



ARAŞTIRMA / RESEARCH

Üç Farklı Ortodontik Yapıştırıcının Yapışma Kuvvetlerinin Karşılaştırılması

Shear Bond Strength Comparison of Three Different Orthodontic Adhesives

ÖZET

Amaç: Bu çalışmanın amacı üç farklı ortodontik adeziv sistemin yapışma kuvvetlerinin ve kırılma tiplerinin değerlendirilmesi ve karşılaştırılmasıdır. **Gereçler ve Yöntem:** Altmış adet alt kesici sıgır dişi rastgele üç eşit gruba dağıtılmıştır. Tüm dişlere % 37'lik fosforik asit 15 saniye süre ile uygulanmış, su ile temizlenip kurutulmuştur. Hazırlanan diş yüzeylerine üç farklı yapıştırıcı (Eagle Bond, Transbond XT ve Resinomer/OS+) ile mandibular keser braketi uygulanmış ve görünür ışık ile polimerize edilmiştir. Braket uygulanmış örnekler sıcaklık değişim banyosu işlemine tabi tutulmuştur. Kopma kuvvetleri universal test makinesi ile uygulanmıştır. Megapaskal olarak kaydedilen veriler tanımlayıcı istatistiksel analizler, tek yönlü varyans analizi ve post Hoc Tukey çoklu karşılaştırma testleri ile değerlendirilmiştir. Yapıştırıcıların kopma yüzeyi Artık Adeziv Endeksi [Adhesive Remnant Index (ARI)] kullanılarak sınıflandırılmıştır. **Bulgular:** Resinomer/OS+ adeziv sistemin bağlanma kuvveti, Eagle Bond ve Transbond XT adeziv sistemlerinkinden istatistiksel olarak daha yüksek olarak bulunmuştur. Üç grup ARI skorları açısından karşılaştırıldığında gruplar arasında anlamlı farklılıklar görülmüştür. Resinomer/OS+ grubunda, kopma daha çok adeziv-mine yüzeyinde meydana gelirken, Transbond XT ve Eagle Bond gruplarında kopma alanı adeziv içinde oluşmuştur. **Sonuç:** Resinomer/OS+ grubu diğer gruplar ile karşılaştırıldığında istatistiksel olarak daha yüksek bağlanma kuvveti göstermiştir. Bununla birlikte kopma sırasında mine kırıkları gözlenmiştir. Bu nedenle ortodontik amaçlı klinik kullanımında dikkatli olunmalıdır. (*Türk Ortodonti Dergisi* 2010;23:115-122)

Anahtar Kelimeler: Ortodontik yapıştırıcılar, Yapışma kuvveti.

Gönderim Tarihi: 26.02.2010
Kabul Tarihi: 27.04.2010

SUMMARY

Aim: The purpose of this study was to evaluate and compare the shear bond strengths (SBS) and fracture mode of three different orthodontic adhesive systems. **Materials and Methods:** Sixty bovine permanent mandibular incisor teeth were randomly divided into three groups of 20. All teeth were etched with 37 per cent phosphoric acid for 15 seconds, rinsed and air dried. Mandibular incisor brackets were bonded to the prepared enamel using three different adhesives (Eagle Bond, Transbond XT, and Resinomer/OS+) and light cured. Bonded samples were thermocycled. Shear forces were applied to samples with a testing machine. Data obtained in megapascals were analyzed with descriptive statistics and with ANOVA and post Hoc Tukey multiple comparison test. The adhesive fracture site was classified with the Adhesive Remnant Index (ARI). **Results:** SBS of Resinomer/OS+ was found to be statistically significantly greater than Eagle Bond and Transbond XT. The comparisons of the ARI scores between the three groups indicated that bracket failure mode was significantly different among groups ($P<0.001$). Bond failure occurred mostly at the adhesive-enamel interface for Resinomer/OS+, whereas in Eagle Bond and Transbond XT the failure site was within the adhesive. **Conclusion:** Resinomer/OS+ exhibited a significantly higher SBS compared to the other two products; however enamel fractures were observed during debonding. Therefore, clinicians should be careful when removing bonded brackets with this adhesive. (*Turkish J Orthod* 2010;23:115-122)

Key Words: Orthodontic adhesives, Shear bond strength.

