

Farklı taban tasarımlarına sahip braketlerin tekrar kullanımı öncesinde uygulanan ultrasonik cihaz ve kumlama tekniklerinin bağlanma dayanımına olan etkilerinin değerlendirilmesi

Evaluation of the effects of ultrasonic device and sandblasting techniques on shear bond strength before rebonded brackets with different base designs

Merve BAYEL AKGÜL¹ 
Filiz USLU² 

¹Özel Dent Akgül Ağız ve Diş Sağlığı Polikliniği Nilüfer, Bursa, Türkiye
²İnönü Üniversitesi, Diş Hekimliği Fakültesi, Ortodonti Anabilim Dalı, Malatya, Türkiye

ÖZ

Amaç: Bu çalışmanın amacı lazer, foto etched ve mikro etched taban yapılı braketlerin ikinci kullanımında kumlama ve ultrasonik yöntem ile temizlenmesi sonrası kesme bağlanma dayanımlarının değerlendirilmesidir.

Yöntemler: Çalışmamızda 102 adet braket kullanılarak 3 ana çalışma grubu oluşturuldu. Otuz dört adet lazer taban yapılı Equilibrium-2 braket, 34 adet foto etched taban yapılı Mini Master braket ve 34 adet mikro etched taban yapılı Miniature Twin braket kullanıldı. Braketlerin 1. kesme bağlanma dayanımı ve 1. ARI skorları değerlendirildi. Çalışmadaki 3 ana grup 2 alt gruba ayrılarak her grupta 17 örnek olacak şekilde toplam 6 grup oluşturuldu. Braket tabanları kumlama veya ultrasonik kullanılarak temizlendi ve braketler tekrar aynı dişlere yapıştırıldı. Daha sonra 2. kesme bağlanma dayanımı ve 2. ARI skorları değerlendirildi.

Bulgular: Lazer grubunun 1. kesme bağlanma dayanımı foto ve mikro etched gruplarından yüksek bulunmuştur ($P < ,05$). Lazer kumlama grubunun 2. kesme bağlanma dayanımı lazer, foto etched ve mikro etched ultrasonik gruplarından yüksek bulunmuştur ($P < ,05$). 1. ve 2. kesme bağlanma dayanımı arasındaki fark foto etched kumlama grubu hariç tüm gruplarda anlamlı bulunmuştur ($P < ,05$). Gruplar arasında 1. ve 2. ARI skorları açısından anlamlı farklılık bulunmaktadır ($P < ,05$).

Sonuç: Braketlerin tekrar kullanımı öncesinde uygulanan ultrasonik ve kumlama yöntemlerinin braket taban temizliğinde olumlu etkileri olduğu gözlenmiştir. Lazer, foto etched ve mikro etched taban yapısına sahip braketlerin tekrar kullanımında yeterli kesme bağlanma dayanımı elde edilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Braket taban tasarımı, kumlama, kesme bağlanma dayanımı, ultrasonik cihaz

ABSTRACT

Objective: The aim of this study is to evaluate the shear bond strengths of laser, photo-etched, and micro-etched base structure brackets after cleaning with sandblasting and ultrasonic method for second use.

Methods: In our study, 3 main groups were obtained using 102 brackets. Thirty-four Equilibrium-2 brackets with laser base structure, 34 Mini Master brackets with photo-etched base structure, and 34 Miniature Twin brackets with micro-etched base structure were used. The first shear bond strength and first ARI scores of the brackets were evaluated. Three main groups were divided into 2 subgroups and 6 groups were obtained, with 17 samples in each group. Bracket bases were cleaned using sandblasting or ultrasonic methods and brackets were rebonded to same teeth. Then, the second shear bond strength and second ARI scores were evaluated.

Geliş Tarihi/Received: 21.12.2021

Kabul Tarihi/Accepted: 05.07.2022

Yayın Tarihi/Publication Date: 21.10.2022

Sorumlu Yazar/Corresponding author:
Filiz USLU
E-mail: filizakkabak09@hotmail.com

Cite this article as: Bayel Akgül M, Uslu F. Evaluation of the effects of ultrasonic device and sandblasting techniques on shear bond strength before rebonded brackets with different base designs. *Curr Res Dent Sci.* 2022; 32(4): 253-260.



Content of this journal is licensed under a Creative Commons Attribution-NonCommercial-NoDerivatives 4.0 International License.

Results: The first shear bond strength of the laser group is higher than the photo and micro-etched groups ($P < .05$). The second shear bond strength of the laser sandblasting group is significantly higher than the laser, photo-etched, and micro-etched ultrasonic groups ($P < .05$). The difference between first and second shear bond strength is significantly in all groups except for the photo-etched sandblasting group ($P < .05$). There is significantly difference between the groups in terms of first and second ARI scores ($P < .05$).

Conclusion: It was observed that ultrasonic and sandblasting methods applied prior to the rebonding brackets had positive effects on the cleaning of the bracket base. Adequate bond strength has been achieved in rebonded of laser, photo-etched, and micro-etched base brackets.

Keywords: Bracket base design, sandblasting MPa, shear bond strength, ultrasonic

GİRİŞ

Ortodontik braketlerin diş minesi üzerinden kopmaları klinikte sık karşılaşılan bir durumdur. Braketlerin diş yüzeyinden kopması tedavi süresini artırmakta ve diş hareketlerinde geri dönüşü neden olmaktadır. Birçok yazar mine ile braketin bağlanabilmesi için en uygun bağlanma dayanımının 6-8 MPa olduğunu bildirmiştir.^{1,2} Braketlerin yeterli seviyede bağlanması ortodontik tedavi için oldukça önemlidir.

Ortodontistler tedavi esnasında kopan braketlerin tekrar kullanılması yöntemine sıklıkla başvurumaktadırlar.³ Tekrar kullanılan braketlerin bağlanma dayanımı, braketlerin taban tasarımından, braket tabanında kalan adeziv miktarından, braket tabanının temizlenmesinde kullanılan yöntemlerden etkilenebilmektedir.⁴ Braketlerin taban temizliği için kumlama, tungsten karbid frez, ultrasonik cihazlar ve direkt ısı uygulama işlemleri uygulanabilmektedir.⁵

Ortodontik braketlerin kopmasına bonding başarısızlıkları, braket tabanındaki retansiyon eksiklikleri ve çiğneme kuvvetleri neden olmaktadır.⁶ Braket kopmaları özellikle molar ve premolar dişlerde %6-7,2 oranında gözlenmektedir.⁷ Reynolds ve Von Fraunhofer klinikte braketlerin kopmadan dayanabileceği en az kuvvetin 5,9 MPa olduğunu bildirmişlerdir. Reynolds ve Von Fraunhofer bağlanma dayanımının 13 MPa'yı geçtiği durumlarda minde hasar görülebileceğini raporlamışlardır.⁸ Bonding materyalinin içeriği, asidin uygulama süresi ve konsantrasyonu, braketin yapıldığı materyal ve braketin taban yapısı gibi faktörler bağlanma dayanımını etkileyebilmektedir.⁹

