

ВЛИЯНИЕ РАЗЛИЧНЫХ СИЛАНОВ И КОНЦЕНТРАЦИЙ КИСЛОТЫ НА СИЛУ ФИКСАЦИИ БРЕКЕТОВ К КЕРАМИЧЕСКИМ ПОВЕРХНОСТЯМ

European Journal of Orthodontics 31 (2009) 402-406

doi: 10.1093/ejo/cjp118

Advance Access publication 1 April 2009

Goksu Trakyalı, Ozlem Malkondu, Ender Kazazoglu, Tulin Arun

Departments of Orthodontics, Prosthodontics, Faculty of Dentistry, Yeditepe University, Turkey

Резюме

Целью данного исследования было сравнение оптимума силана-связывающего агента и оптимума концентрации кислотного агента при фиксации к керамической поверхности.

Использовались 80 полевошпатовых керамических дисков без глазури с диаметром 10 мм и толщиной 2 мм, зафиксированных в резиновые боксы и разделенных имперически на 4 группы. В группе 1 и 2 керамическая поверхность протравливалась 9,6% гидрофторовой кислотой (HF), а в группе 3 и 4 использовалась для этих целей 5% HF. В группе 1 и 3 брекетеры на верхние центральные резцы Dynalock фиксировались силаном Pulpdent и адгезивом Unit, а в группе 2 и 4 использовался силан Reliance и Unit. Распределение сил было просчитано по образцам используемых в Instron universal test machine. Непараметрический тест Kruskal-Wallis использовался для сравнения значительной разницы в силе фиксации между четырьмя группами.

Значения силы фиксации и стандарты отклонения колебались в группах 1 по 4 в пределах $5,51 \pm 1,19$, $6,54 \pm 0,002$, $4,55 \pm 1,93$, и $6,39 \pm 0,45$ МПа соответственно.

Образцы, фиксируемые при помощи Reliance, показали статистически значительную силу фиксации в условиях *in vitro* чем те, что были фиксированы при помощи Pulpdent. Концентрация протравливающего геля не показала статистически значительной разницы в условиях *in vitro* при отдельном оценивании.

Вступление

Увеличиваются потребность в ортодонтическом лечении взрослых пациентов, и вместе с тем увеличивается популярность эстетической стоматологии. Клиницисты часто сталкиваются с проблемой фиксации несъемной ортодонтической аппаратуры к зубам, которые имеют в разной степени выраженные реставрации, включая несъемные керамические коронки и виниры. При этом часто можно найти статьи о плохой фиксации композита к керамической поверхности (Zachrisson Buyukyilmaz, 1993; Cochran, 1997; Gillis Redlich, 1998).

Шероховатость керамической поверхности обычно рассматривалась как благоприятная для увеличения силы фиксации бонда (Zachrisson Buyukyilmaz, 1993; Cochran, 1997; Jost-Brinkmann Bohme, 1999). Различные варианты шероховатости поверхностей были описаны в литературе (Kocadereli, 2001; Schmage, 2003; Ozcan, 2004; Ajlouni, 2005). Механическая шероховатость создается чистым или жестким алмазным камнем (Barbosa, 1995; Cochran, 1997), борами, пескоструйкой (Zachrisson, 1996; Cochran, 1997; Andreasen Stieg, 1998; Kocadereli, 2001) или полировочными дисками (Barbosa, 1995; Cochran, 1997),

что оказалось недостаточным для увеличения силы фиксации композита к керамической поверхности (Smith, 1988; Shahverdi, 1998). Целью механического изменения керамической поверхности есть удаление скользкой поверхности для обеспечения значительной механической ретенции для фиксации ортодонтической аппаратуры.

