



Новак Н.В. ✉, Старовойтова В.С.

Институт повышения квалификации и переподготовки кадров здравоохранения УО «Белорусский государственный медицинский университет», Минск, Беларусь

Адгезионная прочность на границе «эмаль – шина» при разных методах подготовки эмали к шинированию

Конфликт интересов: не заявлен.

Вклад авторов: авторы статьи все этапы исследования выполнили совместно.

Этика публикации. Положительное заключение Комитета по этике Белорусской медицинской академии последилового образования получено.

Подана: 11.09.2023

Принята: 24.11.2023

Контакты: zubnajafeja@yandex.by

Резюме

Введение. Качество и долговечность адгезивной шинирующей конструкции определяются совокупностью факторов: уровнем гигиены ротовой полости, состоянием шинируемых зубов (степень подвижности, наличие окклюзионной травмы), в том числе силой адгезии изготовленной конструкции на границе «эмаль – шина». В то же время нельзя оставлять без внимания анатомические особенности строения твердых тканей зубов, в частности эмали, влияющие на силу адгезии.

Цель. Изучение структуры поверхности эмали при подготовке к внекоронковому шинированию зубов. Определение показателей адгезионной прочности на границе «эмаль – шина» в зависимости от выбранного способа воздействия.

Материалы и методы. 40 зубов, разделенных на 4 группы в зависимости от выбранного способа подготовки к фиксации армирующей конструкции в составе внекоронковой шины: очищения щеткой с пастой, обработки абразивным и ультразвуковыми методами, препарирования мелкодисперсным алмазным бором. 40 зубов с зафиксированными лентами для шинирования, разделенные на 4 группы в зависимости от способа обработки эмали.

Результаты. Среди исследуемых образцов шинирующих конструкций, разделенных на группы в зависимости от способа обработки эмали, наименьший средний показатель микротвердости был у группы образцов 1 (очищение профилактической пастой без фтора) и составил $64,19 \pm 1,46$ кгс/мм², наибольший – у образцов группы 4 (препарирование алмазным бором) – $71,24$ кгс/мм².

При препарировании поверхности эмали мелкодисперсным алмазным бором с размером частиц 20 мкм и кислотном протравливании 37% ортофосфорной кислотой определялся равномерный характер микроструктуры, в полном объеме протравленные участки эмалевых призм составили $98,55 \pm 0,51\%$ от общей площади поверхности обработанной эмали.

Заключение. Препарирование поверхности эмали мелкодисперсным алмазным бором позволяет удалить апризматический слой и создать условия для формирования



необходимой адгезионной прочности на границе «эмаль – шина», обеспечив долговечность изготовленной шинирующей конструкции благодаря созданию качественного гибридного слоя.

Ключевые слова: эмаль, структура поверхности, шинирование, адгезионная прочность

Novak N. ✉, Starovoitova V.

Institute for Advanced Training and Retraining of Healthcare Personnel, Belarusian State Medical University, Minsk, Belarus

Adhesive Strength at the Enamel-Splint Interface with Different Methods of Preparing Enamel for Splinting

Conflict of interest: nothing to declare.

Authors' contribution: the authors of the article performed all stages of the study together.

Publishing ethics. A positive opinion from the Ethics Committee of the Belarusian Medical Academy of Postgraduate Education was received.

Submitted: 11.09.2023

Accepted: 24.11.2023

Contacts: zubnajafeja@yandex.by

Abstract

Introduction The quality and durability of the adhesive splinting structure are determined by a combination of factors: the level of oral hygiene, the condition of the splinted teeth (degree of mobility, presence of occlusive injury), including the strength of adhesion of the manufactured structure at the "enamel – splint" border. At the same time, it is impossible to ignore the anatomical features of the structure of the hard tissues of teeth, in particular enamel, affecting the strength of adhesion.

The purpose. Study of the structure of the enamel surface in preparation for extra-coronal splinting of teeth. Indicators of adhesive strength at the "enamel – tire" border, depending on the chosen method of exposure.

Materials and methods. 40 teeth divided into 4 groups, depending on the chosen method of preparation for fixing the reinforcing structure as part of an extra-coronal splint: cleaning with a brush with paste, treatment with aeroabrasive and ultrasonic methods, preparation with fine diamond boron. 40 teeth with fixed splinting bands, divided into 4 groups depending on the method of enamel processing.

