

ПРОЧНОСТЬ СВЯЗИ ПОСЛЕ МНОГОЧИСЛЕННЫХ НАКЛЕИВАНИЙ БРЕКЕТОВ С ИЛИ БЕЗ ПОВТОРНОГО ПРОТРАВЛИВАНИЯ

Статья печатается по разрешению журнала «European Journal of Orthodontics»
European Journal of Orthodontics 33 (2011) 521–527

Введение

Одной из наиболее распространенных проблем в клинической ортодонтии является случайный дебондинг брекетов. Уровень потери составляет 6 и 7,2% преимущественно на премолярах и молярах. Причинами подобного явления могут служить плохие ретенционные качества, особенности морфологии эмали и контакты зубов-антагонистов.

Прочность связи (SBS) считается клинически достаточной, если достигается значение около 8 МПа. Значения выше 13 МПа могут увеличить риск повреждения эмали, так как превышены силы сцепления. Отчеты о SBS и ребонд прочности (RBS) после нескольких процедур дебондинга и наклейки противоречивы. Bishara и соавт. не обнаружили значимых различий между SBS и RBS, в то время как Fischer-Brandies и Monsees (1993) сообщили об увеличении SBS на второй последовательности нарушение сцепления. Они объясняют это увеличением до более выраженного протравливания после повторного травления кислотой. Они предположили, что одной из причин значительного снижения RBS на третьем дебондинге может быть результат более «рассеянной» структуры эмали с повышенным риском ее повреждения.

Практическая процедура переклейки ортодонтических брекетов включает в себя удаление остатков адгезива, повторное использование фосфорной кислоты, применение адгезива и, наконец, размещение брекета с композитом на зубе. Очистка остаточного композита с помощью вращающихся инструментов сопровождается потерей эмали 11,3–19,2 мм, повторяющееся травление приводит к дополнительной потере 10–50 мм и может привести к структурным изменениям эмали до 200 мм в глубину. SBS ортодонтических брекетов на поверхности зубов зависит от SBS адгезива на брежете и на эмали. Так, в большинстве случаев, основная часть адгезива остается на эмали после потери брекетов и это подтверждает достаточное соединение, и весьма со-

мнительно, если разрыв происходит до этого соединения, тогда травление носит практический характер. Перелом на границе поверхность эмали-композит кажется более предпочтительным, поскольку он позволяет быстро и легко удалять избыток адгезива. Тем не менее, перелом на границе композит-брекет кажется безопасным в отношении наименьшего повреждения поверхности эмали.

Целью данного *in vitro* исследования было изучить влияние различных техник наклейки брекетов на прочность связи, частоту повреждения эмали и определить необходимо ли полное удаление остатков композита и повторное травление по отношению к достаточной RBS с одной стороны и защита эмали, с другой.

Материалы и методы

120 премоляров были удалены по ортодонтическим показаниям и помещены в раствор 0,1% тимола для консервации. Критерии отбора следующие: звук, не поврежденная кариесом щечная поверхность и отсутствие повреждений в результате удаления, отсутствие блеска на поверхности. Остатки периодонтальной связки были удалены с помощью скальпеля, и поверхность эмаль очищена и отполирована с использованием воды и пасты без фтора на резиновой чашке на медленной скорости в течение 5 сек. Для первичного бондинга использовали единый протокол наклейки брекетов во всех трех группах: поверхность эмали протравливалась 37% фосфорной кислотой (Dentaurum, Ispringen, Германия) в течение 30 сек., а затем тщательно промывалась водно-воздушным спреем в течение 30 сек. Также применялось покрытие герметиком (3M Unitek Transbond MIP, Монровия, Калифорния, США) струей воздуха перпендикулярно губной поверхности зуба в течение 5 сек. Металлические ортодонтические брекететы на премоляры (Ultratrimm, Dentaurum) были наклеены на метакрилатный композит (3M Unitek Transbond XT) при постоянном давлении N3 (откалибровано моно-

метром). Избыток материала удалили скалером. Композит засвечивали в течение 40 сек. (10 сек. с каждой стороны брекета) обычной галогеновой лампой (3M Unitek Ortholux XT). Расстояние между выходным окном и композитом на поверхности — 5 мм, чтобы получить адекватную полимеризацию. Образцы хранились в дистиллированной воде в течение 1 недели до термоциклирования на 5000 циклов между двумя водными ваннами 5–55 °C, соответственно.

