, № 1. — С. 60-66.
38. 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.]. — 3 с. — Текст : непосредственный.
39. Петрикас, А. Ж. Пульпэктомия : учебное пособие для стоматологов и студентов / А. Ж. Петрикас. — 2-е изд. — Москва : АльфаПресс, 2006. — 300 с. : ил. — Текст : непосредственный.
40. Проведение мандибулярной анестезии по методу Гоу-Гейтса / И. Д. Ушницкий, А. А. Чахов, И. С. Пинелис [и др.]. — Текст : непосредственный // Якутский медицинский журнал. — 2021. — № 2(74). — С. 38-43.
41. Просветов, Р. С. Особенности электровозбудимости пульпы зубов у студентов из разных регионов мира / Р. С. Просветов, В. И. Торшин, И. К. Асогва. — Текст : непосредственный // Стоматология. — 2013. — Т. 92, № 4. — С. 26-27.
42. Рабинович, С. А. Местная анестезия. История и современность : учебное пособие / С. А. Рабинович, Ю. Л. Васильев. — Москва : Поли Медиа Пресса, 2016. — 178 с. — Текст : непосредственный.
43. Рабинович, С. А. Оценка функционального состояния сердечно-сосудистой системы врачей-стоматологов при проведении местного обезболивания в амбулаторных условиях / С. А. Рабинович, С. Н. Разумова, Ю. Л. Васильев. — Текст : непосредственный // Стоматология. — 2017. — № 96(1). — С. 20-22.
44. Рабинович, С. А. Современные технологии местного обезболивания в стоматологии / С. А. Рабинович. — Москва : ВУНМЦ, 2000. — 144 с. : ил., табл. — ISBN 5-89004-092-8. — Текст : непосредственный.

45. Рабинович, С. А. Проблема боли и обезболивания в стоматологии. Современное состояние стоматологической анестезиологии и перспективы ее развития / С. А. Рабинович. — Текст : непосредственный // Боль. — 2009. — № 3 (24). — С. 12–17.
46. Рентгенанатомическое обоснование выбора оптимальной траектории проводниковой анестезии на нижней челюсти / Х. М. Дарауше, Ю. Л. Васильев, А. Д. Каштанов [и др.]. — Текст : непосредственный // Оперативная хирургия и клиническая анатомия (Пироговский научный журнал). — 2022. — № 2(3). — С. 5-12.
47. Роль премедикации и психотерапевтической подготовки в профилактике психогенных реакций пациента на стоматологическом ортопедическом приеме / А. А. Бизяев, В. В. Коннов, Д. Н. Масленников [и др.]. — Текст : непосредственный // Современные проблемы науки и образования. — 2016. — №3. — С. 42-45.
48. Рубин, Л. Р. Электроодонтодиагностика / Л. Р. Рубин. — Москва : Медицина, 1976. — 136 с. — Текст : непосредственный.
49. Самедов, Т. И. Основные способы обезболивания на амбулаторном стоматологическом приеме / Т. И. Самедов, С. Ю. Виноградов. — Санкт-Петербург : СпецЛит, 2016. — 156 с. : ил. — ISBN 978-5-299-00739-8. — Текст : непосредственный.
50. Серикова, О. В. Результаты анкетирования врачей по вопросам местной анестезии в терапевтической стоматологии / О. В. Серикова. — Текст : непосредственный // Вестник новых медицинских технологий. — 2013. — №2. — С. 437- 440.
51. Совершенствование техники инъекции — новый путь повышения эффективности и безопасности местной анестезии / А. С. Бабилов, С. А. Рабинович, О. Н. Московец [и др.]. — Текст : непосредственный // Российская стоматология. — 2014. — Т. 7, № 4. — С. 4-8.
52. Современные методы освоения теоретических и практических навыков местного обезболивания в стоматологии / Ю. Л. Васильев, С. А. Рабинович, И.

- М. Байриков [и др.]. — Текст : непосредственный // Клиническая стоматология. — 2020. — № 4(96). — С. 37-42.
53. Соколова, И. И. Эффективность инфильтрационной анестезии у пациентов различных возрастных групп при лечении пульпита и периодонтита / И. И. Соколова, Н. А. Заривчацкая. — Текст : непосредственный // Медицина сьогодні і завтра. — 2013. — № 2(59). — С. 112-115.
54. Сохов, С. Обезболивание и неотложная помощь в амбулаторной стоматологической практике : учебное пособие / С. Сохов, В. Афанасьев, Е. Анисимова. — Москва : ГЭОТАР-Медиа, 2019. — 208 с. — Текст : непосредственный.
55. Способ оценки эффективности обезболивания при выполнении амбулаторных стоматологических вмешательств / Е. Н. Анисимова, С. Т. Сохов, Н. Ю. Летунова [и др.]. — Текст : непосредственный // Описание изобретения к патенту. — 2017. — № 19. — С. 1-12.
56. Сравнительная оценка дополнительных местных методов обезболивания при остром пульпите / И. М. Макеева, А. И. Ерохин, В. В. Воронкова, А. В. Кузин. — Текст : непосредственный // Институт Стоматологии. — 2011. — № 4 (53). — С. 62-63.
57. Сравнительная оценка эффективности методов психосенсорной анестезии на основе электроодонтометрических исследований / Б. А. Бакиев, Н. Р. Базарбаев, Н. П. Фетисова [и др.]. — Текст : непосредственный // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. — 2016. — № 11-3. — С. 425-429.
58. Столяренко, П. Ю. Применение ультракаина в стоматологии и челюстно-лицевой хирургии / П. Ю. Столяренко. — Текст : непосредственный // Стоматолог-практик. — 2010. — № 4. — С. 64-69.
59. Столяренко, П. Ю. Клинические особенности современных местных анестетиков / П. Ю. Столяренко. — Текст : непосредственный // Стоматолог-практик. — 2009. — №3. — С. 56-58.

