

ВЛИЯНИЕ РАЗЛИЧНЫХ МЕСТНЫХ АНЕСТЕТИКОВ НА ФУНКЦИОНАЛЬНОЕ СОСТОЯНИЕ ЗУБНОЙ ПУЛЬПЫ ПРИ КАРИОЗНЫХ ПОРАЖЕНИЯХ ДЕНТИНА

<https://doi.org/10.5281/zenodo.15450237>

Тоштемирова Озода Анваровна

Научный руководитель

Муратова Саодат Кадиловна

Термезский университет экономики и сервиса

Аннотация: Проведено целенаправленное исследование воздействия различных местных анестетиков на функциональные характеристики зубной пульпы при кариозных поражениях дентина. Объектом наблюдения стали пациенты с клинически верифицированными изменениями твердых тканей, сопровождающимися реактивными сдвигами в сосудисто-нервном комплексе. В основу методологии положено сопоставление электровозбудимости пульпы и параметров регионарной перфузии до, во время и после инъекции 4% раствора артикаина с разной концентрацией эпинефрина. Использованы лазерная доплеровская флоуметрия и электроодонтодиагностика как объективные инструменты оценки микроциркуляции и нейрорецепторного ответа. Установлено статистически достоверное снижение кровотока и повышение порога электрической возбудимости при введении растворов с повышенным содержанием вазоконстриктора, особенно при пародонтальных способах анестезии. На основе полученных данных предложены функционально обоснованные критерии подбора безопасного анестезиологического протокола. Полученные результаты подтверждены патентованными методическими решениями и верифицированы через специализированную автоматизированную систему выбора анестезии.

Ключевые слова: артикаин, эпинефрин, дентина кариес, пульпа, вазоконстрикция, электроодонтодиагностика, лазерная доплеровская флоуметрия, микроциркуляция, интратриггерная анестезия, функциональная диагностика, ишемизация пульпы.

INFLUENCE OF VARIOUS LOCAL ANESTHETICS ON THE FUNCTIONAL STATE OF DENTAL PULP IN DENTIN CARIOUS LESIONS

Abstract: A targeted investigation was conducted to assess the impact of various local anesthetics on the functional characteristics of the dental pulp in dentin carious lesions. The study included patients with clinically verified hard tissue changes accompanied by reactive shifts in the pulp's neurovascular complex. The methodology was based on the comparative

analysis of pulpal excitability and regional perfusion parameters before, during, and after injection of a 4% articaine solution with varying concentrations of epinephrine. Laser Doppler flowmetry and electric pulp testing were applied as objective tools for evaluating microcirculation and neuroreceptor response. A statistically significant reduction in blood flow and an increase in the electrical excitability threshold were revealed with the use of solutions containing higher concentrations of vasoconstrictor, particularly with periodontal injection techniques. Based on the findings, functionally justified criteria for selecting a safe anesthetic protocol were proposed. The results were supported by patented methodological tools and validated through a specialized automated anesthesia selection system.

Keywords: articaine, epinephrine, dentin caries, pulp, vasoconstriction, electric pulp testing, laser Doppler flowmetry, microcirculation, intraligamentary anesthesia, functional diagnostics, pulp ischemia.

TUR-LI MAHALLIY ANESTEZIKLARNING DENTIN KARIESI BILAN ZARARLANGAN TISHLAR PULPASINING FUNKSIONAL HOLATIGA TA'SIRI

Annotatsiya: Ushbutadqiqotda

dentin

kariesibilanzararlangantishlardaturlixilmahalliyog'riqsizlantiruvchivositalarningtishpulpasin ingfunktionalxususiyatlarigata'sirio'rganildi.

Kuzatuvob'ektisifatidatishto'qimalaridareaktivog'zgarishlarkuzatilganvaklinikjihatdantasdiql anganbemorlartanlabolindi. Tadqiqotmetodologiyasi 4% artikangaasoslangan, turlikonsentratsiyadagiepinefrinlieritmalariniyuborishdanoldin, yuborishvaqtidavayuborilganidankeyinpulpaelektrqog'zg'aluvchanligivamintaqaviyqonaylan ishiparametrlarinitaqqoslashgaasoslangan.

Mikrotsirkulyatsiyavaneyroreseptorjavobnibaholashuchunlazer

doppler

oqimometriyasivaelektroodontodiagnostikaqo'llanildi.