Date Submitted: 26.02.2010
Date Accepted: 27.04.2010



Yrd.Doç.Dr. M. Oğuz
ÖZTOPRAK *

Yrd.Doç.Dr. Göksu TRAKYALI
Yrd.Doç.Dr. Derya
GERMEÇ-ÇAKAN
Yrd.Doç.Dr. Didem
NALBANTGİL
Prof.Dr. Tülin ARUN

Yeditepe Üniversitesi,
Dişhekimliği Fakültesi,
Ortodonti Anabilim Dalı,
İstanbul / Yeditepe University,
Faculty of Dentistry,
Department of Orthodontics,
İstanbul, Turkey

Yazışma adresi:
Corresponding Author:

Dr. Oğuz Öztoprak
Yeditepe Üniversitesi,
Dişhekimliği Fakültesi,
Ortodonti Anabilim Dalı
Bağdat Cad No:238
Göztepe-İstanbul
Tel: +90 216 3636044
E-posta: ooztoprak@hotmail.com



GİRİŞ

Günümüzde ortodonti pratiği, hasta ve hekimin yararına olan teknikler ve materyallerin kullanımı ile sürekli gelişme göstermektedir (1,2). Buonocore (3) 1955 yılında asitle pürüzlendirme ve yapıştırma tekniğini tanıtmış, ardından Newman (4) bu tekniği braketlerin mineye direkt yapıştırılması için ortodontiye uyarlamıştır. Direkt yapıştırılan braketler, hasta tarafından ağız hijyeninin daha kolay sağlanması (4,5), gingival iritasyonların azalması (5,6), separasyon ihtiyacının ortadan kalkması, hasta başında harcanan sürenin kısılması ve daha iyi bir estetik görüntü (7) gibi çeşitli avantajları nedeniyle önerilmektedir. 1970'li yılların sonlarından itibaren, ortodontik braketlerin yapıştırılması kabul gören bir teknik haline gelmiştir (8).

Ortodontik yapıştırıcıların başarısındaki anahtar etken, braket ve diş arasında sağlanan yapışmadır. Literatürde yapışmadaki başarısızlık oranı % 0,5 -55,8 olarak bildirildiğinden, ortodontistler yeni bir ortodontik yapıştırıcının bağlanma kuvvetinin yeterliliğinden şüphe duyabilirler (6,9).

Üretici firmalar, geleneksel olarak mine pürüzlendirici, primer ve adeziv rezin olmak üzere 3 komponentten oluşan ortodontik adeziv sistemler üretmektedirler. Bu sistemlerde genelde, mine pürüzlendiricinin tipi, asit konsantrasyonu, pürüzlendirme süresi ve yapıştırma materyallerinin kimyasal yapısı gibi çeşitli faktörler yapışma direnimini etkileyebilmektedir (10-12).

Bu çalışmanın amacı üç farklı ortodontik adeziv sistemin yapışma kuvvetlerinin ve kırılma tiplerinin değerlendirilmesi ve karşılaştırılmasıdır.

GEREÇLER ve YÖNTEM

Altmış adet yeni çekilmiş daimi alt kesici sığır dişi % 0.1'lik timol solüsyonunda saklandı. Dişler seçilirken; bukkal mine yüzeyinin zedelenmemiş olmasına, kimyasal ajanlara (örn. hidrojen peroksit) maruz kalmamış olmasına, çürük olmamasına dikkat edildi. Seçilen dişler temizlendikten sonra pomza ve lastik frezler ile 10 saniye süre ile cilalandı. Dişler, 20 örnekten oluşan üç gruba rastgele dağıtıldı. Tüm dişler, % 37'lik fosforik asitle (3M Unitek Monrovia, Kaliforniya, ABD) 15 saniye pürüzlendirildi, 10 saniye hava-su şırıngası ile temizlenip, hava spreyi ile 20 saniye

INTRODUCTION

The practice of orthodontics is constantly being improved with the use of new techniques and materials that benefit both the patient and the clinician (1,2). Buonocore (3) introduced the acid-etch bonding technique in 1955, and Newman (4) adapted this technique to orthodontics for direct bonding of orthodontic brackets to enamel. Direct bonded brackets are commonly recommended because of several advantages such as improved oral hygiene by enhanced ability for plaque removal by the patient (4,5), decreased gingival irritations (5,6), elimination of the need for separation, reduced chair time and improved esthetic appearance for the patient (7). By the late 1970s, bonding of orthodontic brackets became an accepted clinical technique (8).

A key factor in the successful performance of an orthodontic adhesive is the strength of the bond provided between the bracket and tooth structure. Because the literature indicates a bond failure rate of 0.5 to 55.8 per cent, clinicians are justifiably concerned that the bond strength provided by a new orthodontic adhesive is adequately strong (6,9).

Manufacturers have traditionally produced orthodontic adhesive systems consisting of three components: an enamel conditioner/etchant, a primer and an adhesive resin. In general with these systems, various factors can affect bond strength including the type of enamel conditioner, acid concentration, length of etching time and chemical characteristics of bonding materials (10-12).

The purpose of this study was to evaluate and compare the shear bond strengths (SBS) and fracture mode of three different orthodontic adhesive systems.

