

УДК 616.314.13-089.28-76-073

ПРОЧНОСТЬ СЦЕПЛЕНИЯ БРЕКЕТА С ЭМАЛЬЮ ЗУБА ПРИ РАЗНЫХ МЕТОДАХ ПОДГОТОВКИ

Горлачева Т. В.¹, Нисс В. С.², Терехова Т. Н.¹

¹Учреждение образования «Белорусский государственный медицинский университет»,
г. Минск, Республика Беларусь;

²Инновационно-производственный центр медицинского оборудования и изделий
Белорусского национального технического университета,
г. Минск, Республика Беларусь

Реферат. Существуют различные методы подготовки эмали зубов к фиксации брекет-системы при помощи композиционных материалов: использование самопротравливающего праймера или травления эмали в течение 15–60 с. Использование кислоты приводит, с одной стороны, к деминерализации эмали зубов, способствующей хорошей фиксации брекет-системы, с другой — к повышению риска развития кариеса зубов во время ортодонтического лечения. Кроме того, чрезмерная прочность сцепления брекета с эмалью зуба может явиться причиной отлома эмали при снятии брекет-системы. Поэтому важно определить оптимальный метод подготовки эмали к фиксации брекет-системы.

Ключевые слова: время травления эмали, лазерная флуоресценция эмали зубов, прочность сцепления брекета с эмалью зуба.

Введение. В настоящее время для лечения зубочелюстных аномалий у пациентов с постоянным прикусом в большинстве клинических случаев применяют брекет-систему. Перед установкой этого аппарата для более прочного сцепления композиционного материала с эмалью зуба проводят ее травление кислотой или обработку самопротравливающим праймером [4].

В период ортодонтического лечения на элементы брекет-системы действуют относительно невысокие силы составляющих ее механически действующих элементов, поэтому многие авторы считают приемлемой прочность сцепления брекета с эмалью зуба в диапазоне от 5,0–6,0 МПа до 10,0–10,3 МПа [4, 6, 7]. Однако не стоит забывать о дополнительной силе, возникающей при пережевывании пищи, максимальное значение которой при нормальном строении зубочелюстной системы составляет у ребенка 6–11 лет 49 Н, у взрослого — 149 Н [7]. Если предположить, что площадь основания брекета 10,5 мм², прочность сцепления должна составлять у детей до 11 лет 4,7 Мпа, у взрослых — 14,2 Мпа. Также имеются данные о том, что для сохранения целостности эмали

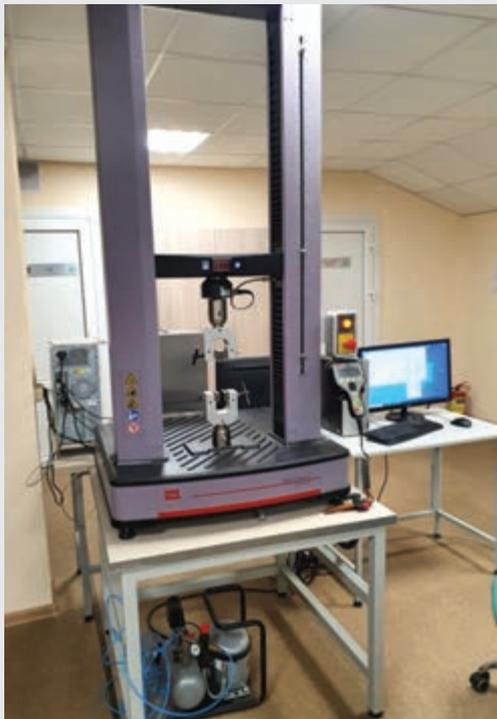
при снятии брекетов прочность их сцепления не должна превышать 14 МПа [2].

В научной литературе имеются различные данные (от 15 до 60 с) о необходимой длительности воздействия кислоты на зуб при фиксации брекетов [2]. Мнения авторов относительно влияния времени травления эмали на прочность ее сцепления с брекетом расходятся. Одни считают, что такая взаимосвязь отсутствует, другие свидетельствуют, что чем большее, до определенного момента, время проводится травление эмали, тем выше прочность сцепления брекета с эмалью зуба [2].

