

Оригинальная статья

## Различия повреждений эмали после снятия двух разных конструкций основания брекетов: исследование *in vitro*

Mohammad Hossein Ahangar Atashi<sup>1</sup> • Amir Hooman Sadr Haghighi<sup>1</sup> • Parastou Nastarin<sup>1\*</sup> • Sina Ahangar Atashi<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Кафедра ортодонтии, стоматологический факультет, Тегризовский университет медицинских наук, Тегризов, Иран  
\* Автор для корреспонденции; E-mail: p.nastarin@gmail.com

Поступила в редакцию: 7 июля 2017; Принята к публикации: 8 августа 2017  
J Dent Res Dent Clin Dent Prospect 2018; 12(1):56-62 | doi: 10.15171/joddd.2018.009  
Данная статья доступна по ссылке: <http://joddd.tbzmed.ac.ir>

© 2018 Ahangar Atashi et al. This is an Open Access article published and distributed by Tabriz University of Medical Sciences under the terms of the Creative Commons Attribution License (<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0>), which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

---

### Резюме

**Общие положения.** Конструкция основания брекета является фактором, влияющим на прочность сцепления при сдвиге. Высокая прочность сцепления при сдвиге приводит к образованию трещин эмали во время снятия брекетов. Целью данного исследования было сравнение различий повреждений эмали, включая количество и длину трещин эмали после снятия двух разных конструкций основания брекетов.

**Методы.** Восемьдесят восемь удаленных премоляров человека случайным образом разделили на 2 группы (n = 44). На зубы в каждой группе фиксировали два типа брекетов с различными конструкциями основания: конструкцию с сетчатым основанием из 80 ячеек сравнивали с конструкцией основания со столбиками для адгезивной фиксации. Количество и длину трещин эмали до фиксации и после снятия брекетов оценивали под оптическим стереомикроскопом с увеличением  $\times 40$  в обеих группах. Для сравнения количества трещин между двумя группами использовали U-критерий Манна-Уитни. Анализ ANCOVA использовали для сравнения длин трещин после и до снятия брекетов в каждой группе и между двумя группами.

**Результаты.** Наблюдали достоверное увеличение длины и количества трещин эмали в каждой группе после снятия брекетов. Не выявлено достоверных различий в количестве трещин эмали после снятия брекетов между двумя группами, в то время как длина трещин эмали была достоверно больше для конструкции основания со столбиками после снятия брекетов.

**Заключение.** Основания брекетов со столбиками для адгезивной фиксации вызывали ятрогенное повреждение поверхности эмали при снятии брекетов.

**Ключевые слова:** повреждение, снятие брекетов, эмаль, ортодонтический бретет.

---

### Введение

Брекеты изготавливают в виде различных конструкций. Вариации конструкции включают материал брекета, пропись брекета, размер основания, тип лигирования и конструкцию удерживающего основания.<sup>1,2</sup> В литературе содержатся рекомендации по улучшению механического крепления брекета

к поверхности зуба путем изменения конструкции удерживающего основания для предотвращения нарушения сцепления во время ортодонтического лечения.<sup>3</sup> Однако нет никаких доказательств изучения возможных нежелательных побочных эффектов усиления механического сцепления между брекетом и адгезивом.

Конструкция основания брекета может повлиять на крепление между брекетом и

адгезивом, что влияет на тип нарушения сцепления.<sup>4</sup> Во время процедуры снятия брекетов, нарушение сцепления может произойти: 1) на границе между брекетом и адгезивом; 2) на границе между адгезивом и эмалью; или 3) в самом адгезиве.<sup>4</sup> В случаях нарушения сцепления на границе адгезив – эмаль, существует более высокий риск повреждения эмали из-за наличия микромеханической связи между адгезивом и эмалью,<sup>5,6</sup> что может привести к появлению трещин эмали.<sup>7</sup> Трещины эмали в долгосрочной перспективе могут привести к перелому зуба, деминерализации и развитию кариеса или эстетическим проблемам.<sup>8</sup> Таким образом, если конструкция основания брекета влияет на тип нарушения сцепления, то выбор брекетов с различными вариантами конструкции основания может иметь важное значение в развитии ятрогенных повреждений, в том числе трещин эмали после снятия брекетов. Несколько авторов оценивали влияние различных конструкций основания брекета на характеристики снятия брекетов.<sup>3,9,10</sup>

Wang и соавт. пришли к выводу, что конструкция с круглым вогнутым основанием обеспечивает более высокую прочность сцепления по сравнению с конструкциями с сетчатым основанием, с большим шагом сетки, что приводит к более высокой прочности сцепления. Gibas и соавт.<sup>11</sup> обнаружили более высокую прочность сцепления при сдвиге для брекетов с конструкцией основания со столбиками по сравнению с брекетами с сетчатым основанием. Sharma-Sayal и соавт.<sup>12</sup> продемонстрировали, что конструкция основания влияет на прочность сцепления и активные самолигирующие брекеты SPEED (Strite Industries, Кембридж, Онтарио, Канада) с сетчатым основанием из 60 ячеек из фольги с микротравлением и механически обработанным основанием с внутренним поднутрением обеспечивают более высокие значения прочности сцепления.