MATERIALS and METHODS

Sixty freshly extracted bovine permanent mandibular incisor teeth were collected, cleaned of soft tissue, and stored in a solution of 0.1 % thymol. The criteria for tooth selection included intact buccal enamel, no pretreatment with chemical agents (e.g. hydrogen peroxide), no cracks caused by the extraction forceps, and no caries. The teeth were cleaned and then polished with pumice and rubber prophylactic cups for 10 seconds. The teeth were randomly divided into three groups each consisting of 20 specimens. All



ye kurutuldu. Tüm pürüzlendirilmiş mine yüzeylerine 9.8 mm² yüzey alanına sahip paslanmaz çelik alt kesici diş braketleri (Generus Roth, GAC International Inc., Bohemia, New York, ABD) tek bir araştırmacı (M.O.Ö) tarafından yapıştırıldı.

Bu çalışmada üç farklı adeziv sistem kullanıldı: (1) Eagle Bond (American Orthodontics, Sheboygan, WI, ABD), (2) Transbond XT (3M Unitek, Monrovia, Kaliforniya, ABD), ve (3) One-Step Plus (OS+) - Resinomer (Bisco Inc., Schaumburg, IL, ABD).

Grup 1'de braketler Eagle Bond primer ve Eagle Bond ışıkla polimerize olan rezinle yapıştırıldı.

Grup 2'de braketlerin yapıştırılmasında Transbond XT primer ve Transbond XT ışıkla polimerize olan rezin kullanıldı.

Grup 3'te ise braketler beşinci nesil bir adeziv olan OS+ primer ve Resinomer rezinle yapıştırıldı.

Tüm yapıştırıcılar üretici firmaların önerileri doğrultusunda uygulandı.

Braketler dişlerin yüzey bölgelerinin tam ortasına yerleştirildikten ve rezin artıkları uzaklaştırıldıktan sonra, tüm örnekler aynı ışık cihazı (Optilux, Kerr, Orange, Kaliforniya, ABD) kullanılarak 20 saniye mezial ve 20 saniye distal den ışık uygulandı. Işık dalga boyu 400-505 nm ve ışık çıkış yoğunluğu 1000 mW/cm²'dir.

Braket yapıştırma işlemi sonrasında ağız içindeki nemli ortamı ve ısı değişikliklerini taklit etmek amacı ile tüm dişler deiyonize su içinde 37° C'de 30 gün boyunca bekletildi. Ardından örnekler, her banyoda 5 saniye bırakılarak, 5000 kez 5 ± 2° C ve 55 ± 2° C'lik sıcaklık değişimi banyosu işlemine tabi tutuldu.

Herbir braket yapıştırılmış diş, fasiyal yüzeyinin koparma testi sırasında uygulanacak kuvvete paralel olmasını sağlayan bir rehber düzenek kullanılarak konumlandırılmış ve metal bir halka kullanılarak akrile gömüldü. Metal halka, braketin 3 mm altına kadar soğuk akrilikle dolduruldu.

Hazırlanan akrilik bloklar universal test cihazına (Instron 3345, Canton, Mass, ABD) özel bir adaptör vasıtası ile bağlanıp braket diş yüzeyinden ayrılana kadar sıyırma kuvveti uygulandı. Çalışmada sıyırma hızı 3 mm/dakika olarak ayarlandı. Braketi koparmak için gerekli kuvvet Newton olarak kaydedildi ve maksimum yük braket yüzey alanına bölünerek megapaskala (MPa) çevrildi.

teeth were conditioned with 37 per cent orthophosphoric acid (3M Unitek Monrovia, Calif, USA) for 15 seconds, rinsed for 10 seconds with water with an air-water syringe, and air-dried for 20 seconds with oil-free compressed air. Mandibular stainless steel incisor brackets with an average base surface area of 9.8 mm² (Generous Roth, GAC International Inc., Bohemia, New York, USA) were bonded to all etched enamel surfaces by a single operator (M.O.Ö).

In this study three different adhesive systems were used: (1) Eagle Bond (American Orthodontics, Sheboygan, WI, USA), (2) Transbond XT (3M Unitek, Monrovia, Calif, USA), and (3) One-Step Plus (OS+) - Resinomer (Bisco, Inc., Schaumburg, IL, USA).

In group 1, brackets were bonded with Eagle Bond Primer and Eagle Bond light cure resin.

In group 2, brackets were bonded with Transbond XT Primer and Transbond XT light cure resin.

In group 3, brackets were bonded with a fifth generation adhesive OS+ and Resinomer.

All adhesives were applied as per their respective manufacturers' recommendations. After the brackets were placed centrally on the facial surfaces of the teeth and the excess resin adhesive was removed, all the specimens were light-cured by the same light curing device (Optilux, Kerr, Orange, Calif, USA) for 20 seconds from the distal and 20 seconds from the mesial with a wavelength of 400-505 nm and an output light intensity of 1000 mW/cm².