С другой стороны, травление эмали вызывает деминерализацию эмали и, как следствие, повышение риска развития кариеса зубов [1, 4]. Кроме того, ортодонтическое лечение несъемной техникой само по себе является фактором риска развития кариеса зубов [5]. Поэтому некоторые авторы для подготовки эмали рекомендуют использовать самопротравливающий праймер, который вызывает меньшую деминерализацию эмали [3].

Приведенные данные и наличие современных публикаций свидетельствуют об актуальности изучения влияния разных мето-

а



б



Рисунок 1 — Эксперимент определения силы сдвига брекета относительно вестибулярной поверхности зуба:
а — универсальная испытательная машина Criterion 43; б — процесс перемещения пуансона к брекету

дов подготовки эмали к фиксации брекет-системы на прочность сцепления и состояние эмали с целью определения оптимального способа, который бы обеспечивал хорошее сцепление при минимальном риске деминерализации эмали для пациентов Республики Беларусь.

Цель работы — определение прочности сцепления брекета с эмалью зуба посредством композиционного материала Transbond Plus Color Change Adhesive, 3М при разных методах подготовки эмали.

Материалы и методы. Исследование проводили на удаленных по ортодонтическим показаниям премолярах, не имеющих признаков патологии твердых тканей зубов. Перед фиксацией брекетов проводили подготовку эмали зубов. Зубы очищали профессионально щеткой и пастой, не содержащей фтор, а затем промывали водой и высушивали с использованием водно-воздушного пистолета стоматологической установки.

Исследуемые зубы были распределены на пять групп. Зубы 1–4-й групп подвергали травлению протравливающим гелем N-Etch (37 %) фирмы Ivoclar Vivadent в течение 15 с (24 зуба 1-й группы), 30 с (22 зуба 2-й группы), 45 с (23 зуба 3-й группы) и 60 с (26 зубов 4-й группы). Затем протравливающий гель смывали в течение времени травления эмали, зуб высушивали. После этого на эмаль зубов первых четырех групп наносили бонд Single Bond Universal, 3М, раздували его воздухом, проводя фотополимеризацию в течение 5 с.

В эмаль зубов 5-й группы в течение 4 с втирали самопротравливающий праймер Transbond Plus, 3М, проводя его фотополимеризацию в течение 5 с. После этого на основание металлических брекетов для премоляров Viktory, 3М наносили Transbond Plus Color Change Adhesive, позиционировали брекет на зубе, проводили фотополимеризацию материала в течение 20 с — с окклюзионной стороны и 20 с — с десневой стороны.

С использованием прибора DIAGNOdent фирмы KaVo определяли показатели лазерной флуоресценции эмали зубов до подготовки их к фиксации брекетов (интактные зубы) и после подготовки (после травления эмали, обработки бондом или самопротравливающим праймером). Показания прибора

от 1 до 13 свидетельствуют о здоровой эмали зуба, от 14 до 20 — о кариесе эмали и необходимости профессиональной гигиены полости рта с применением препаратов фтора, 21–29 — о глубоком кариесе зубной эмали и необходимости интенсивной профилактики или минимально инвазивного восстановления зуба, 30 и более — о кариесе дентина и необходимости восстановления зуба и интенсивной профилактики.

На базе Белорусского национального технического университета выполнено исследование силы сдвига брекета относительно вестибулярной поверхности зуба с использованием универсальной испытательной машины Criterion 43 фирмы MTS-Solutions (рисунок 1, *a*) в пяти изучаемых группах. Для этого зубы предварительно загипсовывали в прямоугольные блоки из супергипса Elite model, Zhermack, которые фиксировали нижним зажимным устройством испытательной машины. Пуансон в форме лезвия, закрепленный в верхнем зажимном устройстве, перемещали вертикально вниз со скоростью 0,02 мм/с к месту соединения крыльев брекета с его основанием (рисунок 1, *b*) и далее до момента отклеивания брекета от зуба. Фиксировали силу, при которой происходило отклеивание брекета.

Затем рассчитывали прочность сцепления брекета с эмалью зуба посредством материала Transbond Plus Color Change Adhesive

как отношение силы сдвига брекета к площади его основания:

$$X = \frac{F}{S}, \text{ Н/мм}^2, \quad (1)$$

где X — прочность сцепления брекета; F — сила сдвига брекета; S — площадь основания брекета.

Основание брекета Viktory имеет форму трапеции, поэтому его площадь (S) определяли по формуле

$$S = \frac{a+b}{2} \cdot h, \text{ мм}^2, \quad (2)$$

где a — верхний край основания брекета; b — нижний край основания брекета; h — высота брекета.