Для дебондинга корни зубов погружали в силикон, который находился в пластмассовом цилиндре, что имитировало периодонтальную связку. Зубы были закреплены таким образом, что базисы брекетов располагались параллельно прилагаемой силе. Образцы были установлены в зажимное приспособление (Tira Test 2720, силовой сенсор 1 kN, Schalkau, Germany) и согласованы с параллельным стальным стержнем с дистального и мезиобуккального крыла брекетов. Траверс был перенесен вниз со скоростью 1 мм/мин и брекететы нагружались до разрушения. Силы, необходимые для сдвига брекета записывались в ньютонах и переводились в МПа с учетом поверхности базы размером 10,23 мм².

После первой процедуры бондинга зубы были разделены на три группы по 40 штук. Для расчета остатков адгезива (ARI; Årtun and Bergland, 1984) использовали цифровой фотоаппарат с увеличением $\times 20$ (Zeiss, Jena, Germany) для определения зон, покрытых материалом. Процедура повторялась для каждого зуба после дебондинга.

Группа 1: после подсчета ARI, остатки композита удалялись карбидным бором на низкой скорости до момента, когда эмаль приобретала натуральный блеск. Поверхность протравливали в течение 30 сек., промывали, сушили как описано выше. Новый брекет на премоляр наклеивали согласно первоначальному плану.

Группа 2: все остатки композита удалялись после подсчета ARI с использова-

нием карбидного бора на низкой скорости до появления натурального блеска эмали. Травление эмали не проводили, приклеивали новый брекет.

Группа 3: после подсчета ARI остатки материала не полностью удалялись, но поверхность выравнивалась бором, оставляя площадь под покрытие материалом для бондинга. Только толщина композитного слоя была уменьшена для того, чтобы свести к минимуму погрешность позиционирования.

Для оценки повреждения эмали после третьей серии дебондинга все образцы были разделены по вертикали и исследованы с помощью сканирующего электронного микроскопа (XL 30 ESEM, Philips, Эйндховен, Нидерланды). Этот метод позволил провести экспертизу в водной среде без напыления покрытий. Были обнаружены повреждения в 50 мкм.

Статистика описания, включая значения, стандартные отклонения, максимальные и минимальные значения рассчитывались для каждой группы. Вариативный анализ использовали для определения, значительны ли различия SBS в разных группах или нарушение сцепления последовательны. Выполнялась также корректировка по Bonferroni. Данные были проанализированы с по-

мощью ниже клинически соответствующего уровня 8 МПа. Среднее значение RBS в группе 3 не показало существенной разницы в значениях после первого дебондинга. После третьего дебондинга RBS в группе 1 не найдено существенно различий по сравнению с первоначальным. RBS в группе 2 снизился до 3,60 МПа, в то время как в группе 3 произошло значительное снижение по сравнению с первыми двумя дебондингами, но это все еще было значение 9,74 МПа (табл. 1).

Подводя итоги, в группе 1 не было никаких существенных различий в SBS между первым и третьим дебондингом, в то время как значения, полученные для второго дебондинга были значительно выше. В группе 2 SBS постоянно снижался после дебондинга и средние значения не достигают клинически достаточного уровня SBS 8 МПа для второго и третьего дебондинга. В группе 3 не было никаких существенных различий в среднем значении SBS между первым и вторым дебондингом. Только после третьего дебондинга значительно снизилось значение SBS, но это значение превышает 8 МПа (рис. 1).

Индекс остаточного адгезива (ARI)

Значения ARI оценивали после первой

серии дебондинга, которая не показала существенных различий между группами. Все или, по крайней мере, более чем половина, образцов остались покрыты композитом (ARI 2 и 3). В 1-й группу, аналогичные тенденции ARI были обнаружены после второй и третьей серии дебондинга с небольшим сдвигом ARI к 3 баллам после второго дебондинга. Образцы в группе 2 имели больше половины площади, покрытой композитом после второй и третьей серии дебондинга (ARI оценки 0 и 1). Вероятно, это связано с сокращением микромеханических связей, если не повторять протравливания. Образцы в группе 3 показали более низкий коэффициент ARI и меньше остатков композита после каждого дебондинга, что характеризуется переходом значения ARI 2 и 3 после первого дебондинга к значениям 1 и 2 после второго и 0 и 1 после третьего дебондинга (рис. 2).