Çalışmamızda farklı taban tasarımlarına sahip 3 braket (lazer tabanlı, mikro etched tabanlı, foto etched tabanlı) ve 2 farklı braket taban temizleme yöntemi (kumlama ve ultrasonik) kullanılmıştır. Bu çalışmanın amacı; farklı taban tasarımlarına sahip braketlerin ilk ve ikinci kesme bağlanma dayanımlarını değerlendirmektir. Ayrıca braketlerin tekrar kullanımı için tabandaki kompozitin temizleme yöntemlerinden hangisi ile daha etkili temizlendiğini tespit etmektir. Bu şekilde hızlı ve etkili bir yolla braketlerin tekrar kullanımının sağlanması hedeflenmektedir.

GEREÇ VE YÖNTEMLER

Çalışma için İnönü Üniversitesi Sağlık Bilimleri Girişimsel Olmayan Klinik Araştırmalar Etik Kurulu'ndan (Protokol No: 2019/7-22) onay alındı. Örnek sayısını belirlemek için yapılan güç analizinde, her grubun kesme bağlanma dayanımının %80 güç ve %95 güven aralığında olması ve farklı taban tasarımlarına sahip metal braketlerin ortalama bağlanma dayanımlarındaki azalmanın 3.5 N olabilmesi için her grupta en az 17 adet örneğin olması gerektiği hesaplanmıştır. Toplamda 102 adet örnek oluşturulmuştur. Örnekler, yapıştirilacak braketlerin taban tasarımları açısından ilk

önce 34 örnek olacak şekilde randomize olarak 3 ana gruba ayrılmıştır. Debonding işleminden sonra kumlama ve ultrasonik yöntemlerinin uygulandığı 2 alt gruba ayrılarak her grupta 17 örnek olacak şekilde toplam 6 grup oluşturulmuştur. Çalışma planı Şekil 1'de gösterilmiştir.

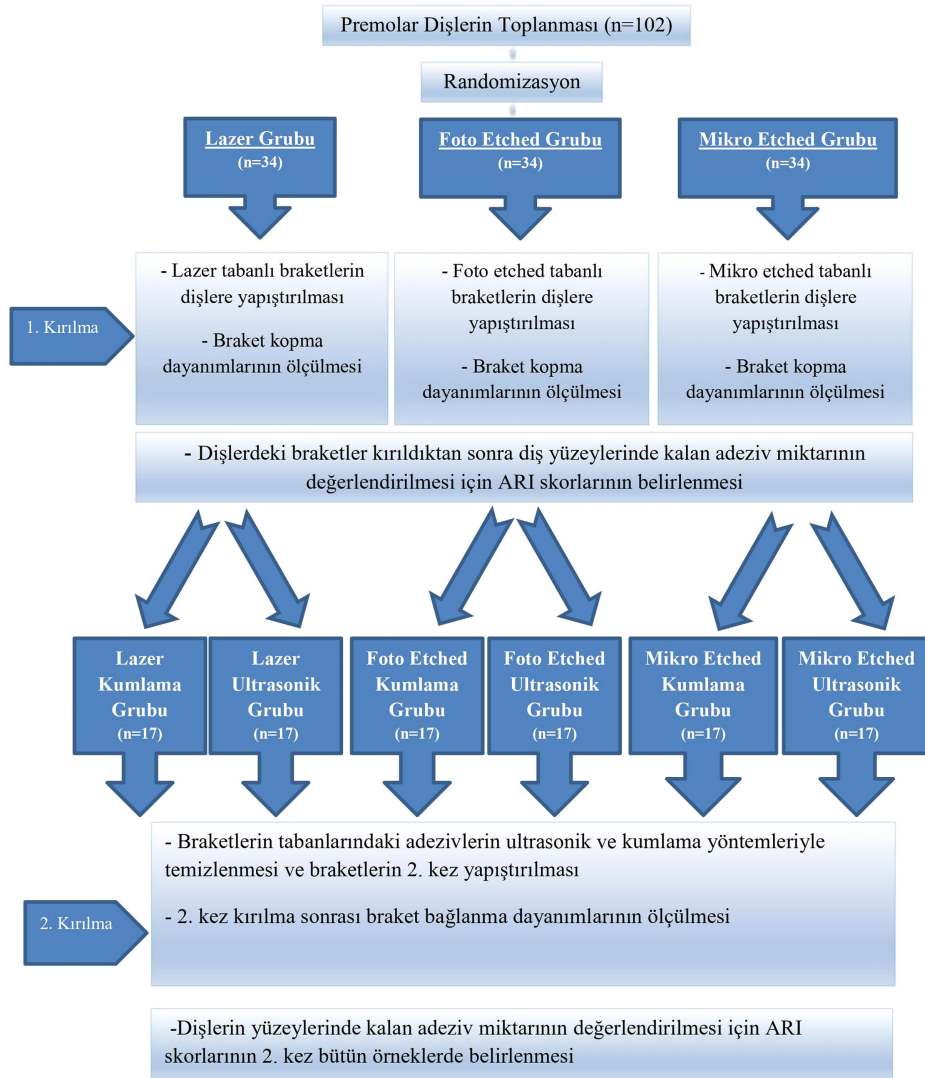
Çalışmada kullanılacak dişler, İnönü Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Ortodonti Anabilim Dalı'ndaki ortodontik tedavisinde diş çekimi planlanan hastalardan toplanmıştır. Testten önce dişler distile sudan çıkarılmıştır. Dişler lastik frez kullanılarak florürsüz pomza ve su karışımı ile 10 saniye boyunca temizlenmiş ve sonra su ile yıkanmıştır. Sonra dişler uzun eksenleri horizontal düzleme dik olacak şekilde akrilik kalıp içerisine gömülerek belirli bir pozisyonda tutulmuş ve çalışma kolaylığı sağlanmıştır (Şekil 2).

Çalışmamızda 3 farklı taban yapısına sahip braket kullanılmıştır. Bunlar:

- Dentaaurum firmasının "Equilibrium® 2 Bracket" MBT reçeteli 0,022 x 0,028 inç oluk genişliğine sahip, lazer taban yapısına sahip paslanmaz çelik premolar diş braketleri (Equilibrium 2, Dentaaurum, Ispringen, Almanya)
- American Orthodontics firmasının "Mini® Master Bracket" MBT reçeteli 0,022 x 0,028 inç oluk genişliğine sahip, foto etched taban yapısına sahip paslanmaz çelik premolar diş braketleri (Mini Master® Series, American Orthodontics, Sheboygan, ABD)
- Unitek firmasının "Unitek™ Miniature Twin Metal Bracket" MBT reçeteli 0,022 x 0,028 inç oluk genişliğine sahip, micro etched taban yapısına sahip paslanmaz çelik premolar diş braketleridir (Miniature Twin Series, 3M Unitek, Monrovia, ABD) (Şekil 3).