Статистический анализ проведен в программе Statistical10. Использовали методы описательной статистики, достоверность различий признаков оценивали непараметрическими методами с использованием критериев Краскела — Уоллиса (H) и z . Различия считали статистически достоверными при величине $p < 0,05$.

Результаты и их обсуждение. Исследуемые группы были однородны по показателю лазерной флуоресценции эмали до нанесения на нее протравливающего геля или самопротравливающего праймера, поскольку статистически достоверных различий этого параметра не обнаружено ($p > 0,05$) (таблица).

Таблица — Параметры лазерной флуоресценции эмали и прочности сцепления брекета с эмалью зуба в изучаемых группах, Me [25 %; 75 %]

Параметры	Время травления эмали, с				Трансбонд (группа 5)
	15 (группа 1)	30 (группа 2)	45 (группа 3)	60 (группа 4)	
Показатели лазерной флуоресценции эмали до ее травления	2,9 (2,0–3,5)	2,9 (2,6–3,0)	5,0 (3,9–6,0)	4,0 (3,0–4,2)	3,7 (1,8–4,4)
Показатели лазерной флуоресценции эмали после ее травления	3,6 (2,5–5,0)	4,0 (3,2–4,2)	7,0 (5,5–7,0)	5,6 (4,6–6,0)	3,5 (2,0–5,0)
Показатели лазерной флуоресценции эмали после ее обработки бондом	2,9 (2,0–3,0)	2,8 (2,8–3,5)	5,8 (5,0–6,2)	4,2 (4,0–5,0)	3,5 (2,0–5,0)
Прочность сцепления брекета с эмалью зуба, МПа	6,43 (5,95–7,63)	8,56 (6,31–11,06)	9,35 (7,02–11,59)	10,2 (8,20–11,0)	14,17 (11,33–15,46)

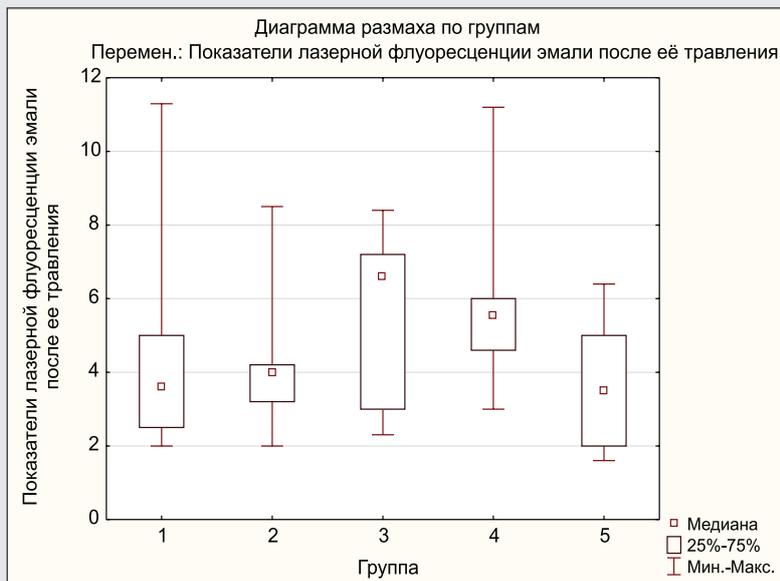


Рисунок 2 — Показатели лазерной флуоресценции эмали после ее обработки протравкой или самопротравливающим праймером в группах