Структура поверхности брекет-композит-эмаль и повреждения эмали

В данном исследовании подтвердили выраженные повреждения после многократного применения кислоты. Несколько микроскопических островков остатков композита не оказывают существенного влияния на ретенцию

Таблица 1.

Данные SBS в мегапаскалях после трех последовательностей дебондинга

Последовательность	Группа 1					Группа 2					Группа 3				
	Значение	CO	med	max	min	Значение	CO	med	max	min	Значение	CO	med	max	min
1	11,69	2,65	11,94	16,77	5,35	12,57	2,54	12,69	18,27	4,45	11,93	2,14	12,30	16,19	8,45
2	14,30	2,69	14,64	19,12	7,90	4,95	1,22	4,89	7,17	2,42	12,06	1,65	12,34	14,21	7,80
3	12,19	2,26	11,92	18,29	6,06	3,60	1,13	3,50	6,69	1,15	9,74	1,80	9,74	13,21	6,29

CO — среднее отклонение
Med — среднее значение

Max — максимальное значение
Min — минимальное значение

мощью статистического пакета для социальных наук 16.0 (SPSS Inc, Чикаго, штат Иллинойс, США).

Результаты

Прочность связи (SBS)

Сравнение значений SBS после первого дебондинга не показало существенных различий между группами. Значение RBS для второго дебондинга в группе 1 значительно увеличилось ($P < 0,05$), в то время как в группе 2 сни-

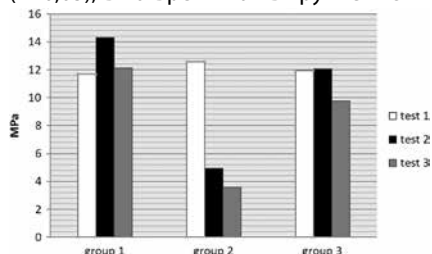


Рис. 1. Данные SBS в мегапаскалях после трех последовательностей дебондинга

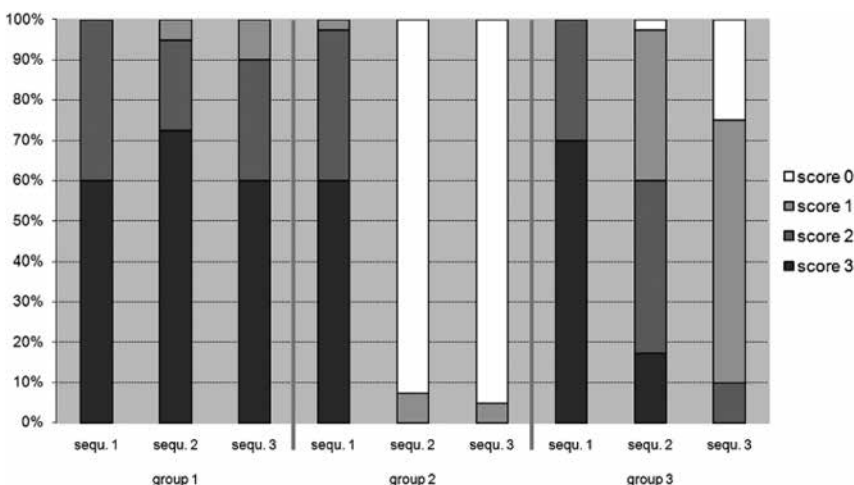


Рис. 2. Индекс ARI в группах с и без травления после нескольких процедур дебондинга: оценка 0. Адгезив остается на поверхности зуба, подразумевает, что разрыв связи произошел на уровне адгезив-эмаль; 1. Менее половины адгезива остается на зубе, подразумеваем, что разрыв связи произошел на уровне адгезив-эмаль; 2. Более половины адгезива остается на зубе, это означает, что разрыв связи произошел на уровне брекет-адгезив; 3. Весь адгезив остался на зубе-разрыв связи на уровне брекет-адгезив

(рис. 3). Повреждение эмали происходит преимущественно на границе остатков закрытых и свободных областей, следуя направлению призм. В группе 1 с тройным травлением произошло 7 повреждений со средним значением глубины 79 мкм. В группах 2 и 3 без повторного травления, были измерены с одним и двумя повреждениями глубиной 89 и 95 мкм, соответственно (рис. 4).