After bracket bonding procedure, to stimulate the moisture and temperature changes in the oral environment, all bonded teeth were stored in deionized water at 37°C for 30 days. Then all specimens were thermocycled 5000 times from 5 ± 2°C to 55 ± 2°C with a dwell time of five seconds in each bath.

Each bonded tooth was oriented with a guiding device, so that its facial surface was parallel to the force applied during the SBS test and then embedded in an acrylic mould using a specially prepared cylindrical metal ring. The ring was filled with self-curing, fast-setting acrylic to 3 mm below the bracket.

All specimens were mounted in a jig of a universal test machine (Instron 3345, Canton, Mass, USA) and shear force was applied to the



Braketin kopartılmasından sonra yüzeyde kalan adeziv değerlendirilmesi için Artun ve Bergland'ın (13) tanımladığı artık adeziv indeksi (ARI) kullanıldı. ARI skorları 0-3 arasında değişmektedir (skor 0 = dişin üzerinde hiç yapıştırıcı yok, skor 1 = adezivin yarısından daha azı diş yüzeyinde, skor 2 = adezivin yarısından daha fazlası diş yüzeyinde ve skor 3 = tüm adeziv braket kaidesinin izi ile diş yüzeyinde). Dişlerin mine yüzeyi stereo ışık mikroskobu yardımıyla 20'lik büyütme altında değerlendirildi.

Bu çalışmada istatistiksel analizler GraphPad Prisma Software Version 3.0 (GraphPad Software Inc., San Diego, Kaliforniya, ABD) programı ile yapıldı. Verilerin değerlendirilmesinde tanımlayıcı istatistiksel metotların (ortalama, standart sapma [SS]) yanı sıra gruplar arası karşılaştırmalarda tek yönlü varyans analizi ve post Hoc Tukey çoklu karşılaştırma testi kullanıldı. Anlamlılık düzeyi $P < 0,05$ olarak belirlendi. ARI verileri ki-kare testi ile değerlendirildi.

BULGULAR

Tüm gruplara ait ortalama ve standart sapma değerleri Tablo I'de gösterilmiştir. Veriler istatistiksel olarak değerlendirildiğinde, Grup 1 ve 2'deki örneklerin yapışma kuvveti değerleri arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunmamıştır ($P > 0,05$). Bununla birlikte, Resinomer/OS+ grubunda yapıştırılan braketlerin yapışma kuvveti ($24,87 \pm 5,02$ MPa), Eagle Bond ($18,94 \pm 3,87$ MPa, $P < 0,001$) ve Transbond ($19,86 \pm 3,73$ MPa, $P < 0,01$) gruplarında yapıştırılan braketlerin yapışma kuvvetlerinden anlamlı derecede yüksek bulunmuştur.

ARI skorlamasına ait değerler Tablo II'de gösterilmiştir. ARI skorlarının karşılaştırması

adhesive interface until fracture occurred. The specimens were loaded at a crosshead speed of 3 mm/minute. The force required to shear the bracket was recorded in Newtons and converted to megapascals (MPa) by dividing the maximum load to the bracket base area.

Adhesive remnant index (ARI), as described by Artun and Bergland, was used to score the adhesive remaining on the surface after bracket removal (13). ARI scores range from 0 to 3 (score 0 = no adhesive left on the tooth, score 1 = less than half of the adhesive left on the tooth, score 2 = more than half of the adhesive left on the tooth, and score 3 = all adhesive left on the tooth, with distinct impression of the bracket mesh). The debonded teeth were examined with a stereomicroscope at X 20 magnification.

Statistical calculations were performed with the GraphPad Prisma version 3.0 software (GraphPad Software Inc., San Diego, California, USA) for Windows. In addition to standard descriptive statistical calculations (mean and standard deviations [SDs]), one-way ANOVA and post Hoc Tukey multiple comparison tests at a significance level of 0.05 were used to determine if significant differences existed among the groups. A chi-square test was used to evaluate ARI data.

RESULTS

The means and standard deviations of all groups are shown in Table I. When the results were statistically evaluated, the SBS of Group 1 and 2 were not significantly different ($p > 0.05$). However, the SBS of the Resinomer/OS+ group (24.87 ± 5.02 MPa) was found to be significantly greater than the SBS of Eagle Bond (18.94 ± 3.87 MPa, $P < 0.001$) and

Tablo 1. Grupların yapışma kuvvetlerinin karşılaştırılması.

Table 1. Comparison of SBS of groups.