60. Стягайло, С. В. Проблема недостаточной эффективности местного обезболивания в клинике терапевтической стоматологии / С. В. Стягайло. — Текст : непосредственный // Стоматология. — 2006. — № 6. — С. 6–10.
61. Терапевтическая стоматология : национальное руководство / под ред. Л. А. Дмитриевой, Ю. М. Макашовского. — 2-е изд., перераб. и доп. — Москва : ГЭОТАР-Медиа, 2021. — 888 с. — ISBN 978-5-9704-6097-9. — Текст : непосредственный.
62. Уровень тревожности и некоторые показатели гемодинамики у стоматологических больных / И. В. Старикова, А. В. Строев, О. В. Первова [и др.]. — Текст : непосредственный // Современные проблемы науки и образования. — 2019. — № 2. — С.151.
63. Ушницкий, И. Д. Клиническая значимость ширины ветви нижней челюсти в мандибулярной анестезии / И. Д. Ушницкий, А. А. Чахов. — Текст : непосредственный // Cathedra-Кафедра. Стоматологическое образование. — 2022. — № 80. — С. 22-25.
64. Ушницкий, И. Д. Клиническая характеристика толщины мягких тканей, учитываемой при проведении мандибулярной анестезии / И. Д. Ушницкий, А. А. Чахов. — Текст : непосредственный // Актуальные проблемы и перспективы развития стоматологии в условиях Севера : сборник статей межрегиональной научно-практической конференции, посвященной 25-летию стоматологического отделения Медицинского института ФГАОУ ВО «Северо-Восточный федеральный университет имени М. К. Аммосова». Якутск, 15 ноября 2021 г. / ред. И. Д. Ушницкий. — Якутск, 2021. — С. 177-185.
65. Фазылова, Ю. В. Современные аспекты анестезиологического пособия в клинике терапевтической стоматологии / Ю. В. Фазылова, Г. Р. Рувинская, Ю. Н. Шарафутдинова. — Текст : непосредственный // Современные проблемы науки и образования. — 2012. — № 6. — С. 256.
66. Федоринчик, О. В. Влияние размера пломбы из композита на показатели электроодонтометрии / О. В. Федоринчик, Е. Е. Ковецкая. — Текст : непосредственный // Украинский стоматологический альманах. — 2013. — № 5. — С. 107-108.

67. Феномен чувствительности дентальной пульпы при формировании постоянных зубов / А. Ж. Петрикас, С. А. Летуновская, Е. В. Честных [и др.]. — Текст : непосредственный // Эндодонтия Today. — 2020. — Т. 18, №4. — С. 14-19.
68. Функционально-диагностическая оценка эффективности местного обезболивания / Е. Н. Анисимова, Н. К. Логинова, С. Н. Ермольев [и др.]. — Текст : непосредственный // Dental Forum. — 2013. — № 1. — С. 2-7.
69. Характеристика методов и средств местной анестезии в клинической стоматологии / И. Д. Ушницкий, А. А. Чахов, И. С. Пинелис, А. В. Юркевич. — Текст : непосредственный // Якутский медицинский журнал. — 2022. — № 2(78). — С. 113-117.
70. Чахов, А. А. Анатомо-топографическая характеристика взаимосвязи ширины ветви нижней челюсти и глубины погружения иглы при проведении мандибулярной анестезии / А. А. Чахов, И. Д. Ушницкий. — Текст : непосредственный // Российская стоматология. — 2022. — Т. 15, № 3. — С. 10-15.
71. Чахов, А. А. Персонифицированный подход в определении глубины погружения иглы при мандибулярной анестезии / А. А. Чахов, И. Д. Ушницкий. — Текст : непосредственный // Якутский медицинский журнал. — 2022. — № 1(77). — С. 58-61.
72. Электровозбудимости зуба экспресс-методом / Х. П. Камилов, М. Ибрагимова, Р. Кодиров [и др.]. — Текст : непосредственный // Stomatologiya. — 2010. — № 3. — С. 26-28.
73. Электроодонтодиагностика : учебное пособие / под ред. А. И. Николаева, Е. В. Петровой. — Москва : МЕДпресс-информ, 2014. — 40 с. — Текст : непосредственный.
74. Электроодонтодиагностика в современной стоматологии / А. И. Николаев, Е. В. Петрова, Л. Б. Тургенева, Е. А. Николаева. — Текст : непосредственный // Эндодонтия Today. — 2015. — №2. — С. 38-42.
75. Эндодонтология / ред. Г. Бердженхолц [и др.] ; пер. с англ. под науч. ред. С. А. Кутяева. — Москва : Таркомм, 2013. — 408 с.: ил. — ISBN 978-5-9904067-1-1. — Текст : непосредственный.

