

Yüksek Doldurucu Oranına Sahip Akışkan Kompozitlerin, Kondanse Edilebilir Kompozit ve Geleneksel Akışkan Kompozit Rezinlere Göre Mikro Makaslama Bağlanma Dayanım Kuvvetinin Karşılaştırılması: Bir *in vitro* Çalışma

Comparison of Micro Shear Bond Strength of High Filler Flowable Composites to Condensable Composite and Conventional Flowable Composite Resins: An *in vitro* Study

Rahime Zeynep ERDEM^a, Kevser KARAKAYA^b

^aAfyonkarahisar Sağlık Bilimleri Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi, Restoratif Diş Hekimliği AD, Afyonkarahisar, Türkiye

^bAfyonkarahisar Sağlık Bilimleri Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi, Protetik Diş Tedavisi AD, Afyonkarahisar, Türkiye

Bu çalışma, 13. Dünya Estetik Diş Hekimliği Kongresi (IFED)'nde (25-27 Nisan 2024, İstanbul) sözlü olarak sunulmuştur.

ÖZET Amaç: Bu *in vitro* çalışmanın amacı, universal bir adeziv ile birlikte uygulanan; yüksek dolduruculu akışkan kompozit rezinlerin, geleneksel akışkan kompozit rezinlerin, tepilebilir kompozit rezinlerin makaslama bağlanma dayanımını karşılaştırmaktır. **Gereç ve Yöntemler:** Çürüksüz üçüncü büyük azı dişlerinden elde edilen 96 örnek, 4 ana grup ve her birinde 2 alt grup olacak şekilde toplamda 8 gruba (n=12) ayrıldı. 4 ana grup: 1. grup “G-ænial Posterior composite, 2. grup “G-ænial Universal Flo (GUF), 3. grup “Clearfil™ Majesty ES Flow, 4. grup “RUBY Flow. “Scotchbond Universal Plus” her grupta 2 farklı yöntemle uygulanarak ikişer alt grup oluşturulmuştur: a) Self-etch uygulama, b) Etch&rinse. Örneklerin mikro makaslama bağ dayanımları ise bir universal test cihazı kullanılarak belirlendi. Veriler, iki yönlü varyans analizi ve Tukey HSD testi ile değerlendirildi ($\alpha=0,05$). **Bulgular:** GUF'un makaslama bağlanma kuvveti diğer gruplardan önemli ölçüde farklıydı ($p<0,001$). Diğer materyaller arasında ise makaslama bağlanma kuvveti açısından anlamlı bir fark gözlenmedi ($p>0,161$). Yöntemler arası karşılaştırmada ise asitle pürüzlendirme yöntemiyle uygulanan kompozit blokların bağlanma dayanımının, self-etch yöntemine kıyasla istatistiksel olarak daha yüksek olduğu belirlendi ($p<0,05$). **Sonuç:** Test edilen 4 farklı kompozit materyal arasında, GUF'un en yüksek bağlanma dayanımı değerleri sergilediği görüldü. Ayrıca, asitle pürüzlendirme yönteminin, kompozit materyallerin bağlanma mukavemetini artırdığı tespit edildi.

ABSTRACT Objective: The purpose of this *in vitro* study was to compare the shear bond strength of high filler flowable composite resins, conventional flowable composite resins, and packable composite resins when applied with a universal adhesive. **Material and Methods:** Ninety-six specimens obtained from caries-free third molars, 4 main groups and 2 subgroups in each group, totaling 8 groups (n=12) were separated. The 4 main groups were: 1st group “G-ænial Posterior composite, 2nd group “G-ænial Universal Flo (GUF), 3rd Group “Clearfil™ Majesty ES Flow, 4th group “RUBY Flow. Scotchbond Universal Plus” in each group 2 subgroups were formed by applying 2 different methods: a) Selfetch application, b) Etch&rinse. The micro shear bond strengths of the samples were determined using a universal testing machine. Data were analyzed using two-way analysis of variance and the Tukey HD test ($\alpha=0.05$). **Results:** The micro shear bond strength of the GUF group samples was determined to be significantly different from that of the other three groups ($p<0.001$). There was no significant difference in shear bond strength between the other materials ($p>0.161$). In the comparison between the methods, it was determined that the bond strength of the composite blocks applied with the acid etching method was statistically higher than the self-etch method. **Conclusion:** Among the 4 different composite materials tested, GUF was found to exhibit the highest bond strength values. Acid etching increased the bond strength of composite materials.