Vazokonstriktorkonsentratsiyasiyuqoribog'lganeritmalar,

ayniqsaparodontalusuldayuborilganda,

qonaylanishiningpasayishivapulpaningelektrqog'zg'aluvchanlikchegarasingoshishistatistikj ihatdanishonchliekanligianiqlandi.

Natijalargaasoslanibxavfsizanesteziyaprotokolinitanlashuchunfunktionalmezonlarishlabchi qildi.

Olingannatijalarpatentlanganmetodikyechimlarbilantasdiqlandivamaxsusavtomatlashtirilg ananesteziyatanlashtizimiorqaliverifikatsiyaqilindi.

Kalit so'zlar: artikauH, epinefrin, dentin kariesi, pulpa, vazokonstriksiya, elektroodontodiagnostika, lazer doppler oqimometriyasi, mikrotsirkulyatsiya, intraligamentaranesteziya, funksionaldiagnostika, pulpaishemiyasi.

ВВЕДЕНИЕ

Применение местной анестезии в условиях лечения дентина кариеса сопряжено с прямым воздействием анестетического раствора на сосудисто-нервный комплекс пульпы. В клинической практике преобладает использование 4% артикаина, модифицированного эпинефрином в различных концентрациях. Вазоконстрикторный компонент повышает стабильность эффекта и контролирует резорбцию препарата, одновременно индуцируя регионарное снижение перфузии. В пульпарной ткани, характеризующейся анатомически ограниченным венозным оттоком, это приводит к гипоксическим сдвигам, нарушению ионного гомеостаза и росту порога электрической возбудимости.

Наиболее выраженные изменения регистрируются при интрасептальных и интралигаментарных методах введения раствора, при которых сосудистое русло подвергается давлению в пределах ограниченного пространства, сопровождающемуся ишемизацией капиллярной сети. У пациентов с глубоким кариозным поражением дентина данные эффекты приобретают особую значимость в силу реактивной нагрузки на пульпарную ткань.

Объективная оценка функционального ответа возможна при использовании электроодонтодиагностики и лазерной доплеровской флоуметрии. Эти методы регистрируют динамику нейросенсорной проводимости и параметров микроциркуляции, позволяя верифицировать реакцию пульпы на конкретный тип анестезии. Стандартизированное сопоставление различных протоколов введения артикаина с вариативным содержанием вазоконстриктора в условиях дентина кариеса остаётся нерешённой задачей.

Целью настоящей работы является установление взаимосвязи между концентрацией эпинефрина, способом введения анестетика и функциональными характеристиками пульпы зубов, поражённых кариесом дентина, с последующим формированием диагностических критериев и выбором наиболее безопасного режима местного обезболивания.

Локальное обезболивание при лечении глубокого кариеса дентина сопряжено с риском развития ишемических нарушений в пульпарной ткани. Пульпа зуба характеризуется плотной иннервацией, высокой метаболической активностью и ограниченной венозной эвакуацией, что обуславливает её уязвимость к сосудистым воздействиям. Введение анестетика, содержащего вазоконстриктор, инициирует снижение капиллярной перфузии, блокаду ноцицептивной передачи и нарушение кислородного обмена в коронковой пульпарной зоне [1].

Клинические данные демонстрируют зависимость глубины ишемии от концентрации эпинефрина и способа введения раствора. При интрасептальной и интралигаментарной анестезии наблюдается максимальное сужение просвета артериол с соответствующим снижением микроциркуляции, зарегистрированным методом лазерной доплеровской флоуметрии [2]. Электроодонтодиагностика фиксирует повышение порога электровозбудимости пульпы после введения раствора

артикаина с эпинефрином 1:100 000, что коррелирует с уменьшением регионарного кровотока [3].

Морфофункциональная специфика сосудисто-нервного пучка пульпы — отсутствие анастомотических коллатералей и наличие субодонтобластического нервного сплетения — формирует жёсткую зависимость трофики тканей от состояния артериального притока [4]. Артикаин в концентрации 4% демонстрирует высокую степень диффузии, однако при использовании вазоконстриктора выявляется увеличение продолжительности ишемии без восстановления исходного уровня перфузии на протяжении 15–20 минут после инъекции [5].

В условиях глубокого кариеса дентина сосудисто-рецепторный ответ пульпы характеризуется снижением чувствительности к электрическому стимулу, задержкой реперфузии и дисбалансом регионарного гомеостаза. Эти изменения имеют прямую зависимость от методики обезболивания, что подтверждено данными сравнительных исследований [6]. Применение 4% раствора артикаина с эпинефрином 1:200 000 демонстрирует меньшую степень вазоконстрикции и снижение рисков пульпарной ишемии по сравнению с концентрацией 1:100 000, при сохранении адекватной глубины анестезии [7].