Results. Among the studied splinting specimens divided into groups depending on the method of enamel processing, the lowest average microhardness index was in the group of specimens No.1 (cleaning with prophylactic paste without fluorine) and amounted to $64.19 \pm 1.46 \text{ kgf/mm}^2$, the highest in the group No.4 (preparation with diamond bur) – 71.24 kgf/mm^2 .

At preparation of enamel surface with fine diamond bur with particle size of 20 microns and acid etching with 37% orthophosphoric acid the uniform character of microstructure was determined, the fully etched areas of enamel prisms amounted to $98,55 \pm 0,51\%$ of the total surface area of the treated enamel.

Conclusion. The preparation of the enamel surface with a fine diamond bur allows to remove the aprismatic layer and create conditions for the formation of the necessary adhesive strength at the boundary "enamel – splint", providing the durability of the fabricated splinting structure due to the creation of a high-quality hybrid layer.

Keywords: enamel, surface structure, splinting, adhesive strength

■ ВВЕДЕНИЕ

Качество и долговечность адгезивной шинирующей конструкции определяются многими факторами: уровнем гигиены ротовой полости, состоянием шинируемых зубов (степень подвижности, наличие окклюзионной травмы), в том числе силой адгезии изготовленной конструкции на границе «эмаль – шина». В то же время нельзя оставлять без внимания анатомические особенности строения твердых тканей зубов, в частности эмали, влияющие на силу адгезии.

Будучи многофункциональной и сложноорганизованной тканью, эмаль наряду с низкой концентрацией органических веществ отличается самой высокой степенью минерализации. Данная особенность дает ей возможность выполнять защитную функцию по отношению к подлежащим тканям. Снаружи эмаль покрыта пелликулой – многослойной бесклеточной оболочкой органической природы. Формируется данный слой толщиной от 1 до 10 мкм в результате преципитации белков и гликопротеинов и белков слюны. Пелликула прочно связана с кристаллами гидроксиапатитов поверхностного слоя эмали, проникает в его структуру на глубину около 0,1 мкм и, несмотря на возможность ее удаления механическим способом, резистентна к воздействию неорганических кислот. Тот факт, что пелликула прочно связана с кристаллами гидроксиапатитов поверхностного слоя эмали, проникает в его структуру и устойчива к действию неорганических кислот, определяет необходимость ее удаления с целью создания качественной микромеханической ретенции [1–5].

Структурно-функциональная единица эмали – эмалевые призмы, которые между собой объединяются в группы до 30 единиц. Между ними располагается межпризменное вещество, состоящее из хвостов призм толщиной около 1 мкм. Кора призм – периферическая часть, которая обрамляет эмалевую призму и образует ее оболочку, состоит из менее минерализованного вещества и содержит больше протеинов эмали, чем остальная часть призмы [5].

Еще одна особенность строения эмали, влияющая на силу адгезии и создание качественного гибридного слоя – слой так называемой конечной эмали толщиной около 5–100 мкм, покрывающий поверхность призмной эмали. Преимущественно он обнаруживается в цервикальной области и представлен параллельно расположенными неструктурированными кристаллами гидроксиапатита. Помимо кристаллов гидроксиапатита в структуре апризматического слоя присутствуют недоразвитые эмалевые призмы, а его толщина будет различной в разных анатомических областях зуба. Его удаление обязательно для создания большей площади соприкосновения эмалевых призм и компонентов адгезивной системы, что, в свою очередь, позволит создать более качественную и долговечную адгезионную связь. Эта цель достигается также за счет воздействия неорганических кислот на структуру эмали, принцип действия которых основывается на удалении с поверхности эмали слоя толщиной



в пределах 10 мкм, создании впадин, глубиной до 5 мкм на месте головок эмалевых призм и расширении пространства между ними [5].

Изменения микроархитектоники эмали при кислотном протравливании впервые были описаны, а в последующем и классифицированы Silverstone и Galil в 1975–1979 гг. Они выделяют 5 типов кислотного протравливания: для типа 1 характерно растворение центральной части эмалевой призмы (Honeycomb etching pattern), при типе 2 растворяется периферическая оболочка эмалевой призмы (Cobblestone etching pattern), тип 3 сочетает в себе первых 2 (Discernible etch patterns), тип 4 характеризуется ямкоподобным протравливанием (Pitted enamel surfaces), а при типе 5 поверхность эмали не протравливается (Flat enamel smooth surface-no etch).