Химическая подготовка керамической поверхности гидрофторовой кислотой (HF) значительно увеличивает силу фиксации ортодонтической аппаратуры (Hayakawa, 1992; Major, 1995; Zachrisson, 1996; Cochran, 1997; Bourke Rock, 1999; Kocadereli, 2001), но традиционная ортофосфорная кислота для протравки керамической поверхности недостаточна для механической фиксации ортодонтической аппаратуры. В предыдущих исследованиях показано, что для химического конденционирования использовались соединительные агенты, такие как силаны, усиливающие адгезию композита к керамической поверхности (Tylka Steward, 1994; Aida, 1995; Nebbe Stein, 1996; Zachrisson, 1996; Cochran, 1997; Wood, 1997; Gillis Redlich, 1998; Chung, 1999). Силаны, такие как гаммаметакрилоксипропил-

триметоксилан, являются соединительными агентами, разработанные для бондинга стеклянных филлеров внутри полимерной структуры (Bowen, Rodrigues, 1962). Силановый агент является биофункциональной молекулой с одним концом, соединенным с гидроксильной группой в молекуле керамической фасетки и другое создание двойных бондов с мономерами адгезива. Когда силановые агенты соединились, ортодонтическая аппаратура фиксирована к керамическим зубам, металлокерамическим коронкам (Newman, 1983; Bishara, 2005). Для улучшения силы фиксации композита к керамическим поверхностям рекомендуется проводить предварительную подготовку поверхности комбинировано химическим и механическим методами (Zachrisson Buyukyilmaz, 1993; Thurmond, 1994; Barbosa, 1995; Kupiec, 1996; Chung Hwang, 1997; Zachrisson, 2000; Kocadereli, 2001). Комбинация механической подготовки поверхности и протравливания керамической поверхности с HF кислотой следует с примером и бондинговым агентом было рекомендовано (Gwinnett, 1988; Barbosa, 1995).

Предметом данного исследования было доказать эффективность

четырёх различных состояний поверхностей и силу фиксации металлических брекетов к керамической поверхности при помощи композитного цемента.

Материалы и методы

Восемьдесят плоских керамических дисков с диаметром 10 мм и толщиной 2 мм были фабрично изготовлены в соответствии с рекомендациями производителя со скользкой поверхностью. Эти диски были изготовлены с керамики IPS Classic (Ivoclar Vivadent AG) по технологии синтеризации и упакованы в вакуум под 92°C. Для приближения к условиям и температуре, как в полости рта, все диски упаковали в деионизированную воду 37°C на 30 дней и потом термоциклировали в деионизированной воде 5±2°C и 55±2°C 5000 циклов. Весь период термоциклирования занял 10 сек в каждой ванне. Затем диски были помещены в дистализированную воду температурой 37°C на 6 недель до кондиционирования поверхности. Воду меняли каждую неделю. Образцы были упакованы в пластмассовые шаблоны так, что только стеклянная поверхность находилась снаружи. В табл. 1 показано состояние поверхности и метод фиксации для образцов, которые были имперически поделены на четыре группы с 20. Это минимальное количество рекомендовано для лаборатории тестирования силы фиксации (Fox, 1994).

В каждой группе на керамической поверхности создавалась шероховатость пескоструй-

ным аппаратом воздушным образом (Microetcher II Intraoral Sandblaster, Danville Engineering) наполненным 50 Мм алюминий оксидом (Danville Engineering), с дистанцией в 5 мм каждые 5 сек. В группе 1 и 2 керамическая поверхность была протравлена гелем 9,6% гидрофторовой кислоты (HF) 120 секунд и смыта. Образцы из групп 3 и 4 была протравлены гелем 5% гидрофторовой кислоты (IPS Ceramic Etchant Gel) 120 сек. Все образцы были хорошо промыты от геля и высушены. В группе 1 и 3 для химического кондиционирования керамической поверхности использовали силан Pulpodent, а в группе 2 и 4 — Reliance силан. Силан использовался на протяжении 60 сек в обеих группах.

Верхний центральный резец с ретенционной горизонтальной поверхностью 7,6 мм² (DynaLock, 3M Unitek) был приклеен к подготовленной керамической поверхности композитом химического отверждения (Unit, 3M Unitek) согласно с рекомендациями производителя. Излишки композита были осторожно удалены с керамической поверхности дентальным брашем. Все образцы были опущены в 370C дистализированную воду на 1 неделю и подвержены термоциклированию до SBS теста.