76. Эффективность электроодонтодиагностики с помощью различных видов тока / И. М. Макеева, М. А. Полякова, В. Ю. Дорошина [и др.]. — Текст : непосредственный // *Стоматология*. — 2018. — Т.97, № 4. — С. 34-37.
77. A clinical study on the effect of injection sites on efficacy of anesthesia and pulpal blood flow in carious teeth / Q. H. Zheng, Q. C. Hong, L. Zhang [et al.]. — Text : visual // *Oper Dent*. — 2018. — № 43(1). — P. 22-30.
78. A comparison of different volumes of articaine for inferior alveolar nerve block for molar teeth with symptomatic irreversible pulpitis / R. Abazarpour, M. Parirokh, N. Nakhaee, P.V. Abbott. — Text : visual // *J Endod*. — 2015. — № 41(9). — P. 1408-1411.
79. A survey of stress, burnout and well-being in UK dentists / V. Collin, M. Toon, E. O'Selmo [et al.]. — Text : visual // *Br Dent J*. — 2019. — № 226(1). — P. 40-49.
80. Abd-Elmeguid, A. Dental pulp neurophysiology: part 1. Clinical and diagnostic implications / A. Abd-Elmeguid, D.C. Yu. — Text : visual // *J Can Dent Assoc*. — 2009. — № 75(1). — P. 55-59.
81. Abd-Elmeguid, A. Dental pulp neurophysiology: part 2. Current diagnostic tests to assess pulp vitality / A. Abd-Elmeguid, D.C. Yu. — Text : visual // *J Can Dent Assoc*. — 2009. — № 75(2). — P. 139-143.
82. Accuracy of cold sensibility testing on teeth with full-coverage restorations: a clinical study / M. L. Hazard, C. Wicker, F. Qian [et al.]. — Text : visual // *Int. Endod. J*. — 2021. — № 7. — P. 1008-1015.
83. Adding examples to the ASA-physical status classification improves correct assignment to patients / E. E. Hurwitz, M. Simon, S. R. Vinta [et al.]. — Text : visual // *Anesthesiology*. — 2017. — № 126(4). — P. 614-622.
84. AlHindi, M. Failure rate of inferior alveolar nerve block among dental students and interns / M. AlHindi, B. Rashed, N. AlOtaibi. — Text : visual // *Saudi medical journal*. — 2016. — № 37(1). — P. 84
85. AlHindi, M. Failure rate of inferior alveolar nerve block among dental students and interns / M. AlHindi, B. Rashed, N. AlOtaibi. — Text : visual // *Saudi Med J*. — 2016. — № 37(1). — P. 84-89.

86. Alomari, F. A. Responses of pulp sensibility tests during orthodontic treatment and retention / F. A. Kader Alomari, R. Al-Habahbeh, B. K. Alsakarna. — Text : visual // *Int. Endod. J.* — 2011. — № 7. — P. 635-643.
87. An evaluation of an electric pulp tester as a measure of analgesia in human vital teeth / L. J. Dreven, A. Reader, M. Beck [et al.]. — Text : visual // *J Endod.* — 1987. — № 13(5). — P. 233-238.
88. Anaesthetic efficacy of 2 % lidocaine with different concentrations of epinephrine (1:80,000 and 1:200,000) in intraligamentary injection after a failed primary inferior alveolar nerve block: a randomized double-blind study / V. Aggarwal, M. Singla, M. Saatchi, M. Hasija. — Text : visual // *Acta Odontol Scand.* — 2020. — № 78(4). — P. 275-280.
89. Analysis on the predictive value of different variables in pulp stones appearance frequency and its pulpal response to cold stimuli / V. Bonilla-Represa, J. Gil-Flores, F. J. López-Frías [et al.] . — Text : visual // *Odontology. Springer Singapore.* — 2021. — № 2. — P. 321-326.
90. Anesthetic efficacy of an inferior alveolar nerve block in soft tissue and correlation between soft tissue and pulpal anesthesia / S.Y. Cho, W. Choi, J. Kim [et al.]. — Text : visual // *Clin Oral Investig.* — 2019. — № 23(3). — P. 1061-1065.
91. Anisimova, E. N. Safe local anesthesia in patients with bronchial asthma / E. N. Anisimova, M. V. Gromovik. — Text : visual // *Stomatologiya.* — 2017. — № 96(3). — P. 52-54.
92. Applied anatomy of the lingual nerve: relevance to dental anaesthesia / V. L. Tan, A. Andrawos, M. N. Ghabriel, G. C. Townsend. — Text : visual // *Arch Oral Biol.* — 2014. — № 59. — P. 324-335.
93. Applied anatomy of the pterygomandibular space: improving the success of inferior alveolar nerve blocks / J. N. Khoury, S. Mihailidis, M. Ghabriel, G. Townsend. — Text : visual // *Aust Dent J.* — 2011. — № 56(2). — P. 112-121.
94. Armfield, J. M. Management of fear and anxiety in the dental clinic: a review / J. M. Armfield, L. J. Heaton. — Text : visual // *Aust Dent J.* — 2013. — № 58(4). — P. 390-407.