В группе 2 соединение эмали и адгезива не было растушевано, а в группе 3 слой адгезива был истончен для более

корректного позиционирования брекетов. Обработка с помощью бора создает поверхность с достаточно хорошими ретенционными качествами и адекватным SBS во время второй и третьей серии дебондинга (рис. 5 и 6).

Обсуждение

Значения SBS и ARI в группе 1 с повторным травлением не показали существенных различий между последовательными 1-й и 3-й сериями нарушения связи. Значения 2-й серии дебондинга

были значительно выше и было отмечено увеличение количества образцов со значением ARI 3 балла, что указывает на остатки адгезива на эмали. Эти результаты согласуются с данными Fischer-Brandies и Monsees (1993), которые использовали Concise™ в качестве композита. Эти авторы объяснили более высокое значение SBS на второй последовательности дебондинга в связи с более выраженным травлением образцов в результате увеличения охвата поверхности кислотостойкой структуры эмали после повторного травления. Значительное снижение значения в этом исследовании при последнем дебондинге связано с частичной потерей связи во время протравливания, что было подтверждено в этом исследовании, с высокой вероятностью возникновения повреждения эмали в группе 1. Это также подтверждает агрессивность травления. Mui и соавт. (1999), который исследовал SBS в отношении различных методов восстановления поверхности также нашел значительно более высокие значения для второй последовательности дебондинга после повторного травления в четырех образцах из 52 с переломами. Eminkahyagil соавт. (2006) подтвердили эти результаты, используя Sof Lex диски для завершения обработки поверхности.

Другие исследования не показали значительной разницы RBS как первоначальные SBS при повторном протравливании. Это объяснялось плохими ретенционными качествами из-за морфологии эмали (Regan et al., 1993; Bishara et al., 2002; Heravi and Naseh, 2006; Montasser et al., 2008). Эти результаты подтвердились при исследовании образцов в группе 1.

Значения SBS в группе 2 без повторного травления после полного удаления остатков композита находились ниже клинического значения 8 МПа при второй и третьей последовательности. Это объяснялось плохой микроретенцией. Многие исследования показывают, что кислотное протравливание нельзя заменить никакой другой процедурой (Reisner et al., 1997; Perry, 1980; Matos et al., 2003).

Относительно значений SBS в группе 3, не было значительных различий между первым и вторым дебондингом; это удивляет, так как травление не применяли. Граница эмаль-адгезив сохранилась, но слой адгезива истончен, в результате чего улучшилось позиционирование брекетов и снизилась вероятность погрешности.

Наличие незначительных остатков адгезива после второго дебондинга в группах 1 и 3 можно объяснить значительным снижением SBS при третьем

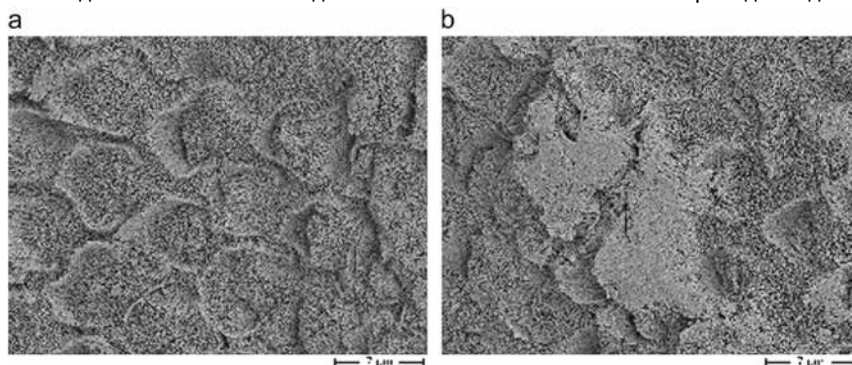


Рис. 3. Повторно протравленная эмаль (x1000) и остатки бонда после протравливания (x3000)