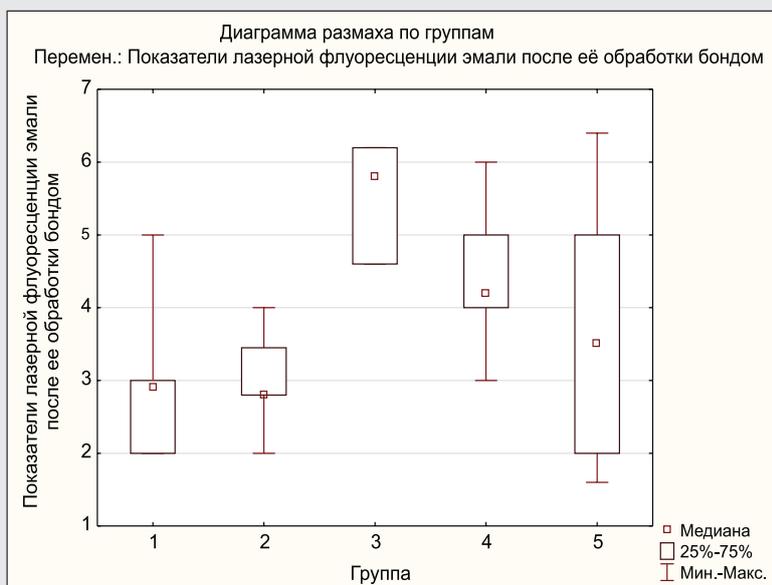


Рисунок 3 — Показатели лазерной флуоресценции эмали после ее обработки бондом или самопротравливающим праймером в группах

Выявлены статистически достоверные различия показателей лазерной флуоресценции эмали после обработки ее протравкой в четырех группах и самопротравливающим праймером в 5-й группе ($H = 23,5; p < 0,001$): в группе 1 (3,6 (2,5–5,0) единиц) этот параметр статистически достоверно меньше ($z = 2,8, p < 0,05; z = 3,5, p < 0,01$ соответственно), чем в группах 3 (7,0 (5,5–7,0)) и 4 (5,6 (4,6–6,0)), в группе 2 (4,0 (3,2–4,2)) — статистически достоверно меньше, чем в группе 4 ($z = 3,0; p < 0,05$), в группе 3 и 4 — статистически достоверно больше ($z = 3,0; p < 0,05; z = 3,5; p < 0,01$), чем в группе 5 (3,5 (2,0–5,0)) (рисунок 2).

Выявлены статистически достоверные различия показателей лазерной флуоресценции эмали после обработки ее бондом в четырех группах и самопротравливающим праймером в 5-й группе ($H = 39,9; p < 0,001$): в 1-й (2 (2,0–3,0)) и 2-й (2,8 (2,8–3,5)) группах статистически достоверно меньше ($z = 4,7, p < 0,001; z = 4,4, p < 0,001$ и $z = 4,4, p < 0,001; z = 4,0, p < 0,001$ соответственно), чем в 3-й (5,8 (5,0–6,2)) и 4-й (4,2 (4,0–5,0)) группе, в группе 5 (3,5 (2,0–5,0)) — статистически достоверно ($z = 3,2, p < 0,05$) меньше, чем в группе 3 (рисунок 3).

Показатели сцепления брекета с эмалью зуба также имеют статистически достоверные различия в группах ($H = 34,4; p < 0,001$): медиана этого показателя имеет достоверно большее значение ($z = 5,7, p < 0,001; z = 4,2, p < 0,001; z = 3,1, p < 0,05; z = 3,0, p < 0,05$ соответственно) в группе 5 (14,17 (11,33–15,46) МПа), по сравнению с группа-

ми 1 (6,43 (5,95–7,63) МПа), 2 (8,56 (6,31–11,06) МПа), 3 (9,35(7,02–11,59) МПа) и 4 (10,2(8,20–11,04) МПа), а в группе 1 — до-

стоверно меньшее значение, чем в группе 4 ($z = 2,9$, $p < 0,05$ соответственно) (рисунок 4).