95. Articaine buccal infiltration enhances the effectiveness of lidocaine inferior alveolar nerve block / M. Kanaa, J. M. Whitworth, I. P. Corbett, J. G. Meechan. — Text : visual // *Int Endod J.* — 2009. — № 42(3). — P. 238-246.
96. Articaine infiltration for anesthesia of mandibular first molars / I. P. Corbett, M. D. Kanaa, J. M. Whitworth, J. G. Meechan. — Text : visual // *J Endod.* — 2008. — № 34. — P. 514–518.
97. Atasoy Ulusoy, Ö. İ. Efficacy of single buccal infiltrations for maxillary first molars in patients with irreversible pulpitis: a randomized controlled clinical trial / Ö. İ. Atasoy Ulusoy, T. Alaçam. — Text : visual // *Int Endod J.* — 2014. — № 47(3). — P. 222-227.
98. Balevi, B. Cold pulp testing is the simplest and most accurate of all dental pulp sensibility tests / B. Balevi. — Text : visual // *Evid. Based. Dent.* — 2019. — № 1. — P. 22-23.
99. Bjorn, H. Electrical excitation of teeth / H. Bjorn. — Text : visual // *Swed Dent J.* — 1946. — № 39. — P. 6-10.
100. Boronat López, A. Failure of locoregional anesthesia in dental practice. Review of the literature / A. Boronat López, M. Peñarrocha Diago. — Text : visual // *Med Oral Patol Oral Cir Bucal.* — 2006. — № 11(6). — P. 510-513.
101. Boronat López, A. Failure of locoregional anesthesia in dental practice. Review of the literature / A. Boronat López, M. Peñarrocha Diago. — Text : visual // *Med Oral Patol Oral Cir Bucal.* — 2006. — № 11(6). — P. 510-513.
102. Brignardello-Petersen, R. Tetracaine is not more effective than benzocaine for preventing discomfort in young infants undergoing frenotomy / R. Brignardello-Petersen. — Text : visual // *American Dental Association.* — 2017. — № 148(7). — C. 95-97.
103. Carvalho, T. S. Age-related morphological, histological and functional changes in teeth / T. S. Carvalho, A. Lussi. — Text : visual // *J Oral Rehabil.* — 2017. — № 44(4). — P. 291-298.
104. Certosimo, A. J. A clinical evaluation of the electric pulp tester as an indicator of local anesthesia / A. J. Certosimo, R. D. Archer. — Text : visual // *Oper Dent.* — 1996. — № 21(1). — 25-30.

105. Chen, G. Gingival and localized alveolar bone necrosis related to the use of arsenic trioxide paste--two case reports / G. Chen, P. T. Sung. — Text : visual // J Formos Med Assoc. — 2014. — № 113(3). — P. 187-90.
106. Chomyszyn-Gajewska, M. Pain perception in children during caries removal with the Vector system : a pilot study / M. Chomyszyn-Gajewska, H. Kwapinska, J. Zarzecka. — Text : visual // Eur Arch Paediatr Dent. — 2006. — № 7(1). — P. 38-41.
107. Choy, H. B. Occupational stress and burnout among Hong Kong dentists / H. B. Choy, M. C. Wong. — Text : visual // Hong Kong Med J. — 2017. — № 23(5). — P. 480-488.
108. Ciesielski, M. Simulations of thermal processes in tooth proceeding during cold pulp vitality testing / M. Ciesielski, B. Mochnecki, J. Siedlecki. — Text : visual // Acta Bioeng. Biomech. — 2016. — № 3. — P. 33-41.
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, H. Jafarzadeh. — Text : visual // Aust. Endod. J. — 2021. — P. 1-6.
110. Comparative evaluation of local infiltration of articaine, articaine plus ketorolac, and dexamethasone on anesthetic efficacy of inferior alveolar nerve block with lidocaine in patients with irreversible pulpitis / V. Aggarwal, M. Singla, A. Rizvi, S. Miglani. — Text : visual // J Endod. — 2011. — № 37(4). — P. 445-449.
111. Comparison of effect of oral premedication with ibuprofen or dexamethasone on anesthetic efficacy of inferior alveolar nerve block in patients with irreversible pulpitis: a prospective, randomized, controlled, double-blind study / M. Bidar, S. Mortazavi S, M. Forghani, S. Akhlaghi. — Text : visual // Bull Tokyo Dent Coll. — 2017. — № 58(4). — P. 231-236.
112. Comparison of pulp sensibility tests responses in type 2 diabetes patients and healthy individuals / T. M. Kermani, M. Sanjari, N. Nakhaei [et al.]. — Text : visual // J. Endod. — 2020. — № 3. — P. 364-369.
113. Demyanenko, S. A. Functional assessment of dentist stress level during local anesthesia management / S. A. Demyanenko. — Text : visual // Indo American Journal of Pharmaceutical Sciences. — 2018. — Vol. 5, No 10. — P. 9721-9724.

114. Dental Pulp Status of Posterior Teeth in Patients with Oral and Oropharyngeal Cancer Treated with Radiotherapy: 1-year Follow-up / N. Gupta, M. S. Grewal, M. Gairola [et al.]. — Text : visual // J. Endod. — 2018. — № 4. — P. 549-554.
115. Determination of the influence of chronic periodontitis on pulp sensibility by means of electric and thermal cold testing / V.C.Q. Neves, B.E.C. Toledo, G.A.C.G. Camargo [et al.]. — Text : visual // J. Endod. — 2017. — № 11. — P. 1802-1805.
116. Diagnostic accuracy of three placement sites for the cold test in subjects amongst different age groups / B. E. Castillo-Silva, J. A. Alegría-Torres, G. A. Martínez-Castañón [et al.]. — Text : visual // BMC Oral Health. — 2019. — № 1. — P. 1-9.
117. Diagnostic procedures employed by dental practitioners in Australia with a focus on endodontic diagnostic procedures / A. S. J. Tan, G. W. Bennett, Jcw Tan, P. V. Abbott. — Text : visual // Aust. Dent. J. — 2017. — № 3. — P. 337-344.
118. Different anesthetics on the efficacy of inferior alveolar nerve block in patients with irreversible pulpitis: A network systematic review and meta-analysis / J. Larocca de Geus, J. K. Nogueira da Costa, L. M. Wambier [et al.]. — Text : visual // J Am Dent Assoc. — 2020. — № 151(2). — P. 87-97.
119. Effect of nonsteroidal anti-inflammatory drug as an oral premedication on the anesthetic success of inferior alveolar nerve block in treatment of irreversible pulpitis: a systematic review with meta-analysis and trial sequential analysis / V. Nagendrababu, S.J. Pulikkotil, S.K. Veetil [et al.]. — Text : visual // J Endod. — 2018. — № 44(6). — P. 914-922.
120. Effect of premedication with ibuprofen and dexamethasone on success rate of inferior alveolar nerve block for teeth with asymptomatic irreversible pulpitis: a randomized clinical trial / S. Shahi, H. Mokhtari, S. Rahimi [et al.]. — Text : visual // J Endod. — 2013. — № 39(2). — P. 160-162.
121. Effect of preoperative acetaminophen/hydrocodone on the efficacy of the inferior alveolar nerve block in patients with symptomatic irreversible pulpitis: a prospective, randomized, double-blind, placebo-controlled study / S. Fullmer, M. Drum, A. Reader [et al.]. — Text : visual // J Endod. — 2014. — № 40(1). — P. 1-5.