Все образцы были установлены в специальную тест-машину (Instron 3345, High Wycombe, Bucks, UK), режущая сила была приложена к адгезивной поверхности до появления трещин. Скорость составляла 1 мм/минуту.

Была определена сила, необходимая для разрезания брекета, и сила фиксации была посчитана в мегапикселях (MPa). Порезанная поверхность вскоре была визуально заметна. Цифровые фотографии порезанной поверхности были спроецированы на стену в увеличении *10 для осмотра остатков адгезива на поверхности зуба, видимого глазом. Индекс остатка адгезива (ARI) описал Artun и Bergland (1984) для определения остатка адгезива на поверхности зуба после снятия брекетов. ARI был в интервале от 3 до 0.

Статистический анализ был преформирован, используя версию GraphPad Prism Software Version 3,0 для Windows (San Diego, California, USA). Была подсчитана статистика, включая значения стандартных отклонений (SD), и минимальные и максимальные значения посчитались для каждой из четырех групп. Непараметрический Kruskal-Wallis тест был использован, чтобы определить, есть ли статистическая разница в силе соединения между четырьмя группами, и Dunn's тест множественного сравнения использовали для сравнения подгрупп. Частота распределения ARI результатов между четырьмя процедурами на фиксацию сравнивалась при помощи chi-square test. Spearman correlation test использовали для определения взаимоотношения между значениями ARI и измерениями силы фиксации бонда. Значимость всех статистических тестов была P<0,05.

Таблица 1.

Характеристика четырех методов кондиционирования керамической поверхности		
Методы кондиционирования		Производитель
<i>Группа 1</i>		
Пескоструйная обработка	50Мм алюминия оксида, 5 секунд	Microetcher II Intraoral Sandblaster, Danville Engineering, San Ramon, California, USA
Гидрофторовая кислота	9,6 %, 120 секунд	Porc- Etch, Reliance Orthodontic Products Ins, Itasca, Illinois, USA
Силан связывающий агент	60 секунд	Silane Bond Enhancer, Pulpdent, Watertown, Massachusetts, USA
Бондинговый агент		Unite, 3M Unitek, Monrovia, California, USA
<i>Группа 2</i>		
Пескоструйная обработка	50Мм алюминия оксида, 5 секунд	Microetcher II Intraoral Sandblaster, Danville Engineering
Гидрофторовая кислота	9,6 %, 120 секунд	Porc- Etch, Reliance Orthodontic Products Ins
Силан связывающий агент	60 секунд	Reliance Porcelain Conditioner, Reliance Orthodontic Products Inc.
Бондинговый агент		Unite, 3M Unitek
<i>Группа 3</i>		
Пескоструйная обработка	50Мм алюминия оксида, 5 секунд	Microetcher II Intraoral Sandblaster, Danville Engineering
Гидрофторовая кислота	5 %, 120 секунд	IPS Ceramic Etchant Gel, Ivoclar Vivadent AG, Schaan, Lichtenstein
Силан связывающий агент	60 секунд	Silane Bond Enchanser, Pulpodent
Бондинговый агент		Unite, 3M Unitek
<i>Группа 4</i>		
Пескоструйная обработка	50Мм алюминия оксида, 5 секунд	Microetcher II Intraoral Sandblaster, Danville Engineering
Гидрофторовая кислота	5 %, 120 секунд	IPS Ceramic Etchant Gel, Ivoclar Vivadent AG
Силан связывающий агент	60 секунд	Reliance Porcelain Conditioner, Reliance Orthodontic Products Inc.
Бондинговый агент		Unite, 3M Unitek

Результаты

Значения SBS и SD для каждой группы представлено в табл. 2.

Самый низкий показатель SBS был при использовании 5% HF и силана Pulpodent (4,55 МПа), и самый высокий показатель при использовании 9,6% HF в комбинации с силаном Reliance (6,54 МПа). Непараметрический Kruskal-Wallis тест показал статистически значительные различия в силе фиксации среди четырех групп ($P<0,001$).