Pomzalanıp yıkanmış dişler kurutulduktan sonra bukkal yüzeyleri %37'lik Transbond XT aşındırma jel sistemi (3M Unitek, Monrovia, ABD) ile 30 saniye boyunca pürüzlendirilmiş, hava su spreyi yardımıyla 15 saniye yıkanmış daha sonra mine yüzeyi tebeşirimsi görünüm kazanana kadar yağsız hava ile 15 saniye kurutulmuştur. Çalışmamızda, Transbond XT Primer (3M Unitek, Monrovia, ABD) ve Transbond XT kompozit (3M Unitek, Monrovia, ABD) braketlerin yapıştırılmasında kullanılmıştır ve adeziv materyallerin polimerizasyon reaksiyonu için Light Emitting Diode (LED) ışık cihazı (Elipar™ S10 3M ESPE, MN, ABD) kullanılmıştır.

Örnekler, üniversal test cihazına (MTS, Criterion-C42.503 model, MTS Sistem Şirketi, Eden Prairie, ABD) sabitlenmiştir. Test cihazında ve örneklerin pozisyonunda uyumlama yapabilmek amacı ile akrilik blokların kenarları trimlenmiştir. Bıçak, test makinesinin hareketli üst parçasına monte edilip bıçağın ön kenarı braket ve dişin birleşim bölgesini hedef alacak şekilde konumlandırılmıştır. Örnekler sabit tutularak bıçağın bağlı olduğu üst parça, dikey yönde 1 mm/dk hızla incek şekilde ayarlanmıştır ve braketlerin

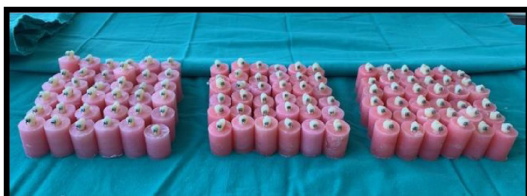


Şekil 1. Çalışma planı

dişe bağlanmasında başarısızlığa neden olan maksimum kuvvet kaydedilmiştir (Şekil 4).¹⁰

Çalışmamızda N cinsinden elde edilen değerler braket taban alanlarına bölünerek ve $Mpa = N/mm^2$ denklemi kullanılarak MPa'ya çevrilmiştir. Braketler, dişlerden ayrıldıktan sonra kırılmanın nerede meydana geldiğini değerlendirebilmek için stereo mikroskop (Euromex Dz 1100 Stereo Microscope, Arnhem, Hollanda) kullanılmıştır. Örnekler 10X büyütme altında incelenmiştir. Adhesive Remnant Index (ARI) skorlaması:

0: Diş üzerinde hiç adeziv artığı kalmadığını



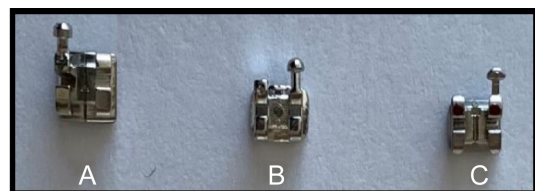
Şekil 2. Tüm akrilik örneklerin birlikte görünümü

1: Diş üzerinde kalan adeziv artığının %50'den az olduğunu

2: Diş üzerinde kalan adeziv artığının %50'den fazla olduğunu

3: Tüm adezivin diş üzerinde kaldığını ifade etmektedir (Şekil 5 ve 6).

Braketlerin tabanında kalan adezivlerin uzaklaştırılabilmesi için ultrasonik cihaz (Guilin Woodpecker, Hw-3h, Medical Instrument Co, Foshan, Çin) her brakete 90 saniye boyunca 25-32 kHz hızla uygulanmıştır. Kumlama işlemi, kumlama cihazı (Rotaxdent



Şekil 3. Çalışmada kullanılan braketerler: (A) Dentaurem Equilibrium® 2 braket (B) American Orthodontics Mini Master® Series braket (C) 3M Unitek™ Miniature Twin Series braket



Şekil 4. Cihaza yerleştirilen trimlenmiş örneklerin görünümü

Kumlama Cihazı, M05-KK2, Rotaks-Dent İstanbul, Türkiye) kullanılarak 50 µm Al₂O₃ partiküllerinin (DynaFlex, 50 µm 10403 MO, ABD) braket tabanına 58 psi basınçla, 10 mm mesafeden 10 saniye boyunca ve dik açıyla püskürtülmesi ile gerçekleştirilmiştir.

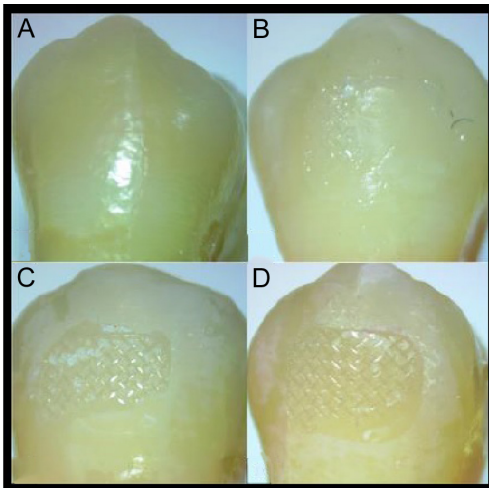
Temizlenen örnekler koparıldığı dişlere tekrar yapışması için bonding işlemleri gerçekleştirilmiştir. Bıçağın bağlı olduğu üst parça 1 mm/dk hızla incek şekilde ayarlanmıştır ve braketlerin dişe bağlanmasında başarısızlığa neden olan maksimum kuvvet kaydedilmiştir. Tüm örnekler testlerin tamamlanmasından sonra 2. kırılmanın nerede meydana geldiğini değerlendirebilmek için stereo mikroskop kullanılarak 10X büyütme altında tekrar incelenmiştir.