Anahtar Kelimeler: Akışkan kompozit; yapıştırıcılar; asitle pürüzlendirme; mikro makaslama bağ kuvveti

Keywords: Flowable composite; adhesives; acid etching; microshear bond strength

KAYNAK GÖSTERMEK İÇİN:

Erдем RZ, Karakaya K. Yüksek doldurucu oranına sahip akışkan kompozitlerin, kondanse edilebilir kompozit ve geleneksel akışkan kompozit rezinlere göre mikro makaslama bağlanma dayanım kuvvetinin karşılaştırılması: Bir *in vitro* çalışma. Türkiye Klinikleri J Dental Sci. 2025;31(1):129-38.

Correspondence: Rahime Zeynep ERDEM

Afyonkarahisar Sağlık Bilimleri Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi, Restoratif Diş Hekimliği AD, Afyonkarahisar, Türkiye

E-mail: zeynepguvendi@hotmail.com



Peer review under responsibility of Türkiye Klinikleri Journal of Dental Sciences.

Received: 28 May 2024

Received in revised form: 18 Nov 2024

Accepted: 03 Dec 2024

Available online: 16 Jan 2025

2146-8966 / Copyright © 2025 by Türkiye Klinikleri. This is an open access article under the CC BY-NC-ND license (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>).

1990'lı yıllarda, estetik özellikleri ve düşük viskoziteleri nedeniyle akışkan kompozit rezinler yeni bir malzeme olarak tanıtılmıştır. Şırınga ile uygulanmaları, akışkan kompozit rezinlerin ulaşılması zor bölgelere yayılmasını ve kullanımını pratik hâle getirmiştir.¹ Akışkan kompozit rezinlerin, daha yüksek viskoziteye sahip geleneksel restoratif kompozit rezinlere kıyasla, küçük boyuttaki kavitelere daha iyi uyum sağlaması ve uygulanması beklenmektedir.^{2,3} Kavite duvarlarına daha iyi uyum sağlamalarına rağmen, mekanik özelliklerinin kondanse edilebilir kompozit rezinlere göre daha zayıf olması, bu materyallerin dezavantajlarından biridir.⁴ Akışkan kompozitlerin doldurucu partikül miktarı hacimce %37-53 oranındadır. Akışkan kompozitler organik matris oranı yüksek, viskoziteleri düşük olduğu için kavite duvarlarına iyi uyum sağlarlar. Bu durum, malzemenin akışkanlığını artırırken elastisite modülünü azaltmaktadır.⁵

Üreticiler, polimerizasyon büzülmesinin olumsuz etkilerini azaltmak amacıyla yeni materyaller geliştirmeye çalışmışlardır. Daha iyi mekanik özellikler ve aşınma direnci sunduğu iddia edilen yüksek dolduruculu akışkan kompozit rezinler de piyasaya sürülmüştür [Clearfil™ Majesty ES Flow (CMEF), Kuraray Noritake Dental Inc., Japonya; G-aenial Universal Flo (GUF), GC Corporation, Japonya]. Üretici firma, GUF'un yüksek viskozitesinin geleneksel kompozit rezinlere benzediğini ve bu durumun akışkan kompozitin mekanik özelliklerini iyileştirdiğini belirtmektedir.⁶ CMEF (dolgu içeriği: ağırlıkça %75 ve hacimce %62), yüksek dolgu içeriği sayesinde yeni bir akışkan kompozit olarak öne çıkmaktadır. Bu malzeme, geleneksel tip "Majesty" kompozit ile karşılaştırıldığında (Kuraray Noritake Dental, Tokyo, Japonya; dolgu içeriği: ağırlıkça %78 ve hacimce %69), daha yüksek bir doldurucu oranına sahiptir.