Grup / Group	Yapışma Kuvveti / Bond Strength (MPa) Ortalama \pm SS / Mean \pm SD
1 (Eagle Bond)	18.94 \pm 3.87 *
2 (Transbond XT)	19.86 \pm 3.73 †
3 (Resinomer/OS+)	24.87 \pm 5.02 *†

n = 20

* $p < 0.001$ (Grup 1 < Grup 3, post hoc Tukey karşılaştırma testi / post hoc Tukey comparison test)

† $p < 0.01$ (Grup 2 < Grup 3, post hoc Tukey karşılaştırma testi / post hoc Tukey comparison test)



ARI Skorlar / Scores	Grup 1 (Eagle Bond)		Grup 2 (Transbond XT)		Grup 3 (Resinomer/OS+)	
	n	%	n	%	n	%
0	2	10%	1	5%	16	80%
1	7	35%	6	30%	4	20%
2	9	45%	10	50%	0	0%
3	2	10%	3	15%	0	0%

Tablo 2. Grupların ARI skorlarının dağılımı.

Table 2. Frequency distribution of the ARI Scores of groups.

P=0.0001

gruplar arasında kırılma tipinin farklı olduğunu ortaya koymuştur (P<0,001). Transbond XT ve Eagle Bond gruplarında benzer ARI skoru değerleri bulunmuştur. Resinomer/OS+ grubunda mine yüzeyinde daha fazla yapıştırıcı kaldığı görülmüştür. Ayrıca yine bu grupta üç örnekte mine yüzeyinde kopma gözlenmiştir.

TARTIŞMA

Bu çalışmada üç farklı ortodontik yapıştırıcının (Eagle Bond, Transbond XT Light Cure Adhesive, Resinomer/OS+) sıyırma kuvvetlerine dirençleri ve ARI skoru değerleri in vitro olarak karşılaştırılmıştır.

Çalışmalar, sığır dişleri ve insan dişlerinin fiziksel özelliklerinin, yapılarının ve bağlanma dirençlerinin benzer olduğunu göstermiştir (14-16). Yapışma çalışmalarında, sığır dişi minesinin güvenle insan dişi minesi yerine kullanabileceği belirtilmiştir (17). Sığır dişlerinin mine yapısının insan dişleri ile benzer özellikler göstermesi ve kolay bulunabilmesi nedeniyle çalışmamızda sığır alt kesici dişlerinden yararlanılmıştır.

Yapışma direnimi ile ilgili yapılmış bazı çalışmalarda, % 37'lik fosforik asitin 30 saniye süre ile uygulandığı görülmüştür (18,19). Çalışmamızda, jel formunda % 37'lik fosforik asit 15 saniye süre ile diş üzerine uygulanmıştır. Olsen ve ark. (11) 30 saniye ve 10 saniye süre uygulanan asitleme işlemlerinin arasında yapışma kuvveti ve kopma bölgesi açısından anlamlı bir fark olmadığı sonucuna varmışlardır. Britton ve ark. (20) insan santral kesici dişlerini % 37'lik fosforik asitle 15 veya 60 saniye pürüzlendirmişlerdir. Bulguları, yüksek yapışma kuvvetlerinin azalmış asitleme süresiyle elde edilebileceğini göstermiştir.

Çalışmamızda, Oesterle ve ark.nın (17) önerdiği gibi, herbir örneğe 20 saniye mezi-

Transbond groups (19.86 ± 3.73 MPa, P<0.01).

The ARI scores are shown in Table II. Comparison of ARI scores indicated that bracket failure mode was significantly different among groups (P<0.001). Similar adhesive remnant properties were observed in Transbond XT and Eagle Bond groups. In Resinomer/OS+ group, more adhesive remained on the tooth surfaces after debonding and three enamel surface fractures were observed.

DISCUSSION

In this study, SBSs and ARI scores of three different orthodontic adhesives (Eagle Bond, Transbond XT Light Cure Adhesive, Resinomer/OS+) were compared in vitro.

Previous studies showed that bovine and human enamel are similar in their physical properties, compositions, and bond strengths (14-16). Bovine enamel was reported to be a reliable substitute for human enamel in bonding studies (17). Therefore; in this study, bovine mandibular incisors were used, because they were readily available and inexpensive and had a close morphological similarity to human enamel.

In some SBS researches, 37 per cent phosphoric acid etch was applied for 30 seconds (18,19). In the present study, 37 per cent orthophosphoric acid etch in gel form was used for 15 seconds for enamel etching. Olsen et al. (11) concluded that decreasing etching time between 30 and 10 seconds did not significantly affect either bond strength or the site of bond failure. Britton et al. (20) treated extracted human central incisors with 37 per cent phosphoric acid either for 15 seconds or for 60 seconds. Their results indica-



yalden 20 saniye distalden olmak üzere toplam 40 saniye ışık uygulanmıştır.

Klinik uygulamalarda ortodontik ataşmanlar ile mine yüzeyi arasındaki en uygun yapışma kuvvetleri ortodontik tedavi sırasında kopmayı en aza indiren (7) ve söküm aşamasında mineye zarar vermeyen (21) kuvvetlerdir. Reynolds ve von Fraunhofer (22) 5,9-7,8 MPa değerindeki yapışma kuvvetlerinin klinik olarak kabul edilebilir olduğunu bildirmişlerdir. Çalışmamızda elde ettiğimiz sonuçlar bu değerlerin üzerinde çıkmıştır.