İstatistiksel Analiz

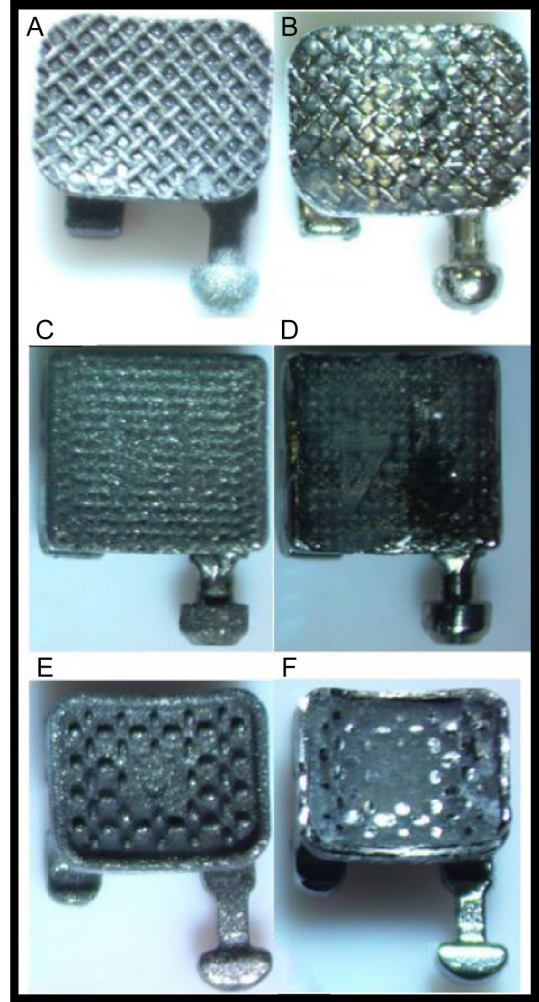
İstatistiksel analizlerde NCSS (Number Cruncher Statistical System) 2007 (Kaysville, Utah, ABD) programı kullanılmıştır. Çalışma verileri değerlendirilirken tanımlayıcı istatistiksel metotların (Ortalama, Standart Sapma, Frekans, Medyan, Oran, Maksimum, Minimum) yanı sıra verilerin dağılımı Shapiro-Wilks Testi ile değerlendirilmiştir. Niceliksel verilerin normal dağılım göstermeyen üç grubun karşılaştırmasında Kruskal-Wallis Testi, normal dağılım göstermeyen verilerin ilişkisinde Spearman's Sıra Korelasyonu kullanılmıştır. Anlamlılık $P < ,01$ ve $P < ,05$ düzeylerinde değerlendirilmiştir.

BULGULAR

Lazer grubunun 1. kesme bağlanma dayanımı değeri istatistiksel olarak foto etched ve mikro etched gruplarından yüksek



Şekil 5. ARI skorlarının stereo mikroskop görüntüsü: (A) ARI 0 (B) ARI 1 (C) ARI 2 (D) ARI 3



Şekil 6. Ultrasonik ve kumlama işlemleri sonrası tüm braket tabanlarının stereo mikroskop görüntüsü: (A) Foto Etched Kumlama (B) Foto Etched Ultrasonik (C) Lazer Kumlama (D) Lazer Ultrasonik (E) Mikro Etched Kumlama (F) Mikro Etched Ultrasonik

bulunmuştur ($P < ,05$) (Tablo 1). Gruplar arasında 2. kesme bağlanma dayanımı değerleri açısından ise, lazer kumlama grubunun 2. bağlanma dayanımı değeri, istatistiksel olarak lazer ultrasonik, foto etched ultrasonik ve mikro etched ultrasonik gruplarından yüksek bulunmuştur ($P < ,05$). Foto etched kumlama grubunun 2. bağlanma dayanımı değeri istatistiksel olarak, foto etched ultrasonik ve mikro etched ultrasonik gruplarından yüksek bulunmuştur ($P < ,05$). Foto etched ultrasonik 2. bağlanma dayanımı değeri mikro etched kumlama grubundan anlamlı derecede

Tablo 1. Grupların 1. kesme bağlanma dayanımının değerlendirilmesi

	Lazer (n=34)	Foto etched (n=34)	Mikro etched (n=34)	*P
	Ort ± SS Min-Max (medyan) (MPa)	Ort ± SS Min-Max (medyan) (MPa)	Ort ± SS Min-Max (medyan) (MPa)	
1. Bağlanma Dayanımı	26,16 ± 7,9 13,34-37,8 (26,61)	22,11 ± 7,66 10,05-36,08 (22,77)	19,88 ± 7,78 10,16-35,57 (17,4)	,005**
Lazer - Foto Etched				,041**
Lazer - Mikro Etched				,001**
Foto Etched - Mikro Etched				,202

*Kruskal-Wallis * $P < ,05$; ** $P < ,01$.

Tablo 2. Grupların 2. kesme bağlanma dayanımının değerlendirilmesi

2. Bağlanma Dayanımı (MPa)	Lazer Kumlama (n = 17)	Lazer Ultrasonik (n = 17)	Foto Etched Kumlama (n = 17)	Foto Etched Ultrasonik (n = 17)	Mikro Etched Kumlama (n = 17)	Mikro Etched Ultrasonik (n = 17)	*P
	Ort ± SS Min-Max (medyan)	Ort ± SS Min-Max (medyan)	Ort ± SS Min-Max (medyan)	Ort ± SS Min-Max (medyan)	Ort ± SS Min-Max (medyan)	Ort ± SS Min-Max (medyan)	
	19,55 ± 5,38 9,02-29,38 (21,27)	14,75 ± 5,04 8,1-24,91 (13,95)	16,94 ± 6,31 8,99-27,74 (14,7)	12,24 ± 3,83 7,14-20,44 (11,49)	16,31 ± 5,41 9,84-25,15 (14,76)	11,77 ± 3,09 8-18,59 (11,43)	.001**
Lazer Kumlama – Lazer Ultrasonik							.015*
Lazer Kumlama - Foto Etched Ultrasonik							.001*
Lazer Kumlama – Mikro Etched Ultrasonik							.001*
Foto Etched Kumlama - Foto Etched Ultrasonik							.013*
Foto Etched Kumlama - Mikro Etched Ultrasonik							.014*
Foto Etched Ultrasonik - Mikro Etched Kumlama							.022*
Mikro Etched Kumlama - Mikro Etched Ultrasonik							.012*

*Kruskall-Wallis *P < ,05 **P < ,01

düşük bulunmuştur ($P < ,05$). Mikro etched kumlama 2. bağlanma dayanımı değeri istatistiksel olarak mikro etched ultrasonik grubundan yüksek bulunmuştur ($P < ,05$) (Tablo 2).