Во многих исследованиях показано, что конструкция основания может влиять на прочность сцепления; таким образом конструкция основания может играть роль в амортизации нагрузок эмали и создании ятрогенных побочных эффектов на эмаль, возникающих при снятии брекетов, в том числе трещин эмали, которые являются клиническим признаком повреждения на поверхности зуба после снятия брекетов. Ранее не проводилось никаких исследований для оценки изменений в

развитии трещин относительно конструкции основания.<sup>3,10,11</sup>

Из всех различных конструкций оснований, доступных на рынке, конструкция с сетчатым основанием является наиболее распространенной и популярной, кроме того, доступна и применяется ортодонтами другая усовершенствованная конструкция основания со столбиками вместо сетчатого основания для адгезивной механической фиксации.

Целью настоящего исследования было сравнить длину и количество трещин эмали после снятия брекетов с применением двух различных конструкций оснований, включающих конструкции со столбиками и в виде сетки, а также определить количество адгезива, остающегося на поверхности зуба после снятия брекетов, что указывает на степень неблагоприятного нарушения сцепления между адгезивом и поверхностью эмали. Таким образом данное исследование направлено на выявление возможной важности конструкции основания брекета в развитии повреждений эмали, чтобы дать рекомендации по выбору конструкции основания с меньшим повреждением поверхности эмали во время снятия брекетов.

## Методы

### Образцы

В настоящем исследовании *in vitro*, были отобраны 88 премоляров человека, удаленных у пациентов, проходящих ортодонтическое лечение после информированного согласия. Определение размера образца проводили с использованием программного обеспечения G. power 3.1, учитывая достоверность различия



Рисунок 1. Стереомикроскоп, подключенный к цифровой камере.

количества трещин = 1-1,5, различие средних значений = 1,2 единицы,  $\alpha = 0,05$  и мощность = 80%. Зубы хранили в 0,1% растворе тимола в течение 7 дней при комнатной температуре для предотвращения роста бактерий и дегидратации. Затем образцы до фиксации брекетов погружали в дистиллированную воду при температуре 4 °С, которую заменяли еженедельно в течение менее 3 месяцев.<sup>5,8,13</sup>

Критериями включения были неповрежденная щечная поверхность, отсутствие повреждений эмали или кариеса, а также отсутствие в истории применения химических агентов или флюороза. Зубы осматривали просвечиванием на предмет включения.<sup>5,13-15</sup>

Образцы случайным образом разделяли на две группы (N=44). Каждый зуб имел числовой код и был помещен в самоотверждаемую акриловую смолу по цементно-эмалевому соединению (ЦЭС).

Все 88 образцов исследовали под оптическим стереомикроскопом (Nikon, Япония) при увеличении  $\times 40$ , подключенном к цифровой камере (Nikon, Япония) (рисунок 1) с возможностью линейных измерений для оценки количества и длины первичных трещин эмали. Все зубы оценивали на одинаковом расстоянии от щечной поверхности до объектива.

### Брекеты

В данном исследовании использовали два типа металлических брекетов: брекеты с сетчатым основанием (металлические брекеты ODP с технологией Accu-Lock mesh, Франклин, Индиана, США), показанные на рисунке 2, и брекеты с основанием со столбиками, показанные на рисунке 3 (металлические брекеты ODP с технологией Anchor-Lock pad, Франклин, Индиана, США). Единственным отличием была конструкция основания брекета. В одной группе на зубы фиксировали брекеты с сетчатым основанием, а в другой группе на зубы фиксировали брекеты с основанием со столбиками.

### Фиксация

Все инструменты, использованные в данном исследовании, были совершенно новыми. Перед фиксацией щечные поверхности зубов очищали пемзой без фтора и водой, а затем высушивали струей воздуха.<sup>5</sup> Щечные поверхности образцов протравливали 37% гелем фосфорной кислоты (3M/Unitek, Монровия, США) в течение 15 с, промывали распыленной струей воды в течение 10 с и

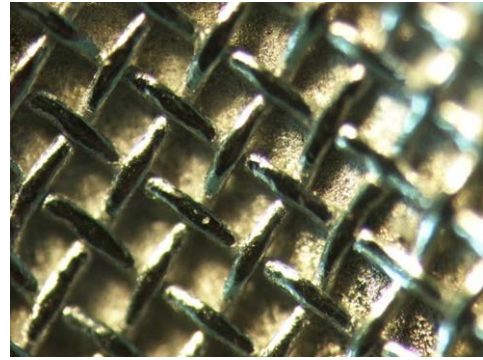


Рисунок 2. Конструкция сетчатого основания при увеличении  $\times 40$ .