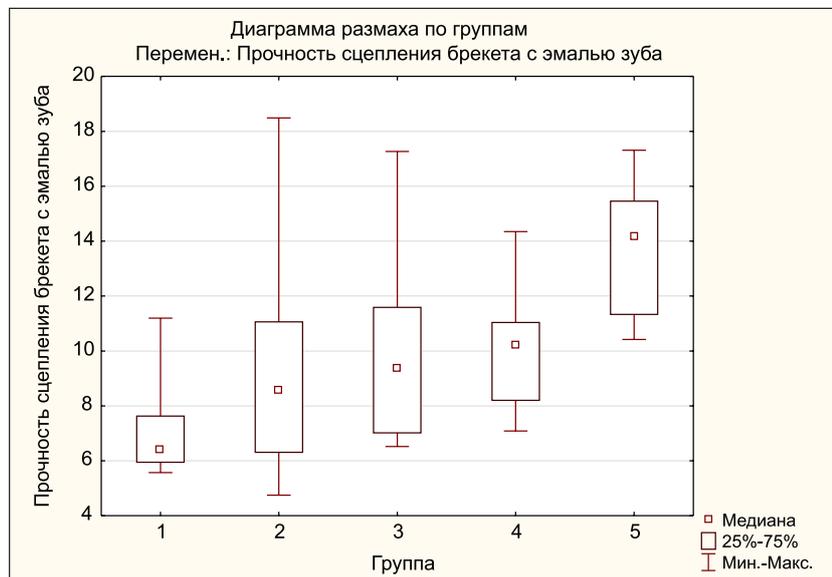


Рисунок 4 — Прочность сцепления брекета с эмалью зуба в группах, Мпа

Заключение. Травление эмали в течение 45 и 60 с вызывает появление статистически достоверных различий показателей лазерной флуоресценции эмали по сравнению с травлением в течение 15 с и обработкой эмали самопротравливающим праймером. При травлении эмали в течение 30 с появляются статистически достоверные различия с группой, время травления которой 45 с.

При обработке эмали бондом после ее травления значения показателей лазерной флуоресценции эмали возвращаются к значениям показателей интактной эмали. В группах с травлением эмали в течение 45 и 60 с показатели флуоресценции достоверно больше, чем при травлении 15, 30 с. Использо-

вание самопротравливающего праймера вызывает появление достоверно меньших значений показателей лазерной флуоресценции, чем травление эмали в течение 45 с.

Наибольшая прочность сцепления брекета с эмалью зуба посредством материала Трансбонд выявлена в группе с использованием самопротравливающего праймера. При использовании травления эмали в течение 15, 30, 45, 60 с прочность сцепления брекета прямо пропорциональна времени травления.

Авторы выражают благодарность компании «Медсистемс» за предоставление брекетов для настоящего исследования.

Список цитированных источников

1. Increased susceptibility for white spot lesions by surplus orthodontic etching exceeding bracket base area / M. Knösel [et al.] // *Orthod Fr.* — 2015, Sep. — № 86 (3).— P. 233–44.
2. Influence of different acid etching times on the shear bond strength of brackets bonded to bovine enamel / Clyvis Maurício Ferreira da Silva [et al.] // *J. of Prosthetic Dentistry.* — 2014, Aug. — Vol. 112, № 2. — P. 122–135.
3. Microphotographic Assessment of Enamel Surface using Self-Etching Primer and Conventional Phosphoric Acid: An *In vitro* Study / Geetanjali Gandhi [et al.] // *Saudi Dent. J.* — 2021, Nov. — № 33 (7). — P. 474–480.
4. Orthodontic Bonding: Review of the Literature / A. H Alzainal [et al.] // *Int. J. Dent.* — 2020, Jul. — № 14. — P. e8874909.
5. Risk factors and management of white spot lesions in orthodontics / K. Srivastava [et al.] // *J. Orthod. Sci.* — 2013, Apr.–Jun. — № 2 (2).— P. 43–40.



6. The critical bond strength of orthodontic brackets bonded to dental glass-ceramics / Luís António Di Guida [et al.] // *Contemp. Clin. Dent.* — 2018, Jan–Mar. — № 9 (1). — P. 15–19.

7. The effect of orthodontic bracket pad shape on shear bond strength, an *in vitro* study on human enamel / Nirav Patel [et al.] // *J. Clin Exp. Dent.* — 2018, Aug. — № 10 (8). — P. e789–e793.

Adhesion strength of brace to tooth enamel with different preparation methods

Gorlacheva T. V.¹, Niss V. S.², Terekhova T. N.¹

¹Belarusian State Medical University, Minsk, Republic of Belarus;

²Innovation and Production Center of Medical Equipment and Products of the Belarusian National Technical University, Minsk, Republic of Belarus

There are various methods of preparing tooth enamel for fixation of the bracket system using composite materials: using a self-etching primer or etching the enamel for 15–60 seconds. The use of acid leads, on the one hand, to demineralization of tooth enamel, which contributes to a good fixation of the bracket system, on the other hand, to an increased risk of dental caries during orthodontic treatment. In addition, excessive bonding strength of the bracket to the tooth enamel can cause the enamel to break off when the bracket system is removed. Therefore, it is important to determine the optimal method of preparing the enamel for fixing the bracket system.

Keywords: enamel etching time, laser fluorescence of tooth enamel, bonding strength of bracket to tooth enamel.

Поступила 14.06.2023