Gruplar arasında 1. bağlanma dayanımı sonrası ARI skorları açısından anlamlı farklılıklar gözlenmiştir ($P < ,05$). Mikro etched ultrasonik grubunun ARI skoru değeri istatistiksel olarak, lazer kumlama, lazer ultrasonik ve mikro etched kumlama gruplarından yüksek bulunmuştur ($P < ,05$) (Tablo 3). Gruplar arasında 2. bağlanma dayanımı sonrası ARI skorları açısından istatistiksel olarak anlamlı farklılıklar bulunmaktadır ($P < ,05$). Mikro etched ultrasonik grubunun ARI skoru değeri, lazer kumlama, foto etched kumlama ve mikro etched kumlama gruplarından anlamlı düzeyde yüksek bulunmuştur ($P < ,05$) (Tablo 4).

1. bağlanma dayanımı testinde bulunan lazer kumlama değeri ($P < ,05$), lazer ultrasonik değeri ($P < ,01$), foto etched ultrasonik değeri ($P < ,01$), mikro etched kumlama değeri ($P < ,05$) ve mikro etched ultrasonik değeri ($P < ,01$) istatistiksel olarak 2. bağlanma dayanımı değerine göre daha yüksek bulunmuştur (Tablo 5).

1. bağlanma dayanımı sonrası lazer ultrasonik grubunda bulunan ARI skorları istatistiksel olarak 2. bağlanma dayanımı sonrası ARI skoruna göre düşüktür ($P < ,05$). 1. bağlanma dayanımı sonrası mikro etched ultrasonik grubunda bulunan ARI skorları ise 2.

bağlanma dayanımı sonrası ARI skoruna göre yine anlamlı derecede düşük olarak gözlenmiştir ($P < ,05$) (Tablo 6).

Lazer grubunda 1. bağlanma dayanımı ve ARI skoru değerleri arasında istatistiksel olarak anlamlı düzeyde negatif yönde ilişki gözlenirken ($P < ,05$), foto etched ve mikro etched grupların 1. bağlanma dayanımı değerleri ile ARI skoru değerleri arasında anlamlı bir ilişki gözlenmemiştir ($P > ,05$) (Tablo 7).

Mikro etched kumlama grubunda 2. bağlanma dayanımı değerleri ile ARI skoru değerleri arasında negatif yönde ilişki gözlenmektedir ($P < ,01$). Diğer grupların 2. bağlanma dayanımı değerleri ile ARI skoru değerleri arasında anlamlı bir ilişki gözlenmemiştir ($P > ,05$) (Tablo 8).

TARTIŞMA

Cozza ve ark.¹¹ sığır dişlerini kullandıkları bir çalışmada, Transbond XT ile yapıştırılan lazer tabanlı Dentaurum Equilibrium-2 braketinin bağlanma dayanımını 29,07 MPa bulmuşlardır. Foil mesh tabanlı braketler, waffle tabanlı braketler ve lazer tabanlı Dentaurum Equilibrium braketlerin bağlanma dayanımı integral tabanlı braketler ve lazer tabanlı Dentaurum Topic braketlerden daha yüksek bulunmuştur. Çalışmamızda Dentaurum Equilibrium braketlerin 1. bağlanma dayanımı Cozza

Tablo 3. Grupların 1. kesme bağlanma dayanımı sonrası ARI skorlarının değerlendirilmesi

1. Bağlanma Dayanımı Sonrası ARI Skorları	Lazer Kumlama (n = 17)	Lazer Ultrasonik (n = 17)	Foto Etched Kumlama (n = 17)	Foto Etched Ultrasonik (n = 17)	Mikro Etched Kumlama (n = 17)	Mikro Etched Ultrasonik (n = 17)	*P
	Ort ± SS Min-Max (medyan)	Ort ± SS Min-Max (medyan)	Ort ± SS Min-Max (medyan)	Ort ± SS Min-Max (medyan)	Ort ± SS Min-Max (medyan)	Ort ± SS Min-Max (medyan)	
	0,88 ± 0,49 0-2 (1)	0,94 ± 0,66 0-2 (1)	1,18 ± 0,53 0-2 (1)	1,24 ± 0,66 0-2 (1)	1,12 ± 0,6 0-2 (1)	1,53 ± 0,62 0-2 (2)	.029*
Mikro Etched Ultrasonik – Lazer Kumlama							.002**
Mikro Etched Ultrasonik – Lazer Ultrasonik							.012*
Mikro Etched Ultrasonik – Mikro Etched Kumlama							.048*

*Kruskall-Wallis *P < ,05 **P < ,01.

Tablo 4. Grupların 2. kesme bağlanma dayanımı sonrası ARI skorlarının değerlendirilmesi

2. Bağlanma Dayanımı Sonrası ARI Skorları	Lazer Kumlama (n = 17)	Lazer Ultrasonik (n = 17)	Foto Etched Kumlama (n = 17)	Foto Etched Ultrasonik (n = 17)	Mikro Etched Kumlama (n = 17)	Mikro Etched Ultrasonik (n = 17)	*P
	Ort ± SS Min-Max (medyan)	Ort ± SS Min-Max (medyan)	Ort ± SS Min-Max (medyan)	Ort ± SS Min-Max (medyan)	Ort ± SS Min-Max (medyan)	Ort ± SS Min-Max (medyan)	
	1,18 ± 0,53 0-2 (1)	1,41 ± 0,51 1-2 (1)	1,29 ± 0,59 1-3 (1)	1,53 ± 0,51 1-2 (2)	1,35 ± 0,7 0-3 (1)	1,82 ± 0,64 1-3 (2)	0,034*
Mikro Etched Ultrasonik – Lazer Kumlama							0,004**
Mikro Etched Ultrasonik – Foto Etched Kumlama							0,011*
Mikro Etched Ultrasonik – Mikro Etched Kumlama							0,043*

*Kruskall-Wallis *P < ,05 **P < ,01.

Tablo 5. Gruplar arası 1. ve 2. kesme bağlanma dayanımının değerlendirilmesi

		1. Bağlanma Dayanımı Değerleri (MPa) (n = 17)		2. Bağlanma Dayanımı Değerleri (MPa) (n = 17)		Fark	^b P
		Ort ± Ss	Min-Max (medyan)	Ort ± Ss	Min-Max (medyan)		
Lazer Kumlama	Ort ± Ss	25,12 ± 8,04		19,55 ± 5,38		-5,57 ± 2,66	,025*
	Min-Max (medyan)	13,34-37,43 (23,93)		9,02-29,38 (21,27)			
Lazer Ultrasonik	Ort ± Ss	27,2 ± 7,87		14,75 ± 5,04		-12,45 ± 2,83	,002**
	Min-Max (medyan)	15,01-37,8 (28,66)		8,1-24,91 (13,95)			
Foto Etched Kumlama	Ort ± Ss	22,96 ± 7,72		16,94 ± 6,31		-6,02 ± 1,41	,062
	Min-Max (medyan)	10,27-36,08 (23,09)		8,99-27,74 (14,7)			
Foto Etched Ultrasonik	Ort±Ss	21,25 ± 7,75		12,24 ± 3,83		-9,01 ± 3,92	,003**
	Min-Max (medyan)	10,05-34,48 (22,58)		7,14-20,44 (11,49)			
Mikro Etched Kumlama	Ort ± Ss	20,53 ± 7,04		16,31 ± 5,41		-4,22±1,63	,039*
	Min-Max (medyan)	11,94-32,32 (17,66)		9,84-25,15 (14,76)			
Mikro Etched Ultrasonik	Ort ± Ss	19,24 ± 8,62		11,77 ± 3,09		-7,47 ± 5,53	,002**
	Min-Max (medyan)	10,16-35,57 (17,14)		8-18,59 (11,43)			

^bWilcoxon Signed Rank Testi **P < ,01.