Апризматический слой эмали препятствует кислотному протравливанию, и, следовательно, формирующаяся адгезионная связь гораздо слабее. Очевидна необходимость решения вопроса, который касается способа его удаления [8].

Развитие стоматологического материаловедения, совершенствование средств гигиены оказали свое влияние на возможность решения данного вопроса. Основным способом профессиональной гигиены полости рта стало пескоструйное и ультразвуковое удаление зубных отложений. Однако в различных литературных источниках недостаточно информации о влиянии на микроархитектонику поверхности эмали, поэтому возникают определенные трудности в оценке эффективности данных способов удалять бесструктурный слой. Препарирование же эмали мелкозернистыми борами с размером частиц абразива 15–30 мкм позволяет удалить беспризматический слой. Инструменты с алмазным абразивом создают ровные края внутренней поверхности сформированной полости и позволяют оптимизировать структуру поверхности эмали для проведения последующего кислотного протравливания [6, 7].

Тщательность и правильность выполнения всех этапов очистки, удаления бесструктурного слоя эмали и кислотного протравливания при изготовлении внекоронковой адгезивной шинирующей конструкции определяют долговечность и качество адгезии на границе «шина – зуб». В литературе приводится информация, что для стабилизации зубов при фиксации металлических лигатур, при адгезивном шинировании с использованием ленточных конструкций при первой степени подвижности зубов достаточно проведения профессиональной гигиены щеткой с безфтористой пастой, а затем травления эмали. Но с учетом вышеизложенного, данный способ подготовки тканей зуба подходит только для непродолжительного шинирования подвижных зубов после острой травмы, стабилизации после ортодонтического лечения в детском возрасте. Для долгосрочного шинирования, особенно зубов со 2-й и 3-й степенью подвижности при болезнях периодонта, а также для стабилизации зубов у взрослых пациентов после ортодонтического лечения только удаления зубных отложений для последующего качественного протравливания поверхности эмали недостаточно. Таким образом, вопрос влияния способа обработки эмали на рельеф поверхности, а также вопрос адгезионной прочности на границе «эмаль – шина» в зависимости от этого способа воздействия до сих пор остается открытым.

■ ЦЕЛЬ ИССЛЕДОВАНИЯ

Изучение структуры поверхности эмали при подготовке к фиксации адгезивной шинирующей конструкции с использованием различных методов: очищения щеткой

с пастой, обработки абразивным и ультразвуковым методами, препарирования мелкодисперсным алмазным бором с мелкой степенью зернистости алмазной крошки. Определение показателей адгезионной прочности на границе «эмаль – шина» в зависимости от выбранного способа воздействия.

■ МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Материалом для исследования послужили 40 зубов, которые были удалены по разным медицинским показаниям и разделены на 4 группы по 10 образцов в каждой. Образцы для исследования подготавливали следующим образом: зубы промывали в проточной воде с мылом, фиксировали в 5% растворе формалина и высушивали на воздухе.

В группе 1 поверхность эмали очищали от налета при помощи щетки с пастой без фтора. В группе 2 зубные отложения снимали ультразвуковым аппаратом, очищенную поверхность перед протравливанием полировали щеткой с пастой без фтора. В группе исследования 3 налет удаляли пескоструйным аппаратом с использованием абразивного порошка на основе смеси карбоната и фосфата кальция с бикарбонатом натрия; частицы сферической и колотой формы размером 50–70 мкм. В группе 4 после этапа очищения для удаления бесструктурного слоя с поверхности эмали препарировали мелкозернистым бором с желтой маркировкой, соответствующей очень малой степени зернистости – 20 мкм. Все образцы протравливали 37% ортофосфорной кислотой в течение 60 с. Протравливающий гель тщательно смывали, а эмаль высушивали.

Структуру поверхности эмали изучали *in vitro* методом сканирующей электронной микроскопии на электронном микроскопе «МИРА» (Чехия) в лаборатории металлофизики испытательного центра ГНУ «Институт порошковой металлургии». Исследование твердых тканей проводили при увеличении 500 раз.

Для изучения площади качественно протравленной эмали проводили фотографирование подготовленной поверхности, после цифровую фотографию обрабатывали в программе Adobe Photoshop CC 2020, при этом определяли зоны, которые оказались равномерно протравленными, и непротравленные области. В программе Adobe Photoshop CS5 Extended фиксировали общую площадь полученного изображения и производили вычисление площади затемненных участков, которые оказались непротравленными. Площадь равномерно протравленной эмали определяли путем вычитания из общей площади изображения площади участков, которые не подверглись кислотному травлению.