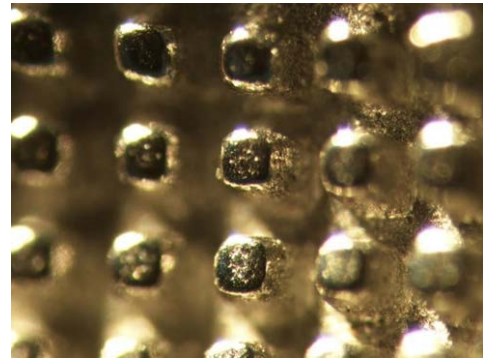


Рисунок 2. Конструкция основания со столбиками при увеличении  $\times 40$ .

сушили струей воздуха пока эмаль не становилась белой как мел.

После нанесения на эмаль<sup>5,13</sup> тонкого слоя праймера-адгезива Transbond XT (3M/Unitek, Монровия, США), на основание брекета наносили светоотверждаемый адгезив Transbond XT (3M/Unitek, Монровия, США) и размещали в мезиально-дистальном и окклюзионно-десневом направлении в центре щечной поверхности на длинной оси коронки одним ортодонтom до достижения плотного контакта.<sup>8,14</sup>

Адгезив отверждали светом с использованием фотополимеризатора в течение 10 с на мезиальной стороне и в течение 10 секунд на дистальной стороне брекета.<sup>13</sup>

### Снятие брекетов

Для максимальной прочности сцепления образцы хранили в дистиллированной воде и удаляли брекеты через 7 дней после фиксации.<sup>17</sup> Брекеты удалял один ортодонт с помощью щипцов Вейнгарта, сжимая мезиальное и дистальное крылья.<sup>8</sup>

Затем под стереомикроскопом при увеличении  $\times 10$  оценивали показатели индекса остаточного количества адгезива ARI. Показатели ARI для каждого образца оценивали следующим образом:<sup>18</sup>

- 1: весь адгезив остается на зубе
- 2: более 90% адгезива остается на зубе

- 3: 10–90% адгезива остается на зубе
- 4: менее 10% адгезива остается на зубе
- 5: нет остатков адгезива на зубе

На следующем этапе оставшийся адгезив удаляли с помощью 12-лопастного твердосплавного бора и низкоскоростного наконечника при 20000 об/мин без охлаждения водой. Затем образцы очищали путем промывания в воде.<sup>14</sup> Два ортодонта наблюдали и подсчитывали количество и длину трещин под стереомикроскопом при увеличении  $\times 40$ , который был подключен к цифровой камере, способной к линейным измерениям. ИСС рассчитывали на уровне 90% между наблюдателями, что указывает на хорошее соответствие (рисунок 4).<sup>19,20</sup>

Авторами исследования была оценена вероятность того, что выбранные брекеты с различной конструкцией основания могут иметь разную прочность сцепления при сдвиге. Сорок зубов, похожие на исходные образцы, собрали и случайным образом разделили на две группы ( $N=20$ ) и подвергли фиксации тем же способом. В одной группе на зубы фиксировали брекеты с сетчатым основанием, а в другой группе на зубы фиксировали брекеты с основанием со столбиками. Прочность сцепления при сдвиге рассчитывали с помощью универсальной испытательной машины (Hunsfield Test Equipment, Модель H5K-S, Англия) на скорости траверсы 1 мм/мин для отсоединения брекетов (рисунок 5).<sup>21,22</sup>



Рисунок 4. Определение длины трещины с помощью оптического стереомикроскопа и цифровой камеры.

#### Статистический анализ

Для оценки нормального распределения данных применяли критерий Колмогорова-Смирнова. Для оценки различий в показателях

шкалы ARI между двумя группами применяли критерий хи-квадрат. Количество трещин в каждой группе до и после снятия брекетов сравнивали с помощью критерия Уилкоксона. U-критерий Манна-Уитни применяли для сравнения количества трещин между двумя группами. Анализ ANCOVA использовали для сравнения длины трещины после и до снятия брекетов в каждой группе и между двумя группами. Коррекцию средней длины трещины перед фиксацией проводили независимым критерием Стьюдента. Независимый критерий Стьюдента использовали для сравнения прочности фиксации при сдвиге. Статистическая значимость была установлена на уровне  $P < 0,05$ .