Tablo 6. Gruplar arası 1. ve 2. kesme bağlanma dayanımı sonrası ARI skorlarının değerlendirilmesi

		1. Bağlanma Dayanımı Sonrası ARI Skorları (n = 17)		2. Bağlanma Dayanımı Sonrası ARI Skorları (n = 17)		Fark	^b P
		Ort ± Ss	Min-Max (medyan)	Ort ± Ss	Min-Max (medyan)		
Lazer Kumlama	Ort ± Ss	0,88 ± 0,49		1,18 ± 0,53		0,3 ± 0,04	,059
	Min-Max (medyan)	0-2 (1)		0-2 (1)			
Lazer Ultrasonik	Ort ± Ss	0,94 ± 0,66		1,41 ± 0,51		0,47 ± 0,15	,033*
	Min-Max (medyan)	0-2 (1)		1-2 (1)			
Foto Etched Kumlama	Ort ± Ss	1,18 ± 0,53		1,29 ± 0,59		0,11 ± 0,06	,480
	Min-Max (medyan)	0-2 (1)		1-3 (1)			
Foto Etched Ultrasonik	Ort ± Ss	1,24 ± 0,66		1,53 ± 0,51		0,29 ± 0,15	,096
	Min-Max (medyan)	0-2 (1)		1-2 (2)			
Mikro Etched Kumlama	Ort ± Ss	1,12 ± 0,6		1,35 ± 0,7		0,23 ± 0,1	,157
	Min-Max (medyan)	0-2 (1)		0-3 (1)			
Mikro Etched Ultrasonik	Ort ± Ss	1,53 ± 0,62		1,82 ± 0,64		0,29 ± 0,02	,025*
	Min-Max (medyan)	0-2 (2)		1-3 (2)			

^bWilcoxon Signed Rank Testi **P < ,01.

ve ark.'nın çalışmasındakine benzer şekilde 26,16 MPa bulunmuştur. Dholakiya ve ark.¹² 400 adet insan premolar dişine Transbond XT ile 4 farklı braket yapıstırıp bağlanma dayanımını ölçmüşlerdir. Lazer tabanlı Dentaurum Equilibrium braketlerin bağlanma dayanımı 14,72 MPa iken, foto etched tabanlı American Orthodontics Mini Master Series braketlerin bağlanma dayanımı 10,65 MPa'dır. Çalışmada lazer tabanlı braketler foto etched tabanlı braketlerden daha yüksek bağlanma dayanımını göstermiştir. Çalışmamızda bu çalışmaya benzer şekilde lazer tabanlı Dentaurum Equilibrium braketlerin bağlanma dayanımı foto etched tabanlı American Orthodontics Mini Master Series braketlerden yüksek bulunmuştur. Dalaie ve ark.¹³ porselen yüzeyine yapıştırılan 4 farklı taban tasarımına sahip metal braketin bağlanma dayanımlarını değerlendirmişlerdir. En yüksek bağlanma dayanımının lazer tabanlı Dentaurum Discovery metal braketlerde, 2. en yüksek bağlanma dayanımının ise foto etched tabanlı American Orthodontics Mini Master Series braketlerde gözlemlendiğini rapor etmişlerdir. Braket taban tasarımının

Tablo 7. Grupların 1. kesme bağlanma dayanımı ve 1. kesme bağlanma dayanımı sonrası ARI skorları arasındaki korelasyon.

Gruplar Fmax (MPa)	r	^b P
Lazer	-0,421	,013*
Foto Etched	-0,252	,151
Mikro Etched	-0,172	,331

^bSpearman's Korelasyon *P < ,05.

feldspatik porselen yüzeylerde bağlanma dayanımını önemli ölçüde etkilediğini bildirmişlerdir. Çalışmamızda da benzer şekilde lazer tabanlı Dentaurum braketlerde 1. bağlanma dayanımı en yüksek bulunmuştur. Aynı şekilde 2. en yüksek bağlanma dayanımı foto etched tabanlı American Orthodontics Mini Master Series braketlerde gözlenmiştir. Lugato ve ark.¹⁴ kumlama yöntemi ile tekrar kullanılan braketlerin 1. ve 2. bağlanma dayanımları arasında anlamlı bir farkın bulunmadığını ve braket tabanının kulanılmasından braketlerin bağlanma dayanımını etkilemediğini bildirmişlerdir. Çalışmamızda ise kumlama yöntemi ile tekrar kullanılan braketlerin 1. ve 2. bağlanma dayanımları değerlendirildiğinde; foto etched grubunda anlamlı bir fark bulunmazken lazer ve mikro etched gruplarında anlamlı fark tespit edilmiştir.

Tablo 8. Grupların 2. kesme bağlanma dayanımı ve 2. kesme bağlanma dayanımı sonrası ARI skorları arasındaki korelasyon

Gruplar Fmax (MPa)	r	^b P
Lazer Kumlama	-0,358	,159
Lazer Ultrasonik	-0,415	,098
Foto Etched Kumlama	-0,284	,268
Foto Etched Ultrasonik	-0,192	,459
Mikro Etched Kumlama	-0,613	,009**
Mikro Etched Ultrasonik	-0,305	,233

^bSpearman's Korelasyon *P < ,05.