Для изучения адгезионной прочности на границе «эмаль – шина» образцы зубов были также разделены на 4 группы в зависимости от метода обработки эмали: 1 – очищение щеткой с пастой без содержания фтора; 2 – очищение ультразвуковым методом; 3 – очищение абразивным методом; группа 4 содержала 2 подгруппы: первая – удаление бесструктурного слоя эмали мелкозернистым алмазным бором с размером частиц 20 мкм, вторая – малоинвазивное препарирование в пределах эмали. Очищенную и протравленную поверхность эмали обрабатывали адгезивом 5-го поколения согласно инструкции производителя. На подготовленный участок эмали наносили текучий композиционный материал, фиксировали фрагмент ленты для шинирования, после чего фотополимеризовали. Покрывали слоем композиционного материала обычной плотности и вновь фотополимеризовали. Определение



адгезионной прочности границы «эмаль – шина» проводили в Испытательном центре Института порошковой металлургии имени академика О.В. Романа путем измерения микротвердости на микротвердомере Micromet-II фирмы Buehler (Швейцария) с нагрузкой 200 г, которая обеспечивала наведение трещины на границе.

Значения микротвердости определяли по методу Виккерса путем деления приложенной к алмазному наконечнику нормальной нагрузки (кгс) на условную площадь боковой поверхности отпечатка (мм²). Для применяемой в работе четырехгранной пирамидки с квадратным основанием число твердости вычисляли по формуле

$$HV = 1,854 \cdot F/d^2,$$

где F – нормальная нагрузка, приложенная к алмазному наконечнику, кгс; d – средняя длина диагоналей четырехугольного отпечатка, мм [9].

■ РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ СТЕПЕНИ КИСЛОТНОГО ПРОТРАВЛИВАНИЯ

Результаты исследования поверхности эмали зубов из группы 1, очищенной при помощи щетки и профилактической пасты без фтора и протравленной в течение 60 с 37% ортофосфорной кислотой, отображены на рис. 1. Участки, расположенные поперечно ходу эмалевых призм, с большей интенсивностью окрашивания соответствовали поверхности эмали, которая оказалась непрореагировавшей после воздействия протравливающего препарата. Визуализированы слабоструктурированные пучки эмалевых призм и расположенные между ними отдельные фрагменты кристаллов гидроксиапатитов. Площадь протравленной поверхности при увеличении в 500 раз составила 30,69±1,1%.

В группе исследования 2 при изучении микроструктуры эмали под увеличением $\times 500$ воздействие ультразвука не привело к удалению апризматического слоя эмали, а следовательно, ортофосфорная кислота равномерно не протравила эмаль, что представлено на рис. 2. В поле зрения определялись отдельные чешуеобразные наслоения, представленные разрушенными участками матрикса и обломками эмалевых призм, неглубокие закрытые кратерообразные образования. В основном преобладали 4-й и 5-й типы протравливания. Для них характерно формирование ямкоподобных участков протравленной эмали и участков с большей интенсивностью, не подвергшихся воздействию кислоты соответственно. Площадь качественно протравленной эмали составила 35,61±0,52%.

В группе 3 (рис. 3) при изучении микроструктуры поверхности эмали, обработанной аэроабразивным методом (размер частиц 50–70 мкм), была обнаружена сложная архитектура без выраженных углублений с открытыми и закрытыми кратерообразными образованиями. Исследование структуры эмали после воздействия неорганической (ортофосфорной) кислоты выявило неоднородность рисунка протравленной поверхности, что выражалось чередованием участков с контурированными головками эмалевых призм с бесструктурными областями. Превалирующий тип протравливания – 4-й (ямкоподобное протравливание), однако были обнаружены в том числе и единичные эмалевые призмы с неполным растворением периферических областей и интерпризматического пространства (1-й и 2-й типы протравливания).