Resinomer/OS+ adeziv sistemi, karşılaştırdığımız üç yapıştırıcı arasından mine ve braket yüzeyine en yüksek yapışma kuvveti ile bağlanan yapıştırıcı olmuştur. Bu durum, Resinomer/OS+'ın farklı kimyasal içeriğine bağlı olabilir. Üretici firmaya göre, Resinomer OS+ ile birlikte kullanıldığında, Resinomer'in yapısındaki hidrofilik monomerler dentin ve minede kuvvetli bir adeziv tabaka oluştururlar. Resinomer'in içeriğindeki monomerlerden biri olan diarsülfat dimetakrilat ile braketin metalik yüzeyi arasında kimyasal bağlanma oluşur. Ayrıca, bifenildimetakrilat ve hidroksetilmetakrilat içeren OS+ kompoziti mineye ve metale bağlar (23). Bu nedenle, bu adeziv sistemde metal braket yüzeyine bağlanma direncinin artması beklenebilir. Diğer yandan, Eagle bond ve Transbond adezivlerin yapıları Resinomer/OS+ adeziv sistemden daha farklıdır.

Diğer adezivlerle karşılaştırıldığında, Resinomer ile elde edilen yüksek bağlanma kuvvetleri polimerizasyon özelliklerine de bağlı olabilir. Resinomer, hem ışıkla, hem de kimyasal olarak polimerize olan bir kompozittir. Ortodontik amaçla, hem ışıkla, hem kimyasal polimerize olan kompozit kullanımının, sadece ışıkla polimerize olan kompozitlere göre daha yüksek bağlanma kuvvetleri oluşturdukları gösterilmiştir (24). Smith ve Shivapuja (25), ikili polimerize olan rezinlerin kimyasal özellikleriyle de sağlanan tam polimerizasyonunu bir avantaj olarak bildirmişlerdir. Ayrıca, bu ikili polimerize olan rezin adezivin ortodontik amaçlı kullanımı, florür salma özelliklerinden dolayı çürük riski taşıyan hastalarda avantajlı olabilir.

Bishara ve ark. (26) klinik koşulların in vitro ortamdaki farklı olabileceğini belirtmişlerdir. Ağızda, dişler sıcak soğuk yiyecek ve içeceklerle bağlı belirgin sıcaklık değişikliklerine maruz kalmaktadır. Bu nedenle braket-

tedi artmış yapışma kuvvetleri elde edilmiştir. Bu sonuçlar, klinik uygulamalarda, adezivlerin mineye yapışma kuvvetlerinin, distal bölgede, mesial bölgeye göre daha yüksek olduğunu göstermektedir.

Our study, each specimen was light-cured for 40 seconds (20 seconds on the mesial side and 20 seconds on the distal side) as recommended by Oesterle et al (17).

The clinically optimal bond strength between orthodontic attachments and the enamel surface is based on minimizing bond failure during orthodontic treatment (7) and obtaining an undamaged enamel surface after debonding (21). Reynolds and von Fraunhofer (22) concluded that bond strengths of 5.9 - 7.8 MPa are clinically acceptable. The SBS of every group in the present study exceeded those values.

Resinomer/OS+ adhesive system had the highest bond strength to enamel and also to metal bracket surface among the three adhesive systems used in this study. This could be due to the different chemical composition of Resinomer/OS+. Resinomer is a dual-cured, 57 per cent glass filled composite. As explained by the manufacturer, when used with OS+, the hydrophilic monomers used in Resinomer forms a high strength adhesive seal to dentin and enamel. Chemical adhesion occurs between the metallic surface and diarsulfone dimethacrylate, one of the monomers present in Resinomer. Furthermore, OS+, containing biphenyl dimethacrylate and hydroxethyl methacrylate, bonds composite to enamel and cast metals (23). Therefore, enhanced bond strength to metallic bracket base may be expected with this adhesive system. On the other hand, Eagle bond and Transbond have compositions that are unlike that of Resinomer/OS+ adhesive system.

Higher bonding values of Resinomer compared to the other tested adhesives might be due the polymerization features as well. Resinomer is a dual cured (both light activated and chemically cured) composite. It was shown that using a dual cured composite for orthodontic bonding could result in higher bond strengths than that of light cured composites (24). Smith and Shivapuja (25), reported as an advantage the complete polymerization with the chemical properties of dual cured resins. Also, using this dual cured resin adhesive in orthodontics might be advantageous in caries susceptible patients due to its fluoride releasing properties.