122. Effects of thermal vitality tests on human dental pulp / B. Rickoff, H. Trowbridge, J. Baker [et al.]. — Text : visual // J. Endod. — 1988. — № 10. — P. 482-485.
123. Efficacy of exclusive lingual nerve block versus conventional inferior alveolar nerve block in achieving lingual soft-tissue anesthesia / S. Balasubramanian, E. Paneerselvam, T. Guruprasad [et al.]. — Text : visual // Ann Maxillofac Surg. — 2017. — № 7. — P. 250-255
124. Efficacy of IANB and Gow-Gates techniques in mandibular molars with symptomatic irreversible pulpitis: a prospective randomized double blind clinical study / J. Ghodduzi, M. H. Zarrabi, F. Daneshvar, N. Naghavi . — Text : visual // Iran Endod J. — 2018. — № 13(2). — P. 143-148.
125. Efficacy of pulpal anesthesia using a needle-less syringe / S. C. Christensen, S. C. Arnason, R. Oates R [et al.]. — Text : visual // Anesth Prog. — 2020. — № 67(4). — P. 200-206.
126. El Sayed, M. Postanesthetic cold sensibility test as an indicator for the efficacy of inferior alveolar nerve block in patients with symptomatic irreversible pulpitis of mandibular molars / M. El Sayed, K. Gaballah. — Text : visual // Int. J. Dent. — 2021. — № 2.
127. Electrical stimulation of teeth with a pulp tester in the cat / M. Narhi, A. Virtanen, J. Kuhta, T. Huopaniemi. — Text : visual // Scand J Dent Res. — 1979. — № 87(1). — P. 32–38.
128. El-Kholey, K. E. Infiltration anesthesia for extraction of the mandibular molars / K. E. El-Kholey. — Text : visual // J Oral Maxillofac Surg. — 2013. — № 71. — P. 1651–1655.
129. Endodontic treatment efficacy enhancement by means of instrumental physiotherapy / I. M. Makeeva, A. G. Volkov, N. Z. Dikopova, E. G. Talalaev. — Text : visual // Stomatologiya (Mosk). — 2017. — № 2. — P. 17-19.
130. Evaluation of the ability of thermal and electrical tests to register pulp vitality / K. Petersson, C. Söderström, M. Kiani-Anaraki, G. Lévy. — Text : visual // Endod Dent Traumatol. — 1999. — №15. — 127-131.

131. Evaluation of the temperature of different refrigerant sprays used as a pulpal test / C. A. H. de Moraes, N. Bernardineli, W. M. Lima [et al.] . — Text : visual // Aust. Endod. — 2008. — № 34. — P. 86-88.
132. 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, P. V. Ravichandra [et al.]. — Text : visual // Dent. Res. J. (Isfahan). — 2016. — № 3. — P. 245-249.
133. Expression of calcitonin gene-related peptide and pulp sensitivity tests in irreversible pulpitis / B. E. Castillo-Silva, V. Martínez-Jiménez, G. A. Martínez-Castañón [et al.]. — Text : visual // Braz. Oral Res. — 2019. — № 33. — P. 1-10.
134. Fear and anxiety managing methods during dental treatments: a systematic review of recent data / R. De Stefano, A. Bruno, M. R. Muscatello [et al.]. — Text : visual // Minerva Stomatol. — 2019. — № 68(6). — P. 317-331.
135. Functional anatomy of the mandibular nerve: consequences of nerve injury and entrapment / M. Piagkou, T. Demesticha, P. Skandalakis, E. O. Johnson. — Text : visual // Clin Anat. — 2011. — № 24(2). — P. 143-150.
136. Gazal, G. Role of intraseptal anesthesia for pain-free dental treatment / G. Gazal, W. M. Fareed, M. S. Zafar. — Text : visual // Saudi J Anaesth. — 2016. — № 10(1). — P. 81-86.
137. General dentists' use of diagnostic equipment and methods / C. H. Kong, M. Davis, K. Fong, P. V. Abbott. — Text : visual // Aust. Endod. J. — 2017. — № 2. — P. 68-74.
138. Georges, J. How dentists are judged by patients / J. Georges. — Text : visual // DentToday. — 2004. — № 23(96). — P. 98-99.
139. Gholampour, S. Thermal analysis of the dentine tubule under hot and cold stimuli using fluid–structure interaction simulation / S. Gholampour, A. Jalali. — Text : visual // Biomech. Model. Mechanobiol. Springer Berlin Heidelberg. — 2018. — № 6. — P. 1599-1610.
140. Goodis, H. E. Pulpal responses to cooling tooth temperatures / H. E. Goodis, V. Winthrop, J. M. White. — Text : visual // J Endod. — 2000. — № 26(5). — P. 263-267.