Halwai ve ark.¹⁵ çalışmalarında, mikro etched tabanlı 3M Unitek Gemini Series braketleri tekrar kullanım öncesinde kumlama, direkt ısı uygulayarak ve yeşil taş ile temizleyip yapıştırmışlardır. Ölçülen bağlanma dayanımı kumlama yapılmış grupta 9,12 MPa, direkt ısı uygulama grubunda 7,29 MPa, yeşil taş grubunda 6,03 MPa'dır. Çalışmanın sonucunda braket taban temizleme yöntemleri arasında en etkili yöntemin kumlama olduğu rapor edilmiştir. Kumlama grubunun bağlanma dayanımı, direkt ısı uygulama ve yeşil taş grubunun bağlanma dayanımından anlamlı olarak yüksek bulunmuştur. Çalışmamız Halwai ve ark.'nın çalışmasını destekler nitelikte olup tüm kumlama gruplarındaki bağlanma dayanımı tüm ultrasonik gruplarından daha yüksek bulunmuştur. Çalışmamızın sonucunda braket taban temizleme yöntemlerinden kumlama yöntemi ultrasonik yönteminden daha etkili bulunmuştur. Başka bir çalışmada ise, Er:YAG lazer, kumlama, direkt ısı uygulama ve CO₂ lazer yöntemleri kullanılarak braketler tekrar yapıştırılmış ve bağlanma dayanımı en yüksek kumlama grubunda bulunmuştur.⁴ Aynı çalışmada, çalışmamızla uyumlu olarak kumlama yönteminin en etkin braket taban temizleme yöntemi olduğu gösterilmektedir.

Regan ve ark.¹⁶ çalışmalarında 3 farklı taban tasarımına sahip braketin 1. ve 2. bağlanma dayanımlarını incelemişlerdir. Çalışma sonucunda braketlerin 2. bağlanma dayanımı 1. bağlanma dayanımından anlamlı derecede düşük bulunmuştur. Çalışmamız Regan ve ark.'nın çalışmasını destekler niteliktedir. Foto etched kumlama grubu hariç tüm gruplarımızda 2. bağlanma dayanımı 1. bağlanma dayanımından anlamlı derecede düşük bulunmuştur.

Al Maaitah ve ark.¹⁷ braketlerin tekrar kullanımında tungsten karbid frez ve ultrasonik temizleme yöntemleri arasında bağlanma dayanımı açısından anlamlı bir fark bulmamışlardır. Kumlama grubundaki bağlanma dayanımı ve yeni braketlerin bağlanma dayanımları benzer bulunmuştur. Kumlama grubunun bağlanma dayanımı ultrasonik grubunun bağlanma dayanımından fazla bulunmuştur. Çalışmamızda Al Maaitah ve ark.'nın çalışmasında olduğu gibi kumlama grupları ultrasonik gruplarından yüksek bağlanma dayanımı göstermiştir. Foto etched grubu hariç tüm gruplarımızda fark anlamlı düzeyde rapor edilmiştir. Ayrıca çalışmamızda da Al Maaitah ve ark.'nın rapor ettiği gibi ultrasonik yöntemi etkili bir braket taban temizleme yöntemi olarak tespit edilmiştir. Ultrasonik, braket tabanı kompozit arasındaki bağlantıyı koparmaktadır ve braket tabanının retansiyon özelliklerini korumaktadır.

Dholakiya ve ark.'nın¹² 4 farklı braket sistemi kullandıkları çalışmalarında 1. ARI skoru 1 olan örnek sayısının en fazla olduğu, 1. ARI skoru 3 olan örnek sayısının ise en az olduğu ve braketlerin genellikle karışık bir şekilde kırılma gösterdiği tespit edilmiştir. Çalışmamız, ARI skorları açısından Dholakiya ve ark.'nın çalışması ile oldukça benzer sonuçlar göstermektedir. Cozza ve ark.'nın¹¹ yaptıkları çalışmanın 1. ARI skorları incelendiğinde, skoru 0 olan örnek sayısının en fazla olduğu, skoru 3 olan örnek sayısının ise en az olduğu rapor edilmiştir. Çalışmamızda 1. ARI skorları değerlendirildiğinde skoru 1 olan örnek sayısının en fazla çıkması Cozza ve ark.'nın çalışma sonuçları ile paralellik göstermemektedir. Bu farklı sonuçların, çalışmamızda stereo mikroskop 10X büyütme kullanılması, Cozza ve ark.'nın çalışmalarında ise taramalı elektron mikroskopu kullanması ve bu mikroskoptaki büyütmenin 20X olmasından kaynaklandığı düşünülebilir. Chung ve ark.'nın¹⁸ yeni ve kulanmış braketleri kullanarak yaptıkları çalışmanın 1. ARI skorları incelendiğinde 1. ARI skoru 2 olan örnek sayısının en fazla olduğu, 1. ARI skoru 0 olan örnek sayısının ise en az olduğu bildirilmiştir. Çalışmadaki 2. ARI skorları incelendiğinde ise ARI

skoru 2 olan örnek sayısının en fazla olduğu, ARI skoru 3 olan örnek sayısının en az olduğu tespit edilmiştir. Çalışmadaki ARI skorları değerlendirildiğinde tüm grupların benzer kopma eğilimi gösterdiği tespit edilmiştir. Bu sebeple örneklerin üzerinde kalan adezivlerin giderilmesi için klinik temizlemenin gerekli olduğu rapor edilmiştir. Çalışmamızda 2. ARI skorları 1 ve 2 skorunda yoğunlaşmaktadır ve en az tespit edilen skor ise 0'dır. Chung ve ark.'nın çalışmasında bıçak hareket hızının 5 mm/dk olması, kullanılan braketlerin tabanlarının ve adezivin farklı olması çalışmamız sonuçları ile farklılığın nedeni olarak düşünülebilir. Regan ve ark.'nın¹⁶ 3 farklı braket kullandıkları çalışmanın ARI skorları karşılaştırıldığında 1. ve 2. ARI skorları arasında anlamlı bir fark bulunmamıştır. Çalışmamızda ise lazer ultrasonik ve mikro etched ultrasonik grubundaki ARI skoru artışının anlamlı olduğu tespit edilmiştir. Bu yönü ile çalışmamız Regan ve ark.'nın yaptıkları çalışmadan farklılık göstermektedir. Bunun sebebinin Regan ve ark.'nın farklı tip adeziv ve farklı braket taban tasarımı kullanmasına bağlı olabileceği düşünülmektedir.

Çalışmamızın in vitro bir çalışma olması sebebiyle bazı limitasyonları bulunmaktadır. Elde edilen sonuçların daha sağlıklı değerlendirilebilmesi için daha çok braket taban temizliği yönteminin kullanıldığı ve daha çok braket taban tasarımının değerlendirildiği in vitro ve in vivo çalışmalara ihtiyaç duyulmaktadır.