Bishara et al. (26) indicated that clinical conditions may differ significantly from those



lerde termodinamik stresler oluşturmaktadır. Bu durum in vitro ortamda sıcaklık değişim banyosu kullanılarak simüle edilmiştir (27).

Braket genellikle adezivin içinde, adeziv-mine veya adeziv-braket yüzeyindeki en zayıf bağlantılardan kırılır. ARI skorlarının gösterdiği üzere, Transbond XT ve Eagle Bond gruplarında primer kopma alanı Ryou ve ark.nın (21) bulgularıyla uyumlu olarak adezivin içindeydi.

Bir görüşe göre, düşük ARI skoru, sökümlü işlemin sonrasında ortodontistler için mine yüzeyindeki artık adezivi temizleme süresini azalttığından tercih edilen bir durumdur. Braket sökümü sırasında kopma genellikle en zayıf noktada meydana gelir. Resinomer/OS+ grubunda, kopma daha çok adeziv-mine yüzeyinde meydana geldi ki bu daha az temizleme gerektirmektedir. Bununla birlikte, adeziv ve mine arasında meydana gelen kopmalar mine hasarı riskini arttırabilir (28). ARI skoru braket tabanı, kullanılan söküm tekniği ve kullanılan yapıştırıcı tipi ile değişiklik gösterebilir (17,29,30). Çalışmamızdaki ARI skorunun değişkenliği kullanılan yapıştırıcı tipi ile ilişkili olduğu düşünülmektedir.

Resinomer/OS+ grubunda, söküm sırasında mine kırıklarına rastlanmıştır. Bu durum, Resinomer-OS+ sisteminin sağladığı yüksek yapışma kuvvetine ($24,87 \pm 5,02$ MPa) bağlı olabilir. Önceki bir in vitro çalışmada da, yüksek bağlanma kuvvetleri artmış mine kırılma insidansı ile ilişkilendirilmiştir (31). Diğer yandan, Retief (32) yapışma kuvvetinin $9,7$ MPa'a kadar düştüğü in vitro örneklerde bile mine kırıkları saptamıştır.

SONUÇ

Ortodontik amaçlı kullanılan Resinomer/OS+ adeziv sistem, bağlanma kuvvetleri açısından Eagle Bond ve Transbond adezivlerden üstün bulunmuştur. Bununla birlikte, Resinomer/OS+ ile sağlanan yüksek yapışma kuvveti braket sökümü sırasında mine kırıklarına yol açabilir. Bu nedenle, bu adezivin klinik kullanımında dikkatli olunmalıdır.

of an in vitro study. In the oral cavity, teeth undergo significant variations in temperature, varying from hot to cold liquids and solids, creating further thermodynamic stresses on the bonded brackets; this was simulated in vitro with thermocycling (27).

Bracket failure usually occurs at the weakest point within the adhesive, adhesive-enamel or adhesive-bracket interface. As reflected by the ARI scores, the primary failure site for Transbond XT and Eagle Bond groups was within the adhesive material in accordance with the findings of Ryou et al (21).

From a point of view, lower ARI score is a desired situation in orthodontics as it corresponds to less work and time spent by the orthodontist in removing it after debonding. For Resinomer/OS+, bond failure occurred mostly at the adhesive-enamel interface, which required less clean up. However, greater incidence of bond failure at the enamel-resin adhesive interface could increase the risk of enamel damage (28). The ARI score is also dependent on the type of bracket base, debonding technique used, and the type of the adhesive (17,29,30). Results of this study demonstrated that, apart from the previously mentioned factors, the adhesive resin used for bonding brackets plays a part in determining the ARI score.

In the Resinomer/OS+ group, enamel fractures were recorded at debonding. This may be due to the high SBS (24.87 ± 5.02 MPa) of Resinomer/OS+. In a previous in vitro study, it has been suggested that higher bond strengths are associated with an increased incidence of enamel fractures (31). On the other hand, Retief (32) noted enamel fractures on in vitro specimens with bond strengths even as low as 9.7 MPa.

CONCLUSION

Bond strength of Resinomer/OS+ system was found superior to Eagle Bond and Transbond XT in terms of shear bond strength for orthodontic purpose. However, the higher SBS of Resinomer/OS+ might result in enamel fractures during debonding. Therefore, clinicians should be careful when removing bonded brackets with this adhesive.