141. Haas, D. A. An update on local anesthetics in dentistry / D. A. Haas. — Text : visual // *J Can Dent Assoc.* — 2002. — № 68(9). — P. 546-551.
142. Haas, D. A. Local anesthetic use by dentists in Ontario / D. A. Haas, D. Lennon. — Text : visual // *J Can Dent Assoc.* — 1995. — № 61. — P. 297-304.
143. Huskisson, E. C. Measurement of pain / E. C. Huskisson. — Text : visual // *Lancet.* — 1974. — № 304. — P. 1127-1131.
144. Inferior alveolar nerve block for the treatment of teeth presenting with irreversible pulpitis: A systematic review of the literature and meta-analysis / S. Corbella, S. Taschieri, F. Mannocci [et al.]. — Text : visual // *Quintessence Int.* — 2017. — № 48(1). — P. 69-82.
145. Intraligamentary and suprapariosteal anesthesia efficacy using a computer controlled delivery system in mandibular molars / Ü. Ş. Elbay, M. Elbay, E. Kaya, Ü. Cilasun. — Text : visual // *J Clin Pediatr Dent.* — 2016. — № 40(3). — P. 193-199.
146. In-vivo compatibility between pacemakers and dental equipment / I. Conde-Mir, J. Miranda-Rius, E. Trucco [et al.]. — Text : visual // *Eur. J. Oral Sci.* — 2018. — № 4. — P. 307-315.
147. Ion Channels Involved in Tooth Pain / K. Lee, B. M. Lee, C. K. Park [et al.]. — Text : visual // *International Journal of Molecular Sciences.* — 2019. — № 20(9). — P. 22-66.
148. Irlbeck, T. ASA classification : Transition in the course of time and depiction in the literature / T. Irlbeck, B. Zwißler, A. Bauer. — Text : visual // *Anaesthesia.* — 2017. — № 66(1). — P. 5-10.
149. Irreversible pulpitis and achieving profound anesthesia: Complexities and managements / J. Modaresi, A. Davoudi, H. Badrian, R. Sabzian. — Text : visual // *Anesth Essays Res.* — 2016. — № 10(1). — P. 3-6.
150. Jafarzadeh, H. Review of pulp sensibility tests. Part II: electric pulp tests and test cavities / H. Jafarzadeh, P. V. Abbott. — Text : visual // *Int Endod J.* — 2010. — № 43(11). — P. 945-958.
151. Kanaa, M. D. A comparison of the efficacy of 4 % articaine with 1:100,000 epinephrine and 2 % lidocaine with 1:80,000 epinephrine in achieving pulpal anes-

- thesia in maxillary teeth with irreversible pulpitis / M. D. Kanaa, J. M. Whitworth, J. G. Meechan. — Text : visual // J Endod. — 2012. — № 38(3). — P. 279-782.
152. Kanaa, M. D. A prospective randomized trial of different supplementary local anesthetic techniques after failure of inferior alveolar nerve block in patients with irreversible pulpitis in mandibular teeth / M. D. Kanaa, J. M. Whitworth, J. G. Meechan. — Text : visual // Journal of Endodontics. — 2012. — № 38(4). — P. 421-425.
153. 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. — Text : visual // J Oral Rehabil. — 2011. — № 38(5). — P. 340-347.
154. Kaufman, E. Difficulties in achieving anesthesia / E. Kaufman, P. Weinstein, P. Milgrom. — Text : visual // J Am Dent Assoc. — 1984. — № 108. — P. 205–207.
155. Khalil, H. A basic review on the inferior alveolar nerve block techniques / H. A. Khalil. — Text : visual // Anesth Essays Res. — 2014. — № 8(1). — P. 3-8.
156. Knowledge, attitude and practice of devitalizing agents: a survey of general dental practitioners / H. Walimbe, U. Kontham, MN. Bijle [et al.]. — Text : visual // J Int Oral Health. — 2015. — № 7(8). — P. 86-88.
157. Krizaj, D. Modeling AC current conduction through a human tooth / D. Krizaj, J. Jan, V. Valencic. — Text : visual // Bioelectromagnetics. — 2004. — № 3. — P. 185-195.
158. Kurien, R. S. Comparative evaluation of anesthetic efficacy of warm, buffered and conventional 2 % lignocaine for the success of inferior alveolar nerve block (IANB) in mandibular primary molars: A randomized controlled clinical trial / R. S. Kurien, M. Goswami, S. Singh. — Text : visual // J Dent Res Dent Clin Dent Prospects. — 2018. — № 12(2). — P. 102-109.
159. Landes, D. P. The provision of general anaesthesia in dental practice, an end which had to come? / D. P. Landes. — Text : visual // Br Dent J. — 2002. — № 192(3). — P. 129-131.