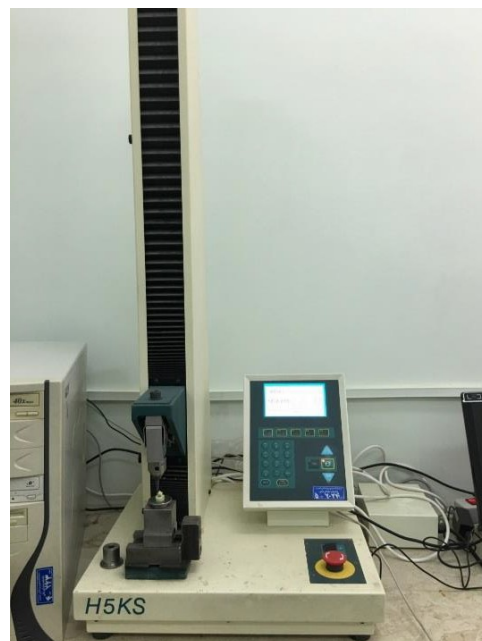


Рисунок 5. Универсальная испытательная машина.

#### Результаты

В таблице 1 представлено распределение показателей индекса остаточного количества адгезива (ARI) для группы конструкции основания со столбиками и группы конструкции с сетчатым основанием. С помощью критерия хи-квадрат выявили достоверные различия в показателях ARI между двумя группами ( $P = 0,014$ ). Наиболее преобладающие показатели ARI для основания со столбиками и сетчатого основания составили 4 и 2, соответственно. Для конструкции с сетчатым основанием среднее количество трещин, включая среднее  $\pm$  среднее квадратичное отклонение (SD), до фиксации составило  $2,59 \pm 1,51$  и после снятия брекетов составило  $3,68 \pm 1,47$ . Для основания со столбиками среднее количество

трещин  $\pm$ SD до фиксации составило  $2,63 \pm 1,43$  и после снятия брекетов составило  $4,43 \pm 1,77$ . Согласно непараметрическому критерию Уилкоксона, увеличение количества трещин в каждой группе было достоверным после снятия брекетов ( $P < 0,001$ ). Согласно непараметрическому U-критерию Манна-Уитни не выявлено достоверных различий между двумя группами до фиксации ( $P = 0,95$ ) и после снятия брекетов ( $P = 0,07$ ), как представлено в таблице 2.

Согласно независимому критерию Стьюдента не выявлено достоверных различий в длине трещин эмали между двумя группами до фиксации ( $P=0,09$ ). С помощью анализа ANCOVA выявлено, что с учетом корректировки длины трещин эмали до фиксации в двух группах, среднее значение длины трещин достоверно увеличилось в каждой группе и было достоверно выше в группе основания со столбиками по сравнению с группой сетчатого основания после снятия брекетов, как показано в таблице 3 ( $P < 0,001$ ).

Средние значения прочности фиксации при сдвиге для брекетов с основанием со столбиками и брекетов с сетчатым основанием представлены в таблице 4. Согласно независимому критерию Стьюдента прочность сцепления при сдвиге достоверно выше в группе брекетов с основанием со столбиками ( $P < 0,001$ ).

### Обсуждение

Новый вид конструкции основания брекетов, предлагаемый компанией ODP (США), называется основанием со столбиками. Такое основание имеет миниатюрные столбики для адгезивной фиксации, действующие как якоря, глубоко проникающие в адгезив. Компания заявляет, что такое основание обеспечивает равную или большую адгезию, чем брекеты с сетчатым основанием. Столбики расположены под острым углом по отношению к торку и обеспечивают поднутрения для адгезивной фиксации, в то время как в сетчатых основаниях используется обычная технология сетки из 80 ячеек для адгезивной фиксации.

В исследованиях, проведенных Gibas и соавт.,<sup>11</sup> Wang и соавт.<sup>3</sup> и Bishara и соавт.<sup>9</sup>, был сделан вывод, что конструкция основания влияет на прочность сцепления при сдвиге. Чтобы подтвердить разницу прочности сцепления при сдвиге между группами, которая могла бы оправдать различия в нагрузке на эмаль во время снятия брекетов, исследовательская группа использовала другие образцы, аналогичные исходным образцам, для

оценки прочности сцепления при сдвиге в универсальной испытательной машине. Результаты показали, что прочность сцепления при сдвиге для брекетов с основанием со столбиками была достоверно выше ( $P < 0,001$ ), что подтверждает результаты исследования, проведенного Gibas и соавт.<sup>11</sup>