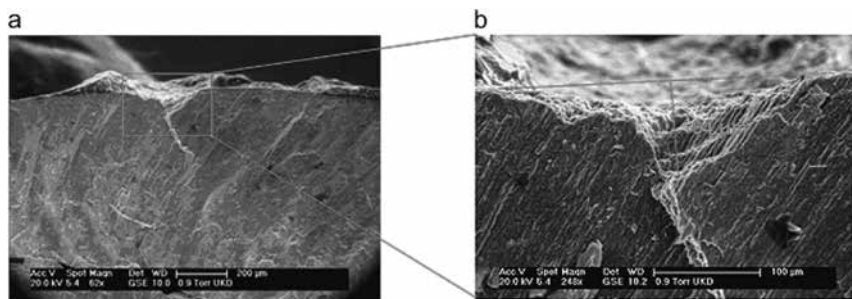


Рис. 4. Повреждение эмали в группе 1, увеличение x62 и x248

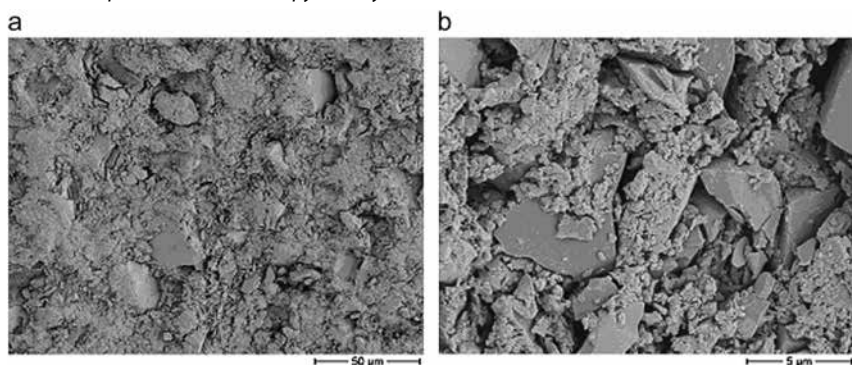


Рис. 5. Остатки адгезива после выравнивания поверхности (x500) в группе 3 и увеличенные остатки (x5000)

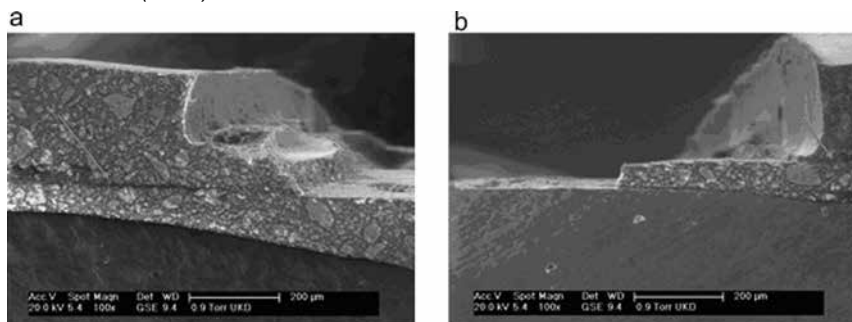


Рис. 6. Поверхность композит-композит в группе 3 после повторного бондирования (оба x100)

дебондинге. Эффект не подтвердился статистической корреляцией между количеством остатков адгезива (ARI) и SBS в следующих сериях дебондинга. Два повреждения эмали в группе 3 в сравнении с 7 в группе 1 являются индикатором сохранения эмали, но не достигают статистически значимого уровня из-за меньшего количества брекетов. Тем не менее существует много исследований, подтверждающих стресс эмали во время повторного протравливания (Fischer-Brandies et al., 1993; Fitzpatrick and Way, 1977; Montasser et al., 2008).

В нескольких исследованиях изучалась прочность связи брекетов, которые переклеивались, где остатки адгезива оставались на поверхности эмали до ребондинга. Результаты были неоднозначные, значения были выше, ниже или незначительные во время второй серии дебондинга. Использо-

вали высоко наполненный химический адгезив. Авторы отметили, что вид композита и способ наклейки влияет на SBS (Perry, 1980; Rosenstein and Binder, 1980; Zennu, 1988).

Для повышения микромеханической взаимосвязи используют оксида алюминия или различные алмазные или карбидные боры (Brosh et al., 1997; Frankenberger et al., 2000; Ozcan et al., 2005, 2007). Проникновение адгезива вглубь происходит на 2,5 мм и потому новый композит можно применять после предварительного использования связующих агентов.

Результаты данного исследования можно принимать во внимание, так как необходимое значение SBS значительно ниже и прикрепление временное.

Заключение

Удаление остатков адгезива на по-

верхности эмали и переклейка брекетов без повторного травления является приемлемым вариантом по отношению к SBS, при условии, что большую часть области, которая задействована под переклеивание брекета, будет покрыта композитным материалом, например, ARI=2 или 3.