Статистически значительная разница была обнаружена между 1 и 2 группами, ($P<0,05$), 1 и 4 группами, ($P<0,05$), 2 и 3, ($P<0,01$), и 3 и 4 группами, ($P<0,01$; табл. 3).

Chi-square test показал значительную разницу в показателях ARI между группами 1 и 2, группами 1 и 4, группами 2 и 3 и группами 3 и 4 ($P<0,01$). Не отмечалось статистической разницы между группами 1 и 3 или группами 3 и 4 ($P<0,05$; табл. 4).

Были позитивные взаимосвязи между значениями силой фиксации и показателями ARI для всех групп ($r=0,471$, $P<0,001$).

Обсуждение

Целью данного исследования было оценить различные комбинации подготовки поверхности SBS металлических брекетов к керамической поверхности.

Предыдущие исследования показывают оптимальную силу фиксации брекетов

6-10 МПа (Cochrsn, 1997; Bourke Rock, 1999). Однако сложно точно перенести эти результаты в клинические условия, так как на силу фиксации брекетов к керамической поверхности влияет много факторов (Zachrisson, 1996; Zachrisson 2000). В данном исследовании в группах 2 и 4 SBS было около 6 МПа, но меньше, чем 13 МПа, что в клинике может привести к когезивным трещинам (Thurmond, 1994), в то время, как в группах 1 и 3 показатели были ниже минимальных ортодонтических нагрузок. Данная работа проводилась в условиях *in vitro*. После найденного в исследовании можно утверждать, что комбинация силана Pulpdent с 5 или 9,6% HF кислотой является недостаточным для подготовки керамической поверхности перед фиксацией на нее металлического брекета; клинически, однако, не всегда возможно сделать экстраполяцию с *in vitro* условий в клинические.

Предыдущие исследования показали, что термоциклирование смягчает силу фиксации в пределах 18,60-9,53 МПа (Bourke Rock, 1999). В других работах было найдено, что эффект от термоциклирования недостаточный (Smith, 1988). В данной работе образцы были подвержены термоциклированию для искусственного старения или смягчения фиксации на протяжении теста, как рекомендовал Zachrisson (1996).

Был рекомендован метод, что подтверждал значительную фиксацию при меньшей шероховатости (Estaguio, 1988; Kao, 1988; Zelos, 1994). В этой работе де-глазирование проводилось с предварительной песко-

струйной обработкой поверхности незеленым камнем, для предупреждения появления микротрещин (Eustaquio, 1988; Zachrisson, 1996). Также Koocaderehli (2001) отметил, что придание шероховатости поверхности при использовании пескоструйного аппарата не увеличивает силу фиксации, много авторов рекомендовали использовать внутри ротовой пескоструйный аппарат для придания шероховатости (Eustaquio, 1988; Smith, 1988; Wolf, 1993; Zachrisson, 1996; Chung Hwang, 1997; Shahverdi, 1998; Jost-Brinkmann Bohme, 1999).

Также пескоструйная обработка и протравливание HF кислотой подготавливали керамическую поверхность, результаты данного исследования продемонстрировали низкую силу адгезии во всех группах. Основываясь на значениях ARS, эти результаты могут объясняться как повреждения бонда между адгезивом и керамической поверхностью. Это может зависеть от базы используемых брекетов. В предыдущих исследованиях низкие показатели SBS были получены во время дебондинга брекетов Dynalock (Wang, 2004). Будущие исследования должны использовать брекеты с различной основой.