Son yıllarda, klinisyenlere kullanım kolaylığı sağlayan ve farklı seçenekler sunan çok yönlü (multi-mode) universal adezivler geliştirilmiştir. Tek şişe "self-etch" adeziv konseptine dayanan bu adezivler, 3 farklı şekilde kullanılabilir: "Etch&rinse" (ER), "self-etch" (SE) ve "selektif etch". Ayrıca, bu adezivler diş yüzeylerinin yanı sıra birçok farklı yüzeye de bağlanabilme özelliğine sahiptir.⁷

Restorasyon materyallerinin performansı ve adeziv sistemlerin klinik etkinliği hakkında kritik veri-

ler sağlamak amacıyla bağlanma dayanımı testleri sıklıkla kullanılır. Bağlanma dayanımı testi, bu alandaki önemli bir yöntem olup, ilk olarak 1994 yılında Sano tarafından önerilmiştir.⁸ Bu test yöntemi, dentinin yaklaşık 1 mm²lik alanında bağlanma dayanımını ölçmek için kullanılabilir ve tek bir diştten birden çok örnek alınabilir.⁸ Araştırmacılar, bu yöntemin kullanılmasıyla gözlemlenen kopmaların daha çok bağlantı ara yüzeyinde olduğunu bildirmişlerdir. Ayrıca daha geniş yüzey alanının kullanıldığı klasik test yöntemlerine göre daha büyük mikro makaslama bağlanma dayanıklılığını değerleri elde edilmiştir.⁹

Bu *in vitro* çalışmanın amacı, farklı kompozit materyallerin makaslama bağ dayanımını; universal bir adezivi "ER" ve "SE" modlarında kullanarak karşılaştırmaktır. Çalışmanın H1 hipotezleri şunlardır: A) Test edilen kompozit rezinler arasında mikro makaslama bağlanma dayanıklılığında farklılıklar vardır. B) Asitleme işlemi mikro makaslama bağlanma dayanıklılığını artırır ve C) Kompozit rezin ile asit etkileşimi birlikte mikro makaslama bağlanma dayanıklılığını artırır.

GEREÇ VE YÖNTEMLER

Afyonkarahisar Sağlık Bilimleri Üniversitesi Girişimsel Olmayan Klinik Araştırmalar Etik Kurulundan (tarih: 7 Temmuz 2023, no: 2023/310) çekilmiş insan dişlerinin kullanımına ilişkin onay alındı. Çalışma, Helsinki Deklarasyonu prensiplerine uygun olarak yapıldı ve hastalardan bilgilendirilmiş onam alındı. Üzerinde herhangi bir çürük, çatlak bulunmayan insan 3. molar dişleri (n=48) toplandı. Dişler üzerinde kalan artıklar kreşuar kullanılarak temizlendikten sonra polisaj lastikleri ve ponza ile parlatıldı. Ardından, dişler %0,1 distile su içinde saklanarak 4°C'de bekletildi.

Tüm dişlerin kronları, servikal çizginin 2 mm altından horizontal yönde kesildi. Kuron vertikal olarak bir elmas separeyle (Buehler Ltd., Lake. Bluff, IL, ABD) kesilerek 2 örnek elde edildi. Toplam 48 tane 3. molar diştten 96 adet örnek elde edildi. Dişler, dentin yüzeyleri açıkta kalacak şekilde akrilik rezin (Meliodent, Heraeus Kulzer, Senden, Almanya) içerisine gömüldü. Örneklerin yüzey pürüzlülüğünü azaltmak için sırasıyla 300, 600 ve 1000 numaralı su zımparalarıyla zımparalandı. Dehidratasyonu önlemek adına,

her zımparalama aşamasının ardından örnekler 24 saat boyunca 37°C'de bir etüvde (Nuve Incubator EN 120, Ankara, Türkiye) bekletildi. Dişler, 4 ana gruba rastgele ayrıldı ve kullanılacak adeziv sistemlerin 2 farklı uygulama yöntemine uygun olarak her biri için 2 alt gruba bölündü (n=12) (Şekil 1).

1. Grup GP: Kondanse edilebilir kompozit (G-aenial Posterior composite), n=24

a) SE uygulama n=12 b) ER uygulama n=12

2. Grup GUF: Yoğun dolduruculu akışkan kompozit (G-aenial Universal Flo), n=24

a) SE uygulama n=12 b) ER uygulama n=12

3. Grup CMEF: Yoğun dolduruculu akışkan kompozit (Clearfil Majesty Es Flow), n=24

a) SE uygulama n=12 b) ER uygulama n=12

4. Grup RF: Akışkan kompozit (RUBY Flow), n=24

a) SE uygulama n=12 b) ER uygulama n=12

Kullanılan materyaller Tablo 1'de belirtilmiştir.