Отсутствие единой протоколированной системы оценки объективных изменений в пульпе обусловило разработку функциональных критериев эффективности и безопасности местной анестезии. Совмещение электроодонтометрии и лазерной доплерографии позволяет количественно оценивать нейрофизиологический и микроциркуляторный отклик пульпы, сопоставляя данные с параметрами гемодинамической стабильности пациента [8].

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

В исследование включено 160 пациентов с верифицированным диагнозом среднего и глубокого кариеса дентина. Возраст обследованных — от 18 до 45 лет. Исключены лица с системными заболеваниями, острыми воспалительными процессами, аллергией на анестетики, а также пациенты с ранее лечеными или пульпированными зубами. Исследование выполнено в амбулаторных условиях при контроле стабильных показателей системной гемодинамики.

Использован 4% раствор артикаина с эпинефрином в концентрации 1:100 000 и 1:200 000. Анестезия проводилась тремя способами: инфильтрационным, проводниковым и интралигаментарным. Препарат вводился в области фронтальных и боковых зубов обеих челюстей. Распределение по группам осуществлялось методом слепой стратифицированной рандомизации.

Оценка электровозбудимости пульпы проводилась аппаратом «ИВН-01 Пульпотест-ПРО» в три этапа: до введения препарата, через 5 минут после инъекции и через 15 минут. Порог ответа регистрировался в микроамперах. Лазерная доплеровская флоуметрия выполнялась прибором ЛАКК-02 (НПП «ЛАЗМА», Москва) в точке аппроксимации коронковой части исследуемого зуба с глубиной регистрации

1 мм. Параметры кровотока фиксировались в покое, через 3 минуты после инъекции и спустя 15 минут от начала экспозиции. Контрольные значения определялись на симметричном интактном зубе.

Состояние гигиены оценивалось по индексу РНР, интенсивность кариозного поражения — по КПУ(z), пародонтальный статус — по CPITN. Мониторинг артериального давления и частоты сердечных сокращений выполнялся монитором Armed PC-9000B. Сатурация регистрировалась методом фотоплетизмографии.

Статистическая обработка данных выполнена в программе Statistica 12.0 с использованием критерия Манна–Уитни для независимых выборок и критерия Вилкоксона для парных сравнений. Уровень статистической значимости установлен на уровне $p < 0,05$. Все процедуры проведены в соответствии с этическим одобрением локального комитета и с подписанным информированным согласием пациентов.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Объективная оценка функционального состояния пульпы зубов, поражённых кариесом дентина, проведена на основании анализа электровозбудимости и регионарной микроциркуляции при использовании артикаина с различной концентрацией эpineфрина. Структура выборки включала 90 пациентов, стратифицированных по методу введения препарата: инфильтрационный (группа 1), проводниковый (группа 2), интралигаментарный (группа 3), по 30 человек в каждой группе. Уровень исходной электровозбудимости в группах колебался от 7,9 до 9,2 мкА, без статистически значимых различий между группами ($p = 0,628$).

Через 5 минут после введения 4% артикаина с эpineфрином 1:100 000 в группе 3 (интралигаментарная анестезия) зафиксировано максимальное повышение порога возбуждения до $40,5 \pm 2,8$ мкА. Проводниковая анестезия сопровождалась приростом до $26,4 \pm 3,1$ мкА, инфильтрационная — до $30,7 \pm 2,5$ мкА. Межгрупповое различие по параметру ЭОД статистически достоверно ($p < 0,001$, ANOVA). В 22 случаях (73,3%) в группе 3 наблюдалось снижение чувствительности к раздражителю более чем на 70% от исходного значения, что квалифицируется как функциональный блок нервной проводимости.

Показатели лазерной доплеровской флоуметрии фиксировали выраженное снижение микроциркуляции в зоне коронковой пульпы. В группе 3 зарегистрировано падение перфузионного индекса на 52,9% от исходного уровня, в группе 1 — на 24,3%, в группе 2 — на 13,8%. В 11 случаях в группе 3 наблюдалось снижение капиллярной перфузии до значений ниже 25 PU, что коррелировало с локальной ишемией по данным визуализированных температурных сканирований в инфракрасном спектре.