Согласно результатам этого исследования, две различные конструкции основания показали достоверные различия в распределении показателей ARI. Распределение показателей ARI между двумя группами показало, что в конструкции основания со столбиками нарушение сцепления происходило на границе эмаль – адгезив в половине образцов, тогда как только 20% брекетов с сетчатым основанием показали такой нежелательный тип нарушения сцепления, и в целом на зубе оставалось меньше адгезива после снятия брекетов. Принимая во внимание один и тот же фиксирующий материал, процедуру фиксации, процедуру снятия брекетов и рандомизацию, представляется разумным предположить, что область фиксации эмали с адгезивом была одинаковой в обеих группах. Большее нарушение сцепления между адгезивом и эмалью в группе основания со столбиками является проявлением более сильной фиксации конструкции основания со столбиками к адгезиву, что приводит к большей передаче напряжения на эмаль во время снятия брекетов. Bishara и соавт.<sup>9</sup> сообщили, что при испытании брекетов с сетчатым основанием, в том числе с одним сетчатым основанием и двойным сетчатым основанием, большая часть адгезива оставалась на поверхности зуба, что подтверждает результаты настоящего исследования. Gibas и соавт. сравнили показатели ARI между брекетами с основанием со столбиками, подвергнутых пескоструйной обработке, и брекетами с сетчатым основанием, подвергнутых пескоструйной обработке, и пришли к выводу, что брекеты с конструкцией основания со столбиками оставляют меньше адгезива на поверхности зуба по сравнению с брекетами с сетчатым основанием и обеспечивают более надежное крепление.<sup>11</sup> Результаты настоящего исследования подтверждают вышеприведенные выводы.

Количество и длина трещин эмали в каждой группе достоверно увеличились после снятия брекетов, что согласуется с другими исследованиями в этом отношении. Это может быть связано с напряжением, передающимся на эмаль при снятии брекетов, или



Таблица 1. Распределение показателей ARI в двух типах брекетов

	ARI индекс				
	1	2	3	4	5
Брекеты с сетчатым основанием	1 (2,3%)	0	23 (52,3%)	11 (25%)	9 (20,5)
Брекеты с основанием со столбиками	0	0	10 (22,7%)	14 (31,8%)	20 (45,5%)

Таблица 2. Сравнение количества трещин между двумя типами брекетов до фиксации и после снятия

		Количество	Среднее	Среднеквадратическое отклонение	Значение P
До	Столбики	44	2.63	1.43	0.95
	Сетка	44	2.59	1.51	
После	Столбики	44	4.43	1.77	0.07
	Сетка	44	3.68	1.47	

необходимостью использования инструментов для удаления адгезива.<sup>16,23-25</sup>

Причина, по которой использовали стереомикроскоп для определения длины и количества трещин и почему не использовали такие методы, как X-EDS (рентгеновская энергодисперсионная спектроскопия), заключалась в том, что в большинстве исследований с использованием X-EDS для выявления поверхностных повреждений и трещин применяют деструктивные методы и срезы зубов.<sup>26,27</sup> Кроме того, в этом исследовании целью было сравнение трещин эмали до фиксации и после снятия брекетов, поэтому авторам требовались неповрежденные образцы для фиксации и удаления. В аналогичных исследованиях использовали тот же метод оптической микроскопии для оценки трещин.<sup>16,20</sup> Авторам известны ограничения этого метода для оценки точных размеров трещин эмали, но вследствие сравнительного характера этого исследования, ошибка кажется одинаковой в каждой группе, и само сравнение имеет значение. Из-за более высокой прочности сцепления при сдвиге для брекетов с основанием со столбиками и более

деструктивного нарушения сцепления в этой группе, ожидалось большее увеличение количества трещин эмали после снятия брекетов.<sup>28,29</sup> Вопреки нашему прогнозу результаты показали, что количество трещин эмали увеличилось в большей степени в группе брекетов с основанием со столбиками, но это увеличение не было статистически достоверным. Это может быть связано с первичными трещинами, которые уже присутствовали перед фиксацией и которые могут служить областями накопления напряжения и влиять на развитие новых трещин, как искажающий результаты фактор в обеих группах. Другой причиной этого открытия может быть необходимость применения вращающихся инструментов для удаления остатков адгезива в группе с сетчатым основанием. Такая обработка, в свою очередь, повреждает эмаль и компенсирует более низкое напряжение во время снятия брекетов, а также приводит к увеличению количества трещин.<sup>30</sup> Существуют некоторые различия между методом, использованным в настоящем исследовании,