Birinci kesme bağlanma dayanımı, lazer tabanlı braketlerde, foto etched ve mikro etched tabanlı braketlerden daha yüksektir. İkinci kesme bağlanma dayanımı, lazer kumlama grubunun diğer tüm gruplardan daha yüksektir. Lazer, foto etched ve mikro etched tabanlı yapıya sahip braketlerin tekrar kullanımında yeterli bağlanma dayanımı elde edilmesinin yanında yeni braketlerde tekrar kullanılan braketlerden daha yüksek bağlanma dayanımı gözlenmiştir. Tüm kumlama gruplarında tüm ultrasonik gruplarından daha yüksek bağlanma dayanımı tespit edilmiştir. Mikro etched ultrasonik grubunun 1. ARI skorları; lazer kumlama, lazer ultrasonik ve mikro etched kumlama gruplarından daha yüksektir. Mikro etched ultrasonik grubunun 2. ARI skorları; lazer kumlama, foto etched kumlama ve mikro etched kumlama gruplarından daha yüksektir. Çalışmamızdaki tüm gruplarda 2. ARI skorları 1. ARI skorlarından daha yüksek bulunmuştur.

Etik Komite Onayı: Bu çalışma için İnönü Üniversitesi Sağlık Bilimleri Girişimsel Olmayan Klinik Araştırmalar Etik Kurulu'ndan (Tarih: 02.04.2019, Protokol No: 2019/7-22) onay alınmıştır.

Hakem Değerlendirmesi: Dış bağımsız.

Yazar Katkıları: Fikir – F.U., M.B.A.; Tasarım – F.U., M.B.A.; Denetleme – F.U.; Kaynaklar – M.B.A.; Veri Toplanması ve/veya İşlemesi – M.B.A.; Analiz ve/veya Yorum – F.U., M.B.A.; Literatür Taraması – M.B.A.; Yazıyı Yazan – F.U., M.B.A.; Eleştirel İnceleme – F.U.

Çıkar Çatışması: Yazarlar çıkar çatışması bildirmemişlerdir.

Finansal Destek: Bu araştırma İnönü Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Birimi tarafından TDH 2019-1839 Proje numarası ile desteklenmiştir.

Ethics Committee Approval: Ethical committee approval was received from the Non-Interventional Clinical Research Ethics Committee of İnönü University (Date: April 2, 2019, Protocol No: 2019/7-22).

Peer-review: Externally peer-reviewed.

Author Contributions: Concept – F.U., M.B.A.; Design – F.U., M.B.A.; Supervision – F.U.; Resources – M.B.A.; Data Collection and/or Processing – M.B.A.; Analysis and/or Interpretation – F.U., M.B.A.; Literature Search – M.B.A.; Writing Manuscript – F.U., M.B.A.; Critical Review – F.U.

Declaration of Interests: The authors have no conflicts of interest to declare.

Funding: This research was supported by İnönü University Scientific Research Projects Unit with Project number TDH 2019-1839.

KAYNAKLAR

- Charles A, Senkutvan R, Ramya RS, Jacob S. Evaluation of shear bond strength with different enamel pretreatments: An in vitro study. *Indian J Dent Res.* 2014;25(4):470-474. [\[CrossRef\]](#)
- Whitlock III BO, Eick JD, Ackerman Jr RJ, Glaros AG, Chappell RP. Shear strength of ceramic brackets bonded to porcelain. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 1994;106(4):358-364. [\[CrossRef\]](#)
- Lavernhe P, Estivalèzes E, Lachaud F, Lodter C, Piquet R. Orthodontic bonding: Finite element for standardized evaluations. *Int J Adhes Adhes.* 2010;30(1):21-29. [\[CrossRef\]](#)
- Yassaei S, Aghili H, KhanPayeh E, Goldani Moghadam M. Comparison of shear bond strength of rebonded brackets with four methods of adhesive removal. *Lasers Med Sci.* 2014;29(5):1563-1568. [\[CrossRef\]](#)
- Basudan AM, Al-Emran SE. The effects of in-office reconditioning on the morphology of slots and bases of stainless steel brackets and on the shear/peel bond strength. *J Orthod.* 2001;28(3):231-236. [\[CrossRef\]](#)
- Tavares SW, Consani S, Nouer DF, Magnani MB, Nouer PR, Martins LM. Shear bond strength of new and recycled brackets to enamel. *Braz Dent J.* 2006;17(1):44-48. [\[CrossRef\]](#)
- Adolfsson U, Larsson E, Ögaard B. Bond failure of a no-mix adhesive during orthodontic treatment. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 2002;122(3):277-281. [\[CrossRef\]](#)
- Reynolds IR, Von Fraunhofer JA. Direct bonding of orthodontic attachments to teeth: The relation of adhesive bond strength to gauze mesh size. *Br J Orthod.* 1976;3(2):91-95. [\[CrossRef\]](#)
- Davari AR, Yassaei S, Daneshkazemi AR, Yosefi MH. Effect of different types of enamel conditioners on the bond strength of orthodontic brackets. *J Contemp Dent Pract.* 2007;8(1):36-43. [\[CrossRef\]](#)
- Elmas S, Göncü Başaran E, İzgi D. Diş hekimliğinde kullanılan bağlanma dayanımı test metotları. *Curr Res Dent Sci.* 2021;31:283-288.
- Cozza P, Martucci L, De Toffol L, Penco SI. Shear bond strength of metal brackets on enamel. *Angle Orthod.* 2006;76(5):851-856. [\[CrossRef\]](#)
- Dholakiya N, Desai H, Dal MS, Patel N, Aghera R, Agrawal N. Comparison of shear bond strength of different orthodontic metal bracket-bases bonded on enamel surface—an in vitro study. *JAMMR.* 2016;18(5):1-9. [\[CrossRef\]](#)
- Dalaie K, Mirfasihi A, Eskandarion S, Kabiri S. Effect of bracket base design on shear bond strength to feldspathic porcelain. *Eur J Dent.* 2016;10(3):351-355. [\[CrossRef\]](#)
- Lugato ICPT, Pignatta LMB, Arantes Fde M, Santos ECA. Comparison of the shear bond strengths of conventional mesh bases and sand-blasted orthodontic bracket bases. *Braz Oral Res.* 2009;23(4):407-414. [\[CrossRef\]](#)
- Halwai HK, Kamble RH, Hazarey PV, Gautam V. Evaluation and comparison of the shear bond strength of rebonded orthodontic brackets with air abrasion, flaming, and grinding techniques: an in vitro study. *Orthodontics (Chic.).* 2012;13(1):e1-e9.
- Regan D, LeMasney B, van Noort R. The tensile bond strength of new and rebonded stainless steel orthodontic brackets. *Eur J Orthod.* 1993;15(2):125-135. [\[CrossRef\]](#)
- Al Maaitah EF, Alomari S, Abu Alhaija ES, Saf AA. The effect of different bracket base cleaning method on shear bond strength of rebonded brackets. *J Contemp Dent Pract.* 2013;14(5):866-870. [\[CrossRef\]](#)
- Chung CH, Fadem BW, Levitt HL, Mante FK. Effects of two adhesion boosters on the shear bond strength of new and rebonded orthodontic brackets. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 2000;118(3):295-299. [\[CrossRef\]](#)