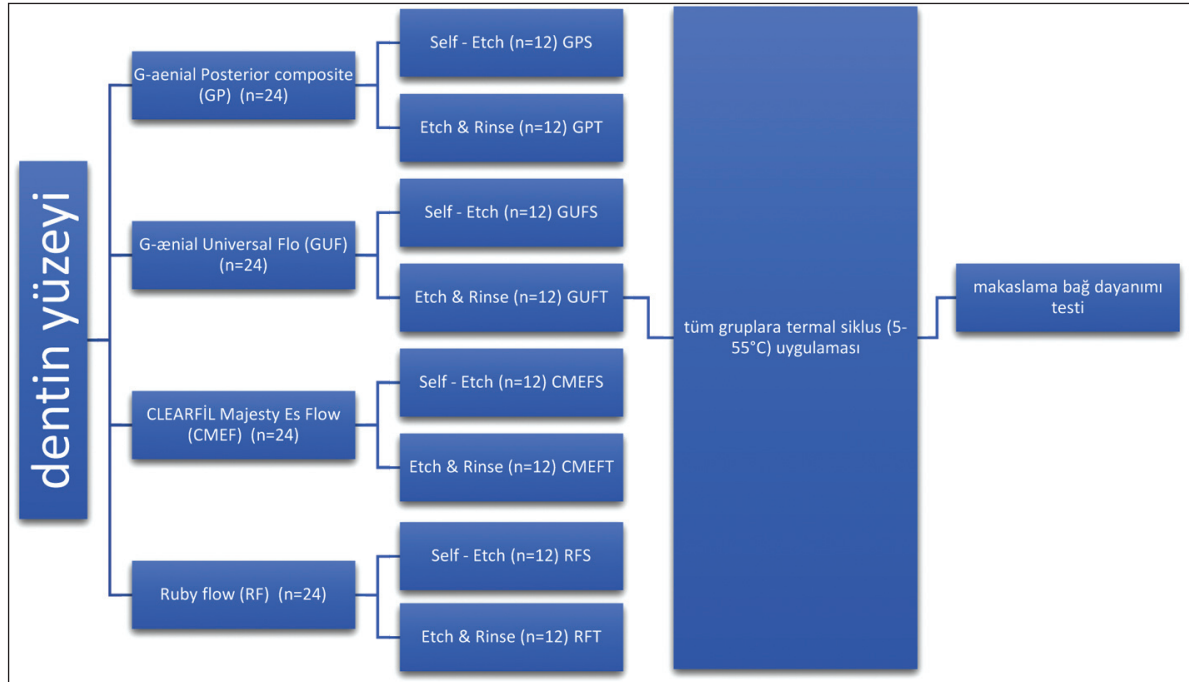
KOMPOZİT BLOKLARIN YAPILMASI

Kompozit rezin materyalleri, 3 mm iç çap ve 2 mm yüksekliğe sahip plastik pipet kalıplar aracılığıyla

dentin yüzeylerine uygulandı, ancak her bir tabaka maksimum 2 mm kalınlığa ulaşacak şekilde sınırlı tutuldu (Resim 1). SE gruplarında, Scotchbond Universal Plus adlı tek aşamalı universal kendinden asitli adeziv, aplikatörle 20 sn boyunca dentin yüzeylerinin merkezi noktalarına uygulandı. Çözücülerini buharlaştırmak için yaklaşık 5 sn boyunca hava-su spreyi ile hafifçe kurutuldu ve ardından Valo LED (Ultradent, South Jordan, UT, ABD) ışık cihazı standart güç modunda kullanılarak 10 sn boyunca polimerize edildi. ER gruplarında ise dentin yüzeyi 15 sn boyunca %37 ortofosforik asit ile pürüzlendirildi ve yıkandı. Hafif basınçlı hava ile kurutulduktan sonra tek aşamalı universal adeziv uygulandı ve polimerize edildi. Son olarak, her gruba ait tüm örnekler 5-55 °C arasında 15 sn daldırma ve 5 sn transfer süresi ile toplamda 5000 kez termal siklus (MOD Dental, Esetron Smart Robotechnologies, Ankara, Türkiye) uygulandı (Resim 2).