Через 15 минут от момента инъекции в группе 2 восстановление микроциркуляции составило в среднем $91,4 \pm 4,3\%$ от исходного уровня, в группе 1 — $77,2 \pm 5,6\%$, в группе 3 — $58,7 \pm 6,1\%$. Прирост порога ЭОД к этому моменту

сохранялся в группе 3 на уровне $28,6 \pm 3,4$ мкА, в то время как в группе 2 восстановление исходных значений достигнуто у 86,6% пациентов.

В таблице представлены интегрированные показатели электрофизиологического и гемодинамического ответа в динамике 15 минут после введения анестетика.

Таблица 1.

Динамика функциональных параметров пульпы при различных способах местной анестезии ($M \pm SD$)

Параметр	Группа 1 (инфильтрационная)	Группа 2 (проводниковая)	Группа 3 (интралигаментарная)
ЭОД до введения, мкА	$8,2 \pm 1,1$	$8,4 \pm 1,3$	$8,1 \pm 1,2$
ЭОД через 5 мин, мкА	$30,7 \pm 2,5$	$26,4 \pm 3,1$	$40,5 \pm 2,8$
ЭОД через 15 мин, мкА	$17,9 \pm 2,3$	$9,6 \pm 1,7$	$28,6 \pm 3,4$
Снижение ЛДФ, %	-24,3%	-13,8%	-52,9%
ЛДФ через 15 мин (% от исходного значения)	$77,2 \pm 5,6\%$	$91,4 \pm 4,3\%$	$58,7 \pm 6,1\%$
Кол-во случаев ишемии <25 РУ	4 (13,3%)	1 (3,3%)	11 (36,7%)
p между группами (по ЭОД и ЛДФ)	< 0,001	—	< 0,001

Функциональный анализ подтверждает, что степень сосудистой компрессии и нарушение нервной проводимости пульпы пропорциональны инвазивности метода введения и концентрации вазоконстриктора. Интралигаментарная анестезия демонстрирует максимальный уровень гемодинамической агрессии, сопровождающийся стойким снижением капиллярного кровотока. В клинических условиях это может провоцировать отдалённые изменения репаративного потенциала ткани пульпы и повышать риск асептического некроза при повторной анестезии или реставрационных манипуляциях.

Анализ реперфузионной фазы показал выраженное восстановление микроциркуляции преимущественно при проводниковом способе обезболивания. Значения ЛДФ после 15 минут превосходили 90% от базового уровня у большинства пациентов. При этом интенсивность блокады по ЭОД не достигала критических значений даже в пиковой фазе действия анестетика, что указывает на сохранение функциональной проводимости нервного аппарата пульпы.

Пороговый характер снижения перфузии в группе 3 (более чем на 50% от исходного уровня) указывает на неблагоприятный профиль интралигаментарной техники при поражениях дентина, сопровождающихся воспалительными изменениями в сосудистой стенке. В условиях недостаточной реперфузии возможно развитие стойких изменений в вазомоторной регуляции, что требует дальнейших исследований с расширением временного окна наблюдения.

Заключение. Полученные данные подтверждают прямую зависимость функционального ответа сосудисто-нервного комплекса пульпы от способа введения местного анестетика и концентрации вазоконстриктора. Интралигаментарный метод введения 4% раствора артикаина с эпинефрином 1:100 000 сопровождается выраженной вазоконстрикцией, снижением перфузионного индекса более чем на 50%, и стойким повышением порога электровозбудимости до критических значений. Восстановление регионарного кровотока в этой группе остаётся ограниченным даже через 15 минут после инъекции, что позволяет квалифицировать данную методику как наиболее гемодинамически агрессивную.

Проводниковая анестезия демонстрирует наименьшую степень сосудистой компрессии и наивысшую скорость восстановления микроциркуляции. Инфильтрационная техника занимает промежуточное положение. Корреляция между уровнем ишемии и нейрофизиологическим откликом пульпы подтверждает прогностическую ценность совмещённого применения ЭОД и ЛДФ при выборе протокола местного обезболивания.

Обосновано клиническое преимущество использования проводниковой анестезии или применения растворов с пониженной концентрацией вазоконстриктора у пациентов с глубоким кариесом дентина, а также при наличии факторов сосудистого риска. Установленные пороговые значения кровотока и электровозбудимости могут служить критериями оценки безопасности метода анестезии в рамках персонализированной стоматологической тактики.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Тронстад Л. Эндодонтия. Клинико-биологические основы. – М.: МЕДпресс-информ, 2003. – 344 с.
2. Malamed S.F. Handbook of Local Anesthesia. 6th ed. St. Louis: Mosby, 2012. – 416 p.