Использовать сильную кислоту для протравливания керамической поверхности предложил Calamia (1983) для увеличения силы фиксации, действие 9,6% HF кислоты основывается на создании ямок на стеклянной поверхности керамической матрицы (Al Edris, 1990). Однако, HF кислота должна использоваться очень осторожно, так как она может вызвать экстремальную коррозию и травму мягких тканей и субстанций зуба (Hayakawa, 1992; Shahverdi, 1998). Некоторые авторы пришли к выводу, что использование 5% HF кислоты на протяжении 120 сек на керамической поверхности повышает

Таблица 2.
Значения режущей силы в мегапаскалях (МПа) для каждой группы посчитаны основываясь на непараметрический тест Kruskal-Wallis (KW)

Groups*	МПа (mean±standard deviation)
Group 1	5,515±1,191
Group 2	6,549±0,002
Group 3	4,551±1,937
Group 4	6,39±0,455
KW	22,46
P	***

Таблица 3.
Расхождения между группами были посчитаны в мегапаскалях (МПа), используя Dunn's тест множественного сравнения

Groups*	МПа
Group 1/group 2	*
Group 1 /group 3	ns
Group 1/group 4	*
Group 2/group 3	***
Group 2/group 4	ns
Group 3/group 4	**

подтверждал значительную фиксацию при меньшей шероховатости (Estaguio, 1988; Kao, 1988; Zelos, 1994). В этой работе де-глазирование проводилось с предварительной песко-

Таблица 4.
Сопоставления значения индекса остатка адгезива (ARI) между группами, используя chi-square test

Groups*	ARI
Group 1/group 2	**
Group 1 /group 3	ns
Group 1/group 4	**
Group 2/group 3	**
Group 2/group 4	*
Group 3/group 4	**

силу фиксации (Chen, 1998), в то время, как другие предлагают использовать 9,6% HF кислоту в геле на протяжении 2-4 мин (Zachrisson Buyukyilmaz, 1993). По рекомендациям завода производителя нужно использовать 9,6% HF кислоту на протяжении 2 мин на керамической поверхности. В этом исследовании использовались два кислотных геля разной концентрации на протяжении 120 сек. Была достигнута незначительная статистическая разница между использованием 5 и 9,6% HF кислоты, и поэтому нет необходимости в использовании вредной концентрации 9,6% кислоты, так как она не повышает силу фиксации.

Kocadereli (2001) писал, что использование силана после создания шероховатости на керамической поверхности улучшает фиксацию между керамикой и композитом (Lu, 1992), увеличивает силу фиксации ортодонтической аппаратуры. В этом исследовании было использовано два разных силана в комбинации с двумя разными концентрациями кислоты HF. Статистическая разница была найдена между группами, что использовали Pulpodent и Reliance, было доказано, что использование Reliance силана увеличивает силу фиксации. Нужно отметить, что исследование, проведенные в условиях *in vitro* и *in vivo* нельзя сравнивать по силе фиксации, особенно ког-

да используется другой реставрационный материал.

В данном исследовании группы, фиксированы при помощи Reliance, показали силу фиксации ниже между брекетом и керамической поверхностью, и оставляли больше адгезива на керамической поверхности, чем группы, фиксированные Pulpodent. Эти результаты были подобны случаю неудачного приклеиванию композитных брекетов к керамике (Huang Kao, 2001). Reliance и Pulpodent широко используются в ортодонтической практике для прямой фиксации брекетов к скользкой керамической поверхности. Оба силана используются для улучшения соединения композитов, композитных цемента и другими органическими композитов к керамическим поверхностям для построения химической связи между силиконом (структура керамического материала) и адгезивом брекета. Одной из целей было в условиях *in vitro* сравнить два разных силана. Так как производитель не открыл точной химической структуры, невозможно обсуждать полученные выводы, основываясь на химической структуре.

При осмотре на поверхности после дебондинга не было найдено повреждений ни в одной из групп. Это наблюдение важно, так как повреждение керамической поверхности портит эстетический вид и прочность керами-

ческих реставраций.

35% экземпляров в группе 2 (Reliance силан + 9,6% HF кислота) и 20% экземпляров в группе 4 (Reliance силан + 5% HF кислота) требовали вмешательства в будущем, удаления излишков композита, что могло повредить керамическую поверхность. В группе 1 (Pulpodent силан + 9,6% HF кислота) и группе 3 (Pulpodent силан + 5% HF кислота) не наблюдалось излишков композита и никаких мероприятий на керамической поверхности не проводилось.