Удаление остатков адгезива и повторное травление необходимо, если меньше половины площади пространства под бондинг покрыта композитом, однако, существует повышенный риск повреждения эмали. Удаление остатков клея и переклейка брекетов без повторного травления не обеспечивает адекватного SBS.

Клинический протокол переклейки брекетов без полного удаления остатков адгезива улучшает рабочий процесс за счет сокращения времени. Он обеспечивает достаточную SBS.

Перевод Э. В. Голик

Резюме

Целью исследования было изучить *in vitro* прочность связи (SBS) металлических брекетов после многочисленных наклеек и дебондинга с и без повторного протравливания. 120 удаленных премоляров были разделены на три равные группы. В группе 1 брекеты наклеивались и отрывались по три раза с повторяющейся протравкой эмали, в группе 2 и 3 без повторения протравливания. В группе 2 все остатки композита удалялись перед бондингом, а в группе 3 нет. Вариативный анализ применялся для определения величины различия в SBS и корректировок по *Woferroni* для многократной процедуры тестирования.

Результаты исследования показывают, что в группе 1 значение SBS 11,69 МПа (SD 2,65) при первом дебондинге 14,30 МПа (SD 2,69) при втором и 12,19 МПа (SD 2,26) при третьем. В группе 2 SBS изменялось от 12,57 МПа (SD 2,54) до 8,0 МПа. В группе 3 SBS оставался неизменным с первого (11,93 МПа; SD 2,14) до второго (12,06 МПа; SD 1,65) дебондинга и значительно уменьшалось от 9,74 МПа (SD 1,80) при третьем дебондинге. Меньше композита оставалось на поверхности зубов после каждой серии дебондинга.

После удаления брекетов и композитных остатков SBS остается достаточной для применения ортодонтических сил. Повторное травление может быть связано с повышенным риском повреждения эмали и нарушения сцепления.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Adolffson U, Larsson E, Ogaard B 2002 Bond failure of a no-mix adhesive during orthodontic treatment. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics* 122: 277–281
2. Årtun J, Bergland S 1984 Clinical trials with crystal growth conditioning as an alternative to acid-etch enamel pretreatment. *American Journal of Orthodontics* 85: 333–340
3. Asgari S, Salas A, English J, Powers J 2002 Clinical evaluation of bond failure rates with a new self-etching primer. *Journal of Clinical Orthodontics* 36: 687–689
4. Bishara S E, Laffoon J F, Vonwald L, Warren J J 2002 The effect of repeated bonding on the shear bond strength of different orthodontic adhesives. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics* 121: 521–525
5. Bishara S E, Vonwald L, Laffoon J F, Jakobsen J R 2000a Effect of altering the type of enamel conditioner on the shear bond strength of a resin-reinforced glass ionomer adhesive. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics* 118: 288–294
6. Bishara S E, Vonwald L, Laffoon J F, Jakobsen J R 2000b Effect of changing enamel conditioner concentration on the shear bond strength of a resin-modified glass ionomer adhesive. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics* 118: 311–316
7. Bouschlicher M R, Cobb D S, Vargas M A 1999 Effect of two abrasive systems on resin bonding to laboratory-processed indirect resin composite restorations. *Journal of Esthetic Dentistry* 11: 185–196
8. Bowen R L, Rodriguez M S 1962 Tensile strength and modulus of elasticity of tooth structure and several restorative materials. *Journal of the American Dental Association* 64: 378–387
9. Brosh T, Pilo R, Bichacho N, Blutstein R 1997 Effect of combinations of surface treatments and bonding agents on the bond strength of repaired composites. *Journal of Prosthetic Dentistry* 77: 122–126
10. Brown C R, Way D C 1978 Enamel loss during orthodontic bonding and subsequent loss during removal of filled and unfilled adhesives. *American Journal of Orthodontics* 74: 663–671
11. Dall'oca S, Papacchini F, Radovic I, Polimeni A, Ferrari M 2008 Repair potential of a laboratory-processed nano-hybrid resin composite. *Journal of Oral Science* 50: 403–412
12. Elekdag-Turk S, Isci D, Turk T, Cakmak F 2008 Six-month bracket failure rate evaluation of a self-etching primer. *European Journal of Orthodontics* 30: 211–216
13. Eminkahyagil N, Arman A, Cetinsahin A, Karabulut E 2006 Effect of resin-removal methods on enamel and shear bond strength of rebonded brackets. *Angle Orthodontist* 76: 314–321

Полный список литературы находится в редакции