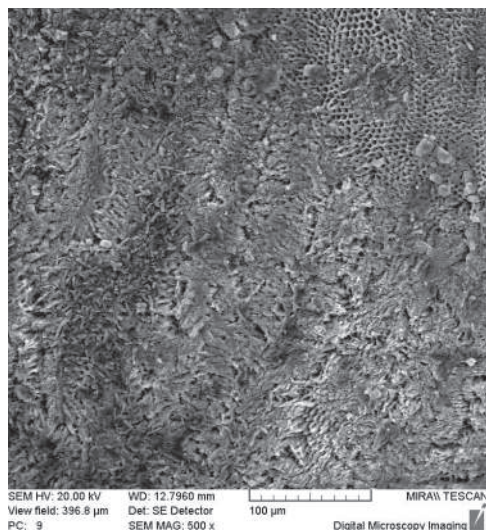


Рис. 1. Поверхность эмали после очищения щеткой с пастой без содержания фтора и протравливания 37% ортофосфорной кислотой. Бесструктурные участки без признаков травления, увеличение $\times 500$
Fig. 1. Enamel surface is brushed with fluoride-free paste and etched with 37% orthophosphoric acid. Unstructured areas don't have signs of etching, magnification $\times 500$

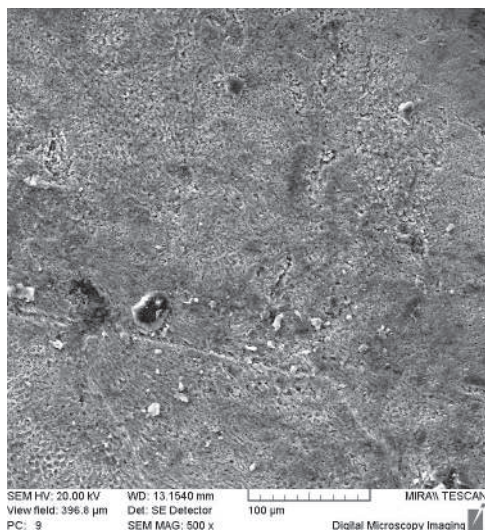


Рис. 2. Поверхность эмали после профессиональной гигиены с использованием ультразвукового скейлера (Cavitron Select SPS, насадка 30K FSI Slimline-10) и протравливания 37% ортофосфорной кислотой. Бесструктурные участки без признаков травления и участки с неполным обнажением структуры призм, увеличение $\times 500$
Fig. 2. Enamel surface is after professional hygiene with an ultrasonic scaler (Cavitron Select SPS, 30K FSI Slimline-10 nozzle) and 37% orthophosphoric acid etching. Unstructured areas don't have signs of etching and areas with incomplete exposure of prism structure, magnification $\times 500$

Определение площади протравленной поверхности показало, что полноценно протравленная эмаль составила $43,67 \pm 0,77\%$.

В группе исследования 4 поверхность эмали после очищения препарировали мелкодисперсным алмазным бором с размером частиц 20 мкм. Выявили сохранность структуры эмалевых призм, холмистый рельеф в виде борозд повторял однонаправленное вращательное движение граней алмазного ротационного инструмента (рис. 4). В местах, где растворились центральные части призм (1-й тип травления), обнаружен скотоподобный, ячеистый вид. При 2-м типе травления эмали (растворение периферической оболочки эмалевых призм) вокруг головок эмалевых призм образовывался ободок. Воздействие ортофосфорной кислотой на поверхность эмали однородно усилило по всей площади призмный рисунок эмали. Площадь поверхности эмали, равномерно прореагировавшей с кислотой, составила $98,55 \pm 0,51\%$.

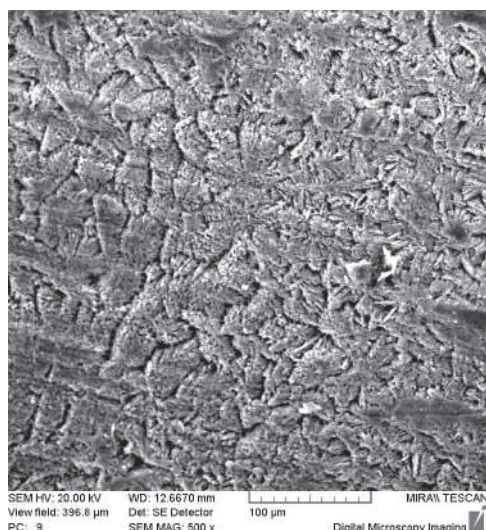


Рис. 3. Поверхность эмали после профессиональной гигиены с использованием пескоструйного аппарата и протравливания 37% ортофосфорной кислотой. Неоднородный рисунок протравленной поверхности преимущественно по 4-му типу (ямкоподобное протравливание), увеличение×500
Fig. 3. Enamel surface is after professional hygiene with a sandblaster and 37% orthophosphoric acid etching. There is inhomogeneous pattern of etched surface predominantly by type 4 (pit-like etching), magnification×500