MİKRO MAKASLAMA BAĞLANMA DAYANIMI [MICROSHEAR BOND STRENGTH (μSBS)]

Tüm örnekler, distile su içinde 37°C'de 24 saat boyunca etüvde bekletildikten sonra, SBS değerlerini ölçmek için MOD Dental MIC-101 (Esetron Smart

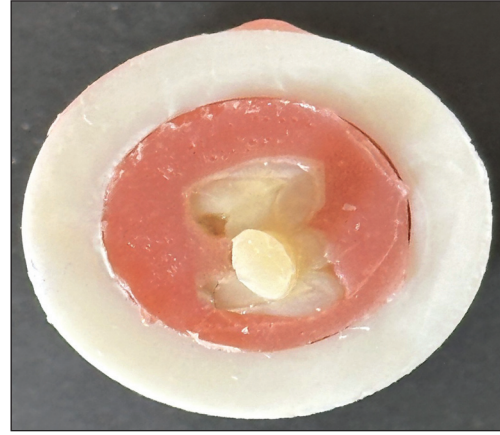


ŞEKİL 1: Çalışma düzeni.

TABLO 1: Çalışmada kullanılan materyaller.

Materyal	Üretici	REF /LOT Nr.	İçerik-doldurucu oranı
G-aenial Universal Flo	GC Corp, Tokyo, Japonya	2302011	UDMA, Dimetakrilat komonomerleri Doldurucu oranı: %69/50 (wt/vol)
G-aenial posterior	GC, Tokyo, Japonya	2112271	UDMA, Dimetakrilat komonomerleri Doldurucu oranı: %77/65 (wt/vol)
Clearfil Majesty Es Flow	Kuraray Noritake Dental, Tokyo, Japonya	3G0400	TEGDMA, Hidrofobik aromatik dimetakrilat, baryum cam doldurucu, silika doldurucu, dl-kamforinon, fotobaşlatıcı Doldurucu oranı: %78/64 (wt/vol)
Ruby Dent Ruby Flow	İnci Dental, Türkiye	RFA2125	Metakrilat Polimerleri (%40) İnorganik doldurucu (%60) Doldurucu boyutu 0,02-0,7 Micron Doldurucu maddeler, baryum cam, karışık oksitler, fotobaşlatıcılar ve stabilizatör içerir Doldurucu oranı: 70/55 (wt/vol)
Scotchbond Universal Plus Adhesive	3M, Neuss, Almanya	9106826	Fosforik asit ester monomerleri, HEMA, etanol, su, kamforinon, N,N-dimetilbenzokain, silika doldurucu maddesi

UDMA: Üretan dimetakrilat; wt/vol=ağırlık/hacim; TEGDMA: Trietilen glikol dimetakrilat; HEMA: 2-Hidroksiethyl metakrilat.



RESİM 1: Gruplardan bir örnek.



RESİM 2: Termal siklus cihazı (MTE-101; Moddental, Ankara, Türkiye).

Robotechnologies, Ankara, Türkiye) marka bir universal test cihazına yerleştirildi (Resim 3). Her bir örneğin kopma değeri, kuvvetin yüzey alanına bölünmesiyle hesaplanarak megapaskal (MPa) cinsinden kaydedildi. Kırılan örnekler, bir mikroskop (Zumax Oms1950 Basic, Çin) altında x19 büyütmede incelenerek kırılma tiplerine göre sınıflandırıldı: Adziv (biyomateryal ve restoratif materyal arasında), kohezif (biyomateryal veya restoratif materyal içinde), karışık (kohezif ve adziv kırılmanın bir arada olması). Her gruptan bir numune seçilerek, kesitler daha sonra taramalı elektron mikroskobu [scanning electron microscope (SEM “LEO 1430 VP, İngiltere”)] incelemeleri için karbonla kaplandı. Daha



RESİM 3: Mikro makaslama test cihazı
(MOD Dental MIC-101, Esetron Smart Robototechnologies, Ankara, Türkiye).

sonra örneklerden SEM cihazı ile x150, x250 büyütme ile yüzey görüntüleri alındı (Resim 4, Resim 5, Resim 6, Resim 7). Gözlemler, tek bir araştırmacı RZE tarafından gerçekleştirildi.

İSTATİSTİKSEL ANALİZ

Verilerin normal dağılımı, Shapiro-Wilk testi ile doğrulandı. İki bağımsız değişkenin ortak etkisinin incelendiği için iki yönlü varyans analizi kullanıldı. Varyansların homojen dağılım gösterdiği Levene testi sonucunda, anlamlı farklılıkları belirlemek için Tukey HSD testi tercih edildi. p değeri 0,05'ten küçük olan değerler istatistiksel olarak anlamlı kabul edildi. Tüm istatistiksel analizler, IBM SPSS Statistics for Windows, Version 25.0 (IBM Corp., Armonk, NY, ABD) yazılımı kullanılarak gerçekleştirildi.