160. Lee, C. R. Alternative techniques for failure of conventional inferior alveolar nerve block / C. R. Lee, H. J. Yang. — Text : visual // *J Dent Anesth Pain Med.* — 2019. — № 19(3). — P. 125-134.
161. Levels of matrix metalloproteinase-8 and cold test in reversible and irreversible pulpitis / E. C. Aguirre-López, N. Patiño-Marín, GA. Martínez-Castañón [et al.]. — Text : visual // *Med. (United States).* — 2020. — № 52. — P. 1-8.
162. Lin, C. S. Association between Anxiety and Pain in Dental Treatment: A Systematic Review and Meta-analysis / C. S. Lin, S. Y. Wu, C. A. Yi. — Text : visual // *J Dent Res.* — 2017. — № 96(2). — P. 153-162.
163. Lin, J. Electric pulp testing: a review / J. Lin, N. P. Chandler. — Text : visual // *Int Endod J.* — 2008. — № 41(5). — P. 365-374.
164. Malamed, S. F. Emergency Medicine : What the Doctor Should Know ; What the Doctor Should Do? / S. F. Malamed. — 9 th International Dental Congress on Modern Pain Control. — Jerusalem, Israel. — 2–5 May 2000. — 37p. — Text : visual.
165. Malamed, S. F. Introduction. In: Malamed SF. Handbook of Medical Emergencies / S. F. Malamed. — 6th ed. St Louis: The CV Mosby Co. — 2007. — Text : visual.
166. Malamed, S. F. Is the mandibular nerve block passe? / S. F. Malamed. — Text : visual // *J Am Dent Assoc.* — 2011. — № 142. — P. 3-7.
167. Malamed, S. F. Local anesthetics: dentistry's most important drugs / S. F. Malamed. — Text : visual // *J Am Dent Assoc.* — 1994. — № 3. — P. 125-132.
168. Mandibular bone necrosis caused by use of arsenic paste during endodontic treatment: two case reports / M. S. Yavuz, G. S. Kaya, E. Yalçın, M. H. Aras. — Text : visual // *Int Endod J.* — 2008. — № 41(7). — P. 633-637.
169. Microsurgical anatomy of the trigeminal nerve / W. Joo, F. Yoshioka, T. Funaki [et al.]. — Text : visual // *Clin Anat.* — 2014. — № 27(1). — P. 61-88.
170. Mitronin, A.V. Review of the modern pulp condition diagnosis / A.V. Mitronin, D. A. Ostanina, Yu. A. Mitronin. — Text : visual // *Endodontics today.* — 2020. — № 18(1). — P. 42-45.

171. Mitronin, A.V. Review of the modern pulp condition diagnosis / A.V. Mitronin, D. A. Ostanina, Y. A. Mitronin. — Text : visual // Endod. Today. — 2020. — № 1. — P. 42-45.
172. 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. — Text : visual // J Clin Pediatr Dent. — 2015. — № 39(5). — P. 447-451.
173. 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. — Text : visual // J. Clin. Pediatr. Dent. — 2015. — № 5. — P. 447-451.
174. Ogle, O. E. Local anesthesia: agents, techniques, and complications / O. E. Ogle, G. Mahjoubi. — Text : visual // Dent Clin North Am. — 2012. — № 56(1). — P. 133-148.
175. Petrikas, A. Zh. Case of Remote complication after pulp devitalization by arsenic paste / A. Zh. Petrikas, V. V. Vybornov, G. V. Adkina. — Text : visual // Stomatologiya. — 2011. — № 90(1). — P. 72.
176. Predictive values of thermal and electrical dental pulp tests: A clinical study / C. E. Villa-Chávez, N. Patiño-Marín, JP. Loyola-Rodríguez [et al.]. — Text : visual // J. Endod. — 2013. — № 8. — P. 965-969.
177. Professional burnout and work stress among Israeli dental assistants / N. Uziel, J. Meyerson, Y. Birenzweig, I. Eli. — Text : visual // Psychol Health Med. — 2019. — № 24(1). — P. 59-67.
178. Pulpal anesthesia in pediatric patients following supplemental mandibular buccal infiltration in vital permanent mandibular molars with deep caries / P. Chompu-Inwai, P. Bua-On, A. Nirunsittirat [et al.]. — Text : visual // Clin Oral Investig. — 2020. — № 24(2). — P. 945-951.
179. Rabinovich, S. A. Systemic toxicity of local anesthetics / S. A. Rabinovich, L. A. Zavodilenko. — Text : visual // Stomatologiya (Mosk). — 2017. — № 96(2). — P. 36-42.

180. Sandrolini, L. Calculation of the currents generated in dental tissues by the application of an external electric field / L. Sandrolini. — Text : visual // Progress in electromagnetics research letters. — 2013. — № 42. — P. 141-154.
181. Sarasin, D. S. Medication safety: reducing anesthesia medication errors and adverse drug events in dentistry part 1 / D. S. Sarasin, J. W. Brady, R. L. Stevens. — Text : visual // Anesth Prog. — 2019. — № 66(3). — P. 162-172.
182. Sharma, S. S. Newer local anaesthetic drugs and delivery systems in dentistry / S. S. Sharma, A. S. Sharma, C. J. Saravanan. — Text : visual // Dent Med Sci. — 2012. — № 1. — P. 10–16.
183. Soni, H. K. A comparative clinical study of various methods of caries removal in children / H. K. Soni, A. Sharma, P. B. Sood. — Text : visual // Eur Arch Paediatr Dent. — 2015. — № 16(1). — P. 19-26.
184. Study of the anesthetic efficacy of inferior alveolar nerve block using articaine in irreversible pulpitis / Z. H. Ahmad, H. Ravikumar, R. Karale [et al.]. — Text : visual // J Contemp Dent Pract. — 2014. — № 15(1). — P. 71-74.
185. Stumbling block for inferior alveolar nerve block in predoctoral students: An analytical observational study and review of literature of mandibular nerve block techniques / S. Ahmed, N. Tabassum, O. Al Dayel [et al.]. — Text : visual // J Family Med Prim Care. — 2021. — № 10(4). — P. 1633-1638.
186. Success rate of 3 injection methods with articaine for mandibular first molars with symptomatic irreversible pulpitis: a CONSORT randomized double-blind clinical trial / S. Shahi, S. Rahimi, H. R. Yavari [et al.]. — Text : visual // J Endod. — 2018. — № 44(10). — P. 1462-1466.
187. Successful pulpal anesthesia for symptomatic irreversible pulpitis / M. Drum, A. Reader, J. Nusstein, S. Fowler. — Text : visual // J Am Dent Assoc. — 2017. — № 148(4). — P. 267-271.
188. The ability of pulp sensibility tests to evaluate the pulp status in primary teeth / A. Hori, HR. Poureslami, M. Parirokh [et al.]. — Text : visual // Int. J. Paediatr. Dent. — 2011. — № 6. — P. 441-445.