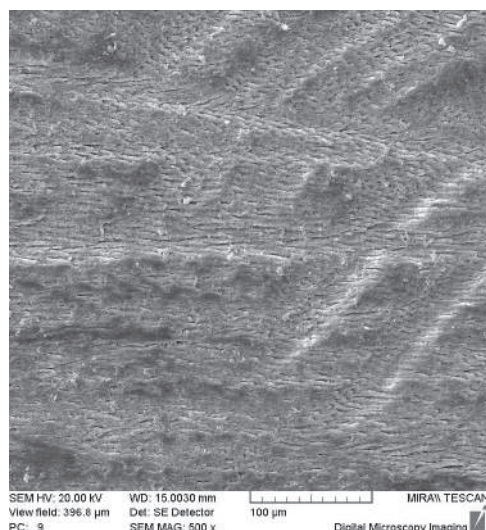


Рис. 4. Поверхность эмали после препарирования мелкодисперсным бором с размером частиц 20 мкм и протравливания 37% ортофосфорной кислотой. Холмистый рельеф равномерно протравленной поверхности эмали, увеличение×500
Fig. 4. Enamel surface is after preparation with fine boron with a particle size of 20 μm and 37% orthophosphoric acid etching. There is hilly relief of the uniformly etched enamel surface, magnification×500

■ РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ АДГЕЗИОННОЙ ПРОЧНОСТИ

В таблице приведены значения минимальных и максимальных показателей микротвердости на границе «эмаль – шина», выборочных средних (X) и значения стандартного отклонения (SD). Объем выборки, для которой вычислены нижеприведенные показатели, равен $n=10$.

Средние показатели микротвердости образцов группы исследования 1 были наименьшими и составили $64,19 \pm 1,46$ кгс/мм². При этом минимальное значение механической прочности составило 61,7 кгс/мм², а максимальное – 65,7 кгс/мм².

Средние показатели микротвердости образцов групп исследования 2 и 3 отличались незначительно и составили $68,40 \pm 0,60$ кгс/мм² и $69,96 \pm 0,63$ кгс/мм² соответственно.

Исследование микротвердости на границе «эмаль – шина» у образцов группы 4 показало, что средняя величина прочности составила: в первой подгруппе – $71,24 \pm 0,25$ кгс/мм²; во второй подгруппе – $71,3 \pm 0,35$ кгс/мм². Данные значения были

Показатели микротвердости на границе «эмаль – шина»
Microhardness indicators at the enamel – tire boundary

Группа исследования	Микротвердость, кгс/мм ²		
	Min	Max	X±SD
1	61,7	65,7	64,19±1,46
2	67,6	69,3	68,40±0,60
3	69,3	70,9	69,96±0,63
4.1	70,9	71,7	71,24±0,25
4.2	70,8	72,0	71,3±0,35

наибольшими среди всех представленных образцов. U-критерий Манна – Уитни равен 47, критическое значение U-критерия Манна – Уитни при заданной численности сравниваемых групп составляет 23, 47>23, следовательно, различия уровня признака в сравниваемых группах статистически незначимы (p>0,05).

Таким образом, среди исследуемых образцов шинирующих конструкций, разделенных на группы в зависимости от способа обработки эмали, наименьший средний показатель микротвердости был у группы образцов 1 и составил 64,19±1,46 кгс/мм², наибольший – у образцов группы 4: 4.1 – 71,24±0,25 кгс/мм², 4.2 – 71,3±0,35 кгс/мм² (различия статистически значимы по критерию Краскела – Уоллиса, H_φ=43,64, df=4, p<0,001).

■ ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В ходе проведения исследования по изучению микроархитектоники поверхности эмали при подготовке к фиксации адгезивной шинирующей конструкции с использованием различных средств и методов было показано, что очищение профилактической пастой без фтора, обработка поверхности эмали ультразвуковым и пескоструйным методами не могут в полном объеме убрать апризматический слой, который препятствует равномерному протравливанию поверхности эмали. Вследствие этого площадь поверхности эмали, полностью прореагировавшая с 37% ортофосфорной кислотой, составила 30,69±1,1%, 35,61±0,52% и 43,67±0,77% соответственно.