Таблица 3. Средняя разница в длине трещин после снятия брекетов в каждой группе

	Количество	Среднее	Среднеквадратическое отклонение	Значение P
Средняя длина трещин после снятия брекетов с сетчатым основанием	44	2544.53 мкм	865.09 мкм	<0.001
Средняя длина трещин после снятия брекетов с основанием со столбиками	44	2693.63 мкм	694.68 мкм	

Таблица 4. Сравнение прочности сцепления при сдвиге между двумя группами

	Количество	Среднее	Среднеквадратическое отклонение	Значение T	Степень свободы	Различие сред. значений между группами	Значение P
Основание со столбиками	20	13.4 МПа	1.29	14.31	38	5.89 МПа	<0.001
Сетчатое основание	20	7.51 МПа	1.31				

и исследованием, проведенным Gibas и соавт. Они сравнивали прочность сцепления при сдвиге брекетов с основанием со столбиками и брекетов с сетчатым основанием, и пришли к выводу, что более высокая прочность сцепления брекетов с основанием со столбиками привела к большему повреждению эмали, чем у брекетов с сетчатым основанием.

Мы обнаружили достоверное увеличение длины трещины эмали в группе основания со столбиками после снятия брекетов по сравнению с группой брекетов с сетчатым основанием. Это увеличение может быть связано с типом нарушения сцепления, а также с более высокой прочностью сцепления при сдвиге. Gibas и соавт. также сообщили о более высокой прочности сцепления у брекетов с основанием со столбиками, чем у брекетов с сетчатым основанием. Эти факторы могут повлиять на восприятие поверхностных напряжений эмали и повреждение, что отчасти подтверждает более длинные трещины эмали в группе брекетов с основанием со столбиками после снятия брекетов.<sup>28,29</sup>

Большее напряжение после снятия брекетов с основанием со столбиками проявлялось в увеличении длины трещины по сравнению с количеством трещин. Это может быть связано с наличием исходных трещин эмали перед фиксацией, которые действуют как места накопления напряжений, которые могут повлиять на повреждение, вызванное стрессом.

Учитывая введение различных конструкций основания брекетов на ортодонтический рынок, необходимы дальнейшие исследования для того, чтобы помочь ортодонтам уравновесить требования к прочности сцепления и ятрогенным побочным эффектам при снятии брекетов.

## Заключение

1. Конструкция основания брекета может влиять на тип нарушения сцепления. На поверхности эмали после снятия брекетов с сетчатым основанием оставалось большее количество адгезива по сравнению с брекетами с основанием со столбиками, в которых часто происходило нарушение сцепления на границе эмаль – адгезив, что указывает на конструкцию основания с более надежным креплением.

2. Количество новых трещин, образовавшихся после снятия брекетов, достоверно не различалось между двумя группами, однако конструкция основания влияла на увеличение длины трещин эмали после снятия брекетов, которое было выше, у брекетов с основанием

со столбиками, по сравнению с брекетами с сетчатым основанием.

3. Конструкция основания со столбиками приводила к большим повреждениям по сравнению с обычной конструкцией с сетчатым основанием, что приводило к более ятрогенным осложнениям при снятии брекетов.

## Благодарности

Авторы выражают признательность Центру стоматологических и пародонтальных исследований Тебризского университета медицинских наук за финансовую и техническую поддержку данного исследования.

## Вклад авторов

МНАА и РН разработали исследование; ANSH испаравил рукопись. РН, МНАА, ANSH и САА выполнили сбор и интерпретацию данных и составление рукописи. Все авторы прочитали и одобрили окончательный вариант рукописи.

## Финансирование

Данное исследование было выполнено при финансовой поддержке Центра стоматологических и пародонтальных исследований Тебризского университета медицинских наук.

## Конфликт интересов

Авторы не имеют конфликта интересов в отношении авторства и/или публикации этой статьи.

## Утверждение этики

Данное исследование одобрено Комитетом по этике исследований Тебризского университета медицинских наук в 2016 году.

## Список литературы

1. Graber LW, Vanarsdall RL, Vig KWL, Huang GJ. Orthodontics : current principles and techniques. 2017:812- 813.
2. Proffit WR, Fields HW, Sarver DM. Contemporary orthodontics. St. Louis, Mo.: Elsevier/Mosby. 2013:269-278.
3. Wang WN, Li CH, Chou TH, Wang DD, Lin LH, Lin CT. Bond strength of various bracket base designs. *American journal of orthodontics and dentofacial orthopedics : official publication of the American Association of Orthodontists, its constituent societies, and the American Board of Orthodontics.* 2004;125(1):65-70. doi:[10.1016/s0889540603007364](https://doi.org/10.1016/s0889540603007364)
4. Chen HY, Su MZ, Chang HF, Chen YJ, Lan WH, Lin CP. Effects of different debonding techniques on the debonding forces and failure modes of ceramic brackets in simulated clinical set-ups. *American journal of*