BULGULAR

SBS sonuçları, Tablo 2 ve Tablo 3'te yer almaktadır.

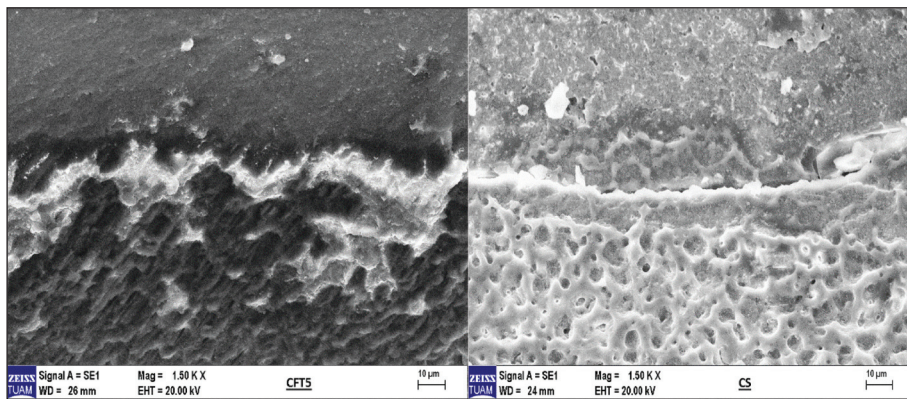
Materyal gruplarına göre SBS, anlamlı derecede farklılık göstermektedir ($F=15,72$, $p<0,001$). Asitleme işlemi, SBS'yi anlamlı derecede artırmaktadır ($F=29,61$, $p<0,001$). Materyal ve asit kullanımının ortak etkileşimi, makaslama bağlanma kuvveti üzerinde önemli bir fark yaratmamaktadır ($F=0,56$, $p=0,646$, Tablo 2).

G-aenial Universal Flo'nun SBS'si, diğer 3 grupta karşılaştırıldığında istatistiksel olarak anlamlı derecede yüksektir ($p<0,001$). Ancak, diğer materyaller arasında SBS açısından anlamlı bir fark bulunmamıştır ($p>0,161$).

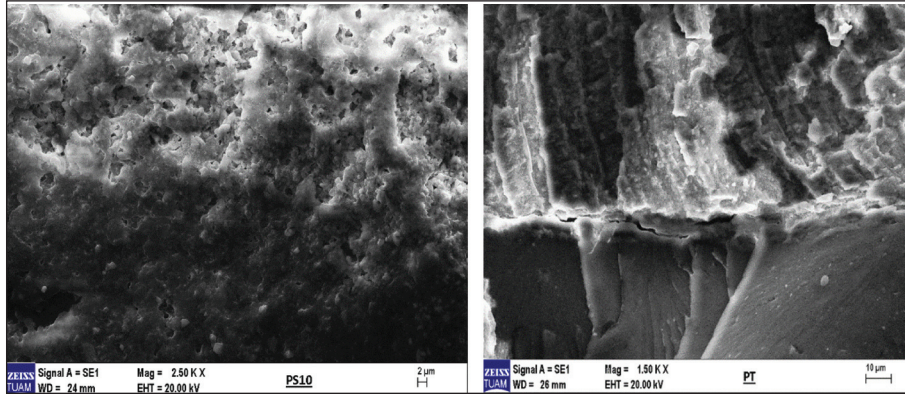
Yöntemler arasında yapılan karşılaştırmada ise, ER yöntemiyle uygulanan kompozit blokların bağlanma dayanımının, SE yöntemine kıyasla istatistiksel olarak anlamlı derecede daha yüksek olduğu gözlemlenmiştir ($p<0,05$). Örneklerin kırılma tipleri Şekil 2'de gösterilmektedir.