Препарирование поверхности эмали мелкодисперсным алмазным бором с размером частиц 20 мкм и кислотное протравливание 37% ортофосфорной кислотой позволили создать равномерный характер структуры, где в полном объеме протравленные участки эмалевых призм составили 98,55±0,51% от общей площади поверхности обработанной эмали.

Сравнительный анализ выбранных групп показал, что наибольшее значение площади качественно протравленной эмали обнаружено после препарирования ее поверхности мелкодисперсным алмазным бором с размером частиц 20 мкм по сравнению с очищением поверхности эмали щеткой с пастой без фтора, ультразвуковым и пескоструйным методами (различия статистически значимы по критерию Краскела – Уоллиса, H_φ=36,6, df=3, p<0,001).

Результаты лабораторных исследований адгезионной прочности показали, что среди исследуемых образцов зубов с шинирующими конструкциями наибольшие показатели микротвердости на границе «эмаль – шина» были зарегистрированы в группах образцов 4, в которых поверхность эмали была обработана мелкодисперсным



алмазным бором, – $71,24 \pm 0,25$ кгс/мм² или проведено малоинвазивное препарирование в пределах эмали – $71,3 \pm 0,35$ кгс/мм² (различия статистически не значимы по критерию Манна – Уитни, $U=47$, $p>0,05$).

Средние значения микротвердости были получены для групп образцов 2 и 3, в которых поверхность эмали была обработана ультразвуковым и аэроабразивным методами, и составили $68,40 \pm 0,60$ и $69,96 \pm 0,63$ кгс/мм² соответственно.

Низкие показатели микротвердости были отмечены у образцов группы 1, в которой эмаль очищалась щеткой с пастой без содержания фтора, – $64,19 \pm 1,46$ кгс/мм² (различия статистически значимы по критерию Краскела – Уоллиса, $H_{\phi}=43,64$, $df=4$, $p<0,001$).

Сохранение бесструктурного слоя эмали, последующее некачественное протравливание препятствуют образованию необходимой силы адгезии на границе «шина – эмаль». Как следствие, возникают различного рода осложнения: нарушение краевого прилегания и разгерметизация шинирующей конструкции; сколы композиционного материала; изменения со стороны твердых тканей; несоответствие эстетическим требованиям.

Из вышесказанного следует, что для качественной подготовки поверхности эмали перед фиксацией адгезивной шинирующей конструкции и создания прочной адгезионной связи на границе «эмаль – шина» недостаточно только проведения профессиональной гигиены. Очищение щеткой с пастой без фтора, применение ультразвукового и пескоструйного методов не позволяют удалить бесструктурный слой эмали, препятствующий протравливанию и декальцинированию поверхности твердых тканей зуба. Для долговременной фиксации шинирующей конструкции обязательным является удаление апризматического слоя эмали путем финирирования мелкозернистым алмазным бором с размером частиц 20 мкм или малоинвазивного препарирования в пределах эмали.

■ ЛИТЕРАТУРА/REFERENCES

1. Avtandilov G.G. *Medical morphometry*. M.: Medicine; 1990. 384 p. (in Russian)
2. Vavilova T.P. *Biochemistry of tissues and fluids of the oral cavity*. M.: GEOTAR-Media; 2012. 208 p. (in Russian)
3. Gasyuk A.P., Novoseltseva V., Kostyrenko A.P. Special microscopic structures of tooth enamel and dentin. *Bulletin of Problems of Biology and Medicine*. 2013;1(4):251–252. (in Russian)
4. Kuznetsov D.L., Melnik A.A., Laze R., Petrikas O.A., Petrikas I.V. Influence of ultrasonic hygienic dental treatment on the strength of adhesive fixation of restorations. *Dentistry*. 2013;92(2):36–39. (in Russian)
5. Lutsкая I.K. *Clinical age histology of the tooth: educational and methodical. stipend*. 2013. 42 p. (in Russian)
6. Novak N.V. The influence of the degree of granularity of diamond boron on the structure of the tooth enamel surface. *Dentistry. Aesthetics. Innovation*. 2018;2(2):257–265. (in Russian)
7. Shumilovich B.R., Kunin D.A., Krasavin V.N. New aspects of notices of enamel ultrastructure and solutions of problems related to composites. *VNMT*. 2013;2(2):330–333. (in Russian)
8. The bond strength of the bracket with the tooth enamel with different methods of its preparation. *Modern Dentistry*. 2023;1(1):69–72.
9. GOST 9450-76. Measurement of microhardness by indentation of diamond tips. (in Russian)