Заключение

Ортодонтическая сила фиксации к керамической поверхности была достигнута четырьмя комбинированными методами в условиях *in vitro* и были получены следующие результаты:

1. Хотя использование 9,6% HF кислоты увеличивает силу фиксации, не было статистической разницы в достигнутых результатах между группами при использовании 5% или 9,6% HF кислоты. В полости рта лучше использовать 5% HF кислоту в целях безопасности и не бояться потерять силу фиксации при этом.

2. Силанизация при использовании Reliance дает лучшие результаты силы фиксации, чем Pulpodent силан, который удаляется без повреждения керамической поверхности.

Перевод Петлюк Н.А.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Aida M, Hayakawa T, Mizukawa K 1995 Adhesion of composite to porcelain with various surface conditions. *Journal of Prosthetic Dentistry* 73:464-470
2. Ajlouni R, Bishara S E, Oonsombat C, Soliman M, Laffoon J 2005 The effect of porcelain surface conditioning on bonding orthodontic brackets. *The Angle Orthodontist* 75: 858-864
3. Al Edris A, Al Jabr A, Cooley R L, Barghi N 1990 SEM evaluation of etch patterns by three etchants on three porcelains. *Journal of Prosthetic Dentistry* 64: 734-739 Andreasen G F, Stieg M A 1998 Bonding and debonding brackets to porcelain and gold. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics* 93: 341-345 Artun J, Bergland S 1984 Clinical trials with crystal growth conditioning as an alternative to acid-etching enamel pretreatment. *American Journal of Orthodontics* 85: 333-340
4. Barbosa V L, Almedia M A, Chevitarese O, Keith O 1995 Direct bonding to porcelain. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics* 107: 159-164 Bishara S, Ajlouni R, Oonsombat C, Laffoon J 2005 Bonding orthodontic brackets to porcelain using different adhesives/enamel conditioners: a comparative study. *World Journal of Orthodontics* 6: 17-24 Bourke B M, Rock W P 1999 Factors affecting the shear bond strength of metal orthodontic brackets to porcelain. *British Journal of Orthodontics* 26:285-290
5. 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
6. Calamia J R 1983 Etched porcelain facial veneers: a new treatment modality based on scientific and clinical evidence. *New York Journal of Dentistry* 53: 255-259
7. Chen J H, Matsumara H, Atsuta M 1998 Effects of etchant, etching period, and silane priming and bond strength to porcelain of composite resin. *Operative Dentistry* 23: 250-257 Chung C H, Brendlinger E J, Brendlinger D L, Bernal V, Mante F K 1999 Shear bond strengths of two resin-modified glass ionomer cements to porcelain. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics* 115: 533-535 Chung K H, Hwang Y C 1997

Bonding strengths of porcelain repair systems with various surface treatments. *Journal of Prosthetic Dentistry* 78: 267-274

8. Cochran D, O'Keefe K L, Turner D T, Powers J M 1997 Bond strength of orthodontic composite cement to treated porcelain. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics* 111: 297-300

9. Eustaquio R, Garner L D, Moore K 1988 Comparative tensile strengths of brackets bonded to porcelain with orthodontic adhesive and porcelain repair system. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics* 94: 421-425

Fox N A, McCabe J F, Buckley J G 1994 A critique of bond strength testing in orthodontics. *British Journal of Orthodontics* 21: 33-43

10. Gillis I, Redlich M 1998 The effect of different porcelain conditioning techniques on shear bond strength of stainless steel brackets. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics* 114: 387-392

11. Gwinnett A J 1988 A comparison of shear bond strengths of metal and ceramic brackets. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics* 93: 346-348

12. Hayakawa T, Horie K, Aida M, Kanaya H, Kobayashi T, Murata Y 1992 The influence of surface conditions and silane agents on the bond of resin to dental porcelain. *Dental Materials* 8: 238-240

13. Huang T H, Kao C T 2001 The shear bond strength of composite brackets on porcelain teeth. *European Journal of Orthodontics* 23: 433-439