- orthodontics and dentofacial orthopedics : official publication of the American Association of Orthodontists, its constituent societies, and the American Board of Orthodontics.* 2007;132(5):680-6. doi:[10.1016/j.ajodo.2006.01.035](https://doi.org/10.1016/j.ajodo.2006.01.035)
5. Rocha JMd, Gravina MA, Campos MJds, Quintão CCA, Elias CN, Vitral RWF. Shear bond resistance and enamel surface comparison after the bonding and debonding of ceramic and metallic brackets. *Dental Press J orthod.* 2014;19(1):77-85.
  6. Holberg C, Winterhalder P, Holberg N, Wichelhaus A, Rudzki-Janson I. Orthodontic bracket debonding: risk of enamel fracture. *Clinical oral investigations.* 2014;18(1):327-34. doi:[10.1007/s00784-013-0969-4](https://doi.org/10.1007/s00784-013-0969-4)
  7. Diedrich P. Enamel alterations from bracket bonding and debonding: A study with the scanning electron microscope. *American Journal of Orthodontics.* 79(5):500-22. doi:[10.1016/S0002-9416\(81\)90462-0](https://doi.org/10.1016/S0002-9416(81)90462-0)
  8. Dumbryte I, Linkeviciene L, Malinauskas M, Linkevicius T, Peciuliene V, Tikuisis K. Evaluation of enamel micro-cracks characteristics after removal of metal brackets in adult patients. *European journal of orthodontics.* 2013;35(3):317- 22. doi:[10.1093/ejo/cjr137](https://doi.org/10.1093/ejo/cjr137)
  9. Bishara SE, Soliman MM, Oonsombat C, Laffoon JF, Ajlouni R. The effect of variation in mesh-base design on the shear bond strength of orthodontic brackets. *The Angle orthodontist.* 2004;74(3):400-4. doi:[10.1043/0003-3219\(2004\)074<0400:teovim>2.0.co;2](https://doi.org/10.1043/0003-3219(2004)074<0400:teovim>2.0.co;2)
  10. Knox J, Kralj B, Hubsch P, Middleton J, Jones ML. An evaluation of the quality of orthodontic attachment offered by single- and double-mesh bracket bases using the finite element method of stress analysis. *The Angle orthodontist.* 2001;71(2):149-55. doi:[10.1043/0003-3219\(2001\)071<0149:aeoqo>2.0.co;2](https://doi.org/10.1043/0003-3219(2001)071<0149:aeoqo>2.0.co;2)
  11. Gibas-Stanek M, Williams S, Ryniewicz WI, Loster BW. Variations in orthodontic bracket retention related to base design. Comparison of foil mesh and anchor pylons brackets. *Journal of Stomatology.* 2016;69(6):680-94.
  12. Sharma-Sayal SK, Rossouw PE, Kulkarni GV, Tittley KC. The influence of orthodontic bracket base design on shear bond strength. *American journal of orthodontics and dentofacial orthopedics : official publication of the American Association of Orthodontists, its constituent societies, and the American Board of Orthodontics.* 2003;124(1):74-82. doi:[10.1016/s0889540603003111](https://doi.org/10.1016/s0889540603003111)
  13. Pignatta LMB, Duarte Júnior S, Santos ECA. Evaluation of enamel surface after bracket debonding and polishing. *Dental Press Journal of Orthodontics.* 2012;17:77-84.
  14. Alessandri Bonetti G, Zanarini M, Incerti Parenti S, Lattuca M, Marchionni S, Gatto MR. Evaluation of enamel surfaces after bracket debonding: an in-vivo study with scanning electron microscopy. *American journal of orthodontics and dentofacial orthopedics : official publication of the American Association of Orthodontists, its constituent societies, and the American Board of Orthodontics.* 2011;140(5):696-702. doi:[10.1016/j.ajodo.2011.02.027](https://doi.org/10.1016/j.ajodo.2011.02.027)
  15. Atashi MHA, Kachoei M. Does mechanical locking-base ceramic brackets reduce cracks at debonding? *Journal of Clinical and Experimental Dentistry.* 2012;4(5):266-70.
  16. Baherimoghdam T, Akbarian S, Rasouli R, Naseri N. Evaluation of enamel damages following orthodontic bracket debonding in fluorosed teeth bonded with adhesion promoter. *European Journal of Dentistry.* 2016;10(2):193-8. doi:[10.4103/1305-7456.178296](https://doi.org/10.4103/1305-7456.178296)