KAYNAKLAR/REFERENCES

1. Karaman AI, Uysal T. Effectiveness of a hydrophilic primer when different antimicrobial agents are mixed. *Angle Orthod* 2004;74:414-419.
2. Surmont P, Dermaut L, Martens L, Moors M. Comparison in shear bond strength of orthodontic brackets between five bonding systems related to different etching times: an in vitro study. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 1992;101:414-419.
3. Buonocore MG. A simple method of increasing the adhesion of acrylic filling materials to enamel surfaces. *J Dent Res* 1955;34:849-853.
4. Newman GV, Snyder WH, Wilson CW. Acrylic adhesives for bonding attachments to tooth surfaces. *Angle Orthod* 1968;38:12-18.
5. Zachrisson BU. Cause and prevention of injuries to teeth and supporting structures during orthodontic treatment. *Am J Orthod* 1976;69:285-300.
6. Linklater RA, Gordon PH. An ex vivo study to investigate bond strengths of different tooth types. *Journal of Orthodontics* 2001;28:59-65.
7. Retief DH, Dreyer CJ, Gavron G. The direct bonding of orthodontic attachments to teeth by means of an epoxy resin adhesive. *Am J Orthod* 1970;58:21-40.
8. Zachrisson BU, Brobakken BO. Clinical comparison of direct versus indirect bonding with different bracket types and adhesives. *Am J Orthod* 1978;74:62-77.
9. Howell S, Weekes WT. An electron microscopic evaluation of the enamel surface subsequent to various debonding procedures. *Aust Dent J* 1990;35:245-252.
10. Murray SD, Hobson RS. Comparison of in vivo and in vitro shear bond strength. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2003;123:2-9.
11. Olsen ME, Bishara SE, Boyer DB, Jacobsen JR. Effect of varying etching times on the bond strength of ceramic brackets. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 1996;109:403-409.
12. Buyukyilmaz T, Usumez S, Karaman AI. Effect of self-etching primers on bond strength-are they reliable? *Angle Orthod* 2003;73:64-70.
13. Årtun J, Bergland S. Clinical trials with crystal growth coordination as an alternative to acid-etching enamel pretreatment. *Am J Orthod* 1984;85:333-340.
14. Cacciafesta V, Sfondrini MF, Scribante A, De Angelis M, Klersy C. Effects of blood contamination on the shear bond strengths of conventional and hydrophilic primers. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2004;126:207-212.
15. Fowler CS, Swartz ML, Moore BK, Rhodes BF. Influence of selected variables on adhesion testing. *Dent Mater* 1992;8:265-269.
16. Oesterle LJ, Shellhart WC, Belanger GK. The use of bovine enamel in bonding studies. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 1998;114(5):514-9.
17. Oesterle LJ, Messersmith ML, Devine SM, Ness CF. Light and setting times of visible light cured orthodontic adhesives. *J Clin Orthod* 1995;29:31-36.
18. Oesterle LJ, Shellhart WC. Effect of aging on the shear bond strength of orthodontic brackets. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2008;133:716-720.
19. Öztürk B, Malkoç S, Koyutürk AE, Çatalbaş B, Özer F. Influence of different tooth types on the bond strength of two orthodontic adhesive systems. *Eur J Orthod* 2008;30:407-412.
20. Britton JC, McInnes P, Weinberg R, Ledoux WR, Retief DH. Shear bond strength of ceramic orthodontic brackets to enamel. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 1990;98:348-353.
21. Ryou DB, Park HS, Kim KH, Kwon TY. Use of flowable composites for orthodontic bracket bonding. *Angle Orthod* 2008;78:1105-1109.
22. Reynolds IR, von Fraunhofer JA. Direct bonding of orthodontic brackets—a comparative study of adhesives. *Br J Orthod* 1976;3:143-146.
23. Germec D, Cakan U, Ozdemir FI, Arun T, Cakan M. Shear bond strength of brackets bonded to amalgam with different intermediate resins and adhesives. *Eur J Orthod*. 2009;31:207-212.
24. Sargison AE, McCabe JF, Gordon PH. An ex vivo study of self-, light-, and dual-cured composites for orthodontic bonding. *Br J Orthod* 1995;22:319-323.
25. Smith RT, Shivapuja PK. The evaluation of dual cement resins in orthodontic bonding. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 1993;103:448-451.
26. Bishara SE, VonWald L, Zamtua J, Damon PL. Effects of various methods of chlorhexidine application on shear bond strength. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 1998;114:150-153.
27. Oesterle L, Shellhart W, Henderson S. Enhancing wire/composite bond strength of bonded retainers with wire surface treatment. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2001;119:625-631.
28. Bishara SE, Trulove TS. Comparisons of different debonding techniques for ceramic brackets: an in vitro study. Part I. Background and methods. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 1990;98(2):145-53.
29. O'Brien KD, Watts DC, Read MJF. Residual debris and bond strength — Is there a relationship? *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 1988;94:222-230.
30. Hobson RS, McCabe JF, Hogg SD. Bond strength to surface enamel for different tooth types. *Dental Materials* 2001;17:184-189.
31. Viazis AD, Cavanaugh G, Bevis PR. Bond strength of ceramic brackets under shear stress: an in vitro report. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 1990;98:214-221.
32. Retief DH. Failure at the dental adhesive etched enamel interface. *L Oral Rehab* 1974;1:265-284.