Jost-Brinkmann P G, Bohme A 1999 Shear bond strengths attained in vitro with light-cured glass ionomers vs. composite adhesives in bonding ceramic brackets to metal or porcelain. *Journal of Adhesive Dentistry* 1: 243-253

14. Kao E C, Boltz K C, Johnson W M 1988 Direct bonding of orthodontic brackets to porcelain veneer laminates. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics* 94: 458-468

15. Kocadereli I, Canay Akç; a K 2001 Tensile bond strength of ceramic orthodontic brackets bonded to porcelain surfaces. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics* 119: 616-620

16. Kupiec K A, Wuertz K M, Barkmeier W W, Wilwerding T M 1996 Evaluation of porcelain surface treatments agents for composite-to-porcelain repair. *Journal of Prosthetic Dentistry* 76: 119-124

17. Lu R, Harcourt J, Tyas M, Alexander B 1992 An investigation of the composite resin/porcelain interface. *Australian Dental Journal* 37: 12-19

18. Major P W, Koehler J R, Maning K E 1995 24-hour shear bond strength of metal orthodontic brackets bonded to porcelain using various adhesion promoters. *American Journal of Orthodontics Dentofacial Orthopedics* 108:322-329

19. Nebbe B, Stein E 1996 Orthodontic brackets bonded to glazed and deglazed porcelain surfaces. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics* 109: 431-436

20. Newman G V 1983 Bonding to porcelain. *Journal of Clinical Orthodontics* 17: 53-55

21. Ozcan M, Vallittu P K, Peltomaki T, Huysmans M C, Kalk W 2004 Bonding polycarbonate brackets to ceramic: effects of substrate treatment on bond strength. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics* 126: 220-227

22. Schmage P, Nergiz I, Herrmann W, Ozcan M 2003 Influence of various surface-conditioning methods on the bond strength of metal brackets to ceramic surfaces. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics* 123: 540-546

23. Shahverdi S, Canay S, Sahin E, Bilge A 1998 Effects of different surface treatment methods on the bond strength of composite resin to porcelain. *Journal of Oral Rehabilitation* 25: 699-705

24. Smith G A, McInnes-Ledoux P, Ledoux W R, Weinberg R 1988 Orthodontic bonding to porcelain—bond strength and refinishing. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics* 94: 245-252

25. Thurmond J W, Barkmeier W W, Wilwerding T M 1994 Effect of porcelain surface treatments on bond strengths of composite resin bonded to porcelain. *Journal of Prosthetic Dentistry* 72: 355-359

26. Tylka D F, Stewart G P 1994 Comparison of acidulated phosphate fluoride gel and hydrofluoric acid etchants for porcelain-composite repair. *Journal of Prosthetic Dentistry* 72: 121-127

27. Wang W N, Li C H, Chou T H, Wang D D H, Lin L H, Lin C T 2004 Bond strength of various bracket base designs. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics* 125: 65-70

28. Wolf D M, Powers J M, O'Keefe K L 1993 Bond strength of composite to etched and sandblasted porcelain. *American Journal of Dentistry* 6: 155-158

29. Wood D J, Bubb N L, Millar B J, Dunne S M 1997 Preliminary investigation of a novel retentive system for hydrofluoric acid etch-resistant dental ceramics. *Journal of Prosthetic Dentistry* 78: 275-280

30. Zachrisson B U 2000 Orthodontic bonding to artificial tooth surfaces: clinical versus laboratory findings. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics* 117: 592-594

31. Zachrisson B U, Biiiykiylmaz T 1993 Recent advances in bonding to gold, amalgam and porcelain. *Journal of Clinical Orthodontics* 27: 661-675

32. Zachrisson Y O, Zachrisson B U, Biiiykiylmaz T 1996 Surface preparation for orthodontic bonding to porcelain. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics* 109: 420-430

33. Zelos L, Bevis R P, Keenan K M 1994 Evaluation of the ceramic/ceramic interface. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics* 106: 10-21