  17. Eliades T, Gioka C, Eliades G, Makou M. Enamel surface roughness following debonding using two resin grinding methods. *European journal of orthodontics.* 2004;26(3):333- 8.
  18. Ostby AW, Bishara SE, Laffoon JF, Warren JJ. In Vitro Comparison of the Debonding Characteristics of 2 Pliers Used for Ceramic Brackets. *Seminars in Orthodontics.* 16(1):76-82. doi:[10.1053/j.sodo.2009.12.007](https://doi.org/10.1053/j.sodo.2009.12.007)
  19. Kitahara-Ceia FM, Mucha JN, Marques dos Santos PA. Assessment of enamel damage after removal of ceramic brackets. *American journal of orthodontics and dentofacial orthopedics : official publication of the American Association of Orthodontists, its constituent societies, and the American Board of Orthodontics.* 2008;134(4):548-55. doi:[10.1016/j.ajodo.2006.08.022](https://doi.org/10.1016/j.ajodo.2006.08.022)
  20. Salehi P, Pakshir H, Naseri N, Baherimoghdam T. The Effects of Composite Resin Types and Debonding Pliers on the Amount of Adhesive Remnants and Enamel Damages: A Stereomicroscopic Evaluation. *Journal of Dental Research, Dental Clinics, Dental Prospects.* 7(4):199-205. doi:[10.5681/joddd.2013.032](https://doi.org/10.5681/joddd.2013.032)
  21. Özcan M, Finnema K, Ybema A. Evaluation of failure characteristics and bond strength after ceramic and polycarbonate bracket debonding: effect of bracket base silanization. *European journal of orthodontics.* 2008;30(2):176-82. doi:[10.1093/ejo/cjm100](https://doi.org/10.1093/ejo/cjm100)
  22. Yassaei S, Fekrazad R, Shahraki N, Goldani Moghadam M. A Comparison of Shear Bond Strengths of Metal and Ceramic Brackets using Conventional Acid Etching Technique and Er:YAG Laser Etching. *Journal of Dental Research, Dental Clinics, Dental Prospects.* 8(1):27-34. doi:[10.5681/joddd.2014.005](https://doi.org/10.5681/joddd.2014.005)
  23. Heravi F, Rashed R, Raziee L. The effects of bracket removal on enamel. *Australian orthodontic journal.* 2008;24(2):110- 5.
  24. Knosel M, Mattysek S, Jung K, Sadat-Khonsari R, Kubein- Meesenburg D, Bauss O, et al. Impulse debracketing compared to conventional debonding. *The Angle orthodontist.* 2010;80(6):1036-44. doi:[10.2319/033110-48.1](https://doi.org/10.2319/033110-48.1)
  25. Ulusoy C. Comparison of finishing and polishing systems for residual resin removal after debonding. *Journal of applied oral science : revista FOB.* 2009;17(3):209-15.
  26. Soares LES, De Carvalho Filho ACB. Protective effect of fluoride varnish and fluoride gel on enamel erosion: roughness, SEM-EDS, and  $\mu$ -EDXRF studies. *Microscopy Research and Technique.* 2015;78(3):240-8. doi:[10.1002/jemt.22467](https://doi.org/10.1002/jemt.22467)
  27. Rodríguez-Vilchis LE, Contreras-Bulnes R, Olea-Mejía OF, Sánchez-Flores I, Centeno-Pedraza C. Morphological and Structural Changes on Human Dental Enamel After Er:YAG Laser Irradiation: AFM, SEM, and EDS Evaluation. *Photomedicine and Laser Surgery.* 2011;29(7):493-500. doi:[10.1089/pho.2010.2925](https://doi.org/10.1089/pho.2010.2925)
  28. Stumpf AdSG, Bergmann C, Prietsch JR, Vicenzi J. Shear bond strength of metallic and ceramic brackets using color change adhesives. *Dental Press Journal of Orthodontics.* 2013;18:76-80.
  29. Boruziniat A, Khazaei Y, Motaghi S, Moghaddas M. Evaluation of bond strength of orthodontic brackets without enamel etching. *Journal of Clinical and Experimental Dentistry.* 2015;7(4):e519-e23. doi:[10.4317/jced.52253](https://doi.org/10.4317/jced.52253)
  30. Chang WG, Lim BS, Yoon TH, Lee YK, Kim CW. Effects of salicylic-lactic acid conditioner on the shear bond strength of brackets and enamel surfaces. *Journal of oral rehabilitation.* 2005;32(4):287-95. doi:[10.1111/j.1365-2842.2004.01416.x](https://doi.org/10.1111/j.1365-2842.2004.01416.x)