189. The association between coffee consumption and local anesthesia failure: social beliefs and scientific evidence / S. Premnath, G. Alalshaikh, R. Alfotawi, M. Philip. — Text : visual // *Cureus*. — 2020. — № 12(4). — P. 78-82.
190. The choice of local anesthesia for patients with hypertension in dental practice / E. N. Anisimova, I. V. Orekhova, S. T. Sokhov, S. S. Davydova. — Text : visual // *Stomatologiya*. — 2016. — № 95(1). — P. 31-34.
191. The correlation between external apical root resorption and electric pulp test responses: a prospective clinical trial / F. Younessian, M. Behnaz, M. Badiie [et al.]. — Text : visual // *Dental Press J Orthod*. — 2021. — № 26(3). — P. 219-229.
192. The effect of acupuncture on the success of inferior alveolar nerve block for teeth with symptomatic irreversible pulpitis: a triple-blind randomized clinical trial / S. Jalali, N. Moradi Majd, S. Torabi [et al.]. — Text : visual // *J Endod*. — 2015. — № 41(9). — P. 1397-402.
193. The effect of maxillary first molar root length on the success rate of buccal infiltration anesthesia / E. Moradi Askari, M. Parirokh, N. Nakhaee [et al.]. — Text : visual // *J Endod*. — 2016. — № 42(10). — P. 1462-1466.
194. The effect of orally administered ketamine on requirement for anesthetics and postoperative pain in mandibular molar teeth with irreversible pulpitis / N. Kaviani, A. Khademi, I. Ebtehaj, Z. Mohammadi. — Text : visual // *J Oral Sci*. — 2011. — № 53(4). — P. 461-465.
195. The effect of orthodontic forces on tooth response to electric pulp test / J. Modaresi, H. Aghili, O. Dianat [et al.]. — Text : visual // *Iran. Endod. J*. — 2015. — № 4. — P. 244-247.
196. The effect of premedication with ibuprofen and indomethacin on the success of inferior alveolar nerve block for teeth with irreversible pulpitis / M. Parirokh, R. Ashouri, A.R. Rekabi [et al.]. — Text : visual // *J Endod*. — 2010. — № 36(9). — P. 1450-1454.
197. The management of deep caries in UK primary care: A nationwide questionnaire-based study / D. Edwards, O. Bailey, S. Stone, H. Duncan. — Text : visual // *International Endodontic Journal*. — 2021. — № 10. — P. 1804-1818.

198. The success rate of bupivacaine and lidocaine as anesthetic agents in inferior alveolar nerve block in teeth with irreversible pulpitis without spontaneous pain / M. Parirokh, M. H. Yosefi, N. Nakhaee [et al.]. — Text : visual // Restor Dent Endod. — 2015. — № 40(2). — P. 155 -160.
199. The validity of pulp tests on crowned teeth: a clinical study / W. Almutairi, A. Aminoshariae, K. Williams, A. Mickel. — Text : visual // Eur. Endod. J. — 2021. — № 6(2). — P. 151-154.
200. Tian, S. Y. Electrode placing sites affect pulp vitality test of human incisors and premolars / S. Y. Tian, L. Tang, C. Y. Zheng. — Text : visual // Chin. J. Dent. Res. — 2017. — № 4. — P. 225-230.
201. Topography and spatial fascicular arrangement of the human inferior alveolar nerve / M. S. Hur, H. C. Kim, S. Y. Won [et al.]. — Text : visual // Clin Implant Dent Relat Res. — 2013. — № 15. — P. 88-95
202. Walton, R. E. Periodontal ligament injection: a clinical evaluation / R. E. Walton, B. J. Abbott. — Text : visual // J Am Dent Assoc. — 1981. — № 103. — P. 571.
203. Weinstein, P. Patient perception of failure to achieve optimal anesthesia / P. Weinstein, P. Milgrom, D. Ramsay. — Text : visual // Gen Dent. — 1985. — № 33. — P. 218-220.
204. Wong, J. K. Adjuncts to local anesthesia: separating fact from fiction / J. K. Wong. — Text : visual // J Can Dent Assoc. — 2001. — № 67(7). — P. 391-397.
205. Work ability and productivity among dentists: associations with musculoskeletal pain, stress, and sleep / S. Marklund, C. S. Mienna, J. Wahlström [et al.]. — Text : visual // Int Arch Occup Environ Health. — 2019.
206. Yong-Chul, B. Morphological foundations of pain processing in dental pulp / B. Yong-Chul, Y. Atsushi. — Text : visual // J Oral Sci. — 2020. — № 62(2). — P. 126-130.
207. Zavattini, A. Alternative practices of achieving anaesthesia for dental procedures: a review / A. Zavattini, P. Charalambous. — Text : visual // J Dent Anesth Pain Med. — 2018. — № 18. — P. 79–88.