TARTIŞMA

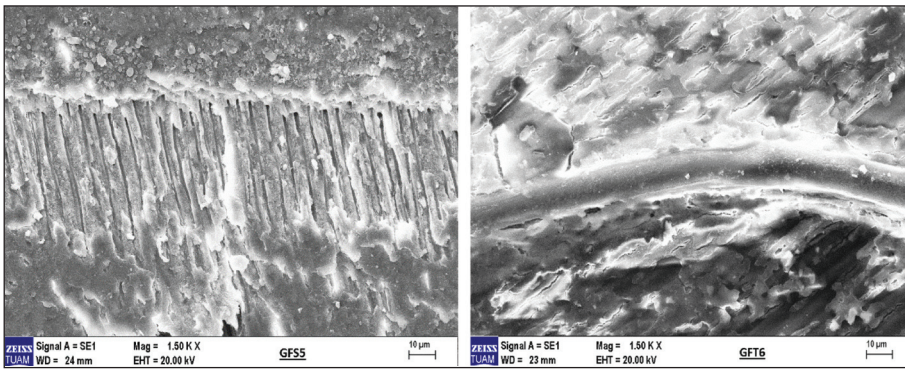
Direkt restorasyonların klinik başarısı, adeziv sistemlerin diş dokularıyla olan stabilitesine ve uzun süreli bağlanmasına bağlıdır.¹⁰ Dentin bağlantısındaki başarısızlık; bakterilerin, bakteriyel enzimlerin ve ağız sıvılarının diş ile kompozit arasındaki boşluklara kolayca sızmasına neden olabilir. Bu durum mikrosızıntıya yol açarak, restorasyonda renklenme, sekonder çürükler, aşırı duyarlılık ve hatta pulpitis gibi sorunlara sebep olabilir.¹¹ Klinik çalışmalar, iyi olmayan restorasyon/dentin bağlantısının mikrosızıntı, renk değişikliği, dentin hassasiyeti ve kompozit



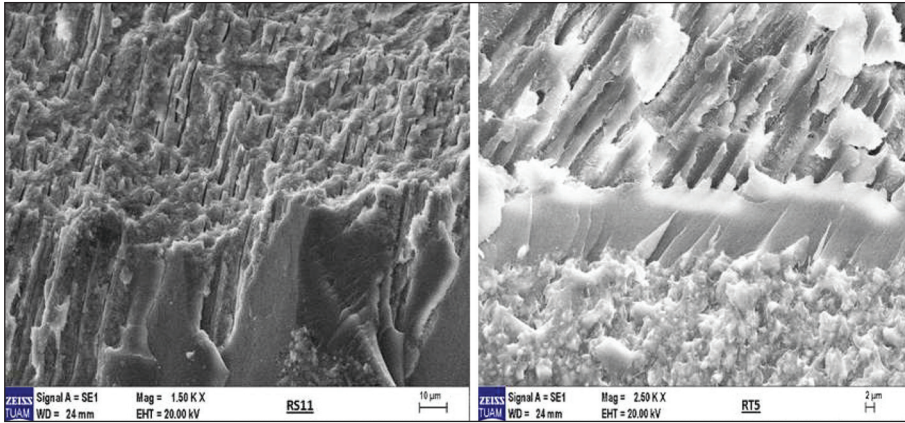
RESİM 4: CMEFS ve CMEFT grubunun, kompozit rezin- diş ara yüzünde oluşan kopmaların (başarısızlıkların) Sem görüntüleri.



RESİM 5: GPS ve GPT gruplarının, kompozit rezin-diş ara yüzünde oluşan kopmaların (başarısızlıkların) Sem görüntüleri.



RESİM 6: GFS ve GFT grubunun, kompozit rezin-diş ara yüzünde oluşan kopmaların (başarısızlıkların) Sem görüntüleri.



RESİM 7: RFS ve RFT grubunun, kompozit rezin-diş ara yüzünde oluşan kopmaların (başarısızlıkların) Sem görüntüleri.

TABLO 2: İki yönlü varyans analizi (varyans $p < 0,05$).

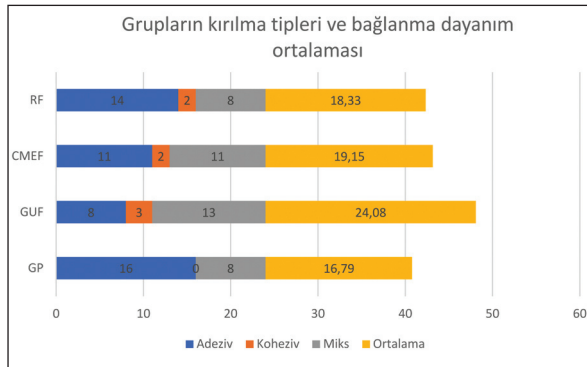
Kaynak	Kareler toplamı	Serbestlik derecesi	Kareler ortalaması	F	p değeri
Kesişim	36837,66	1	36837,66	2428,85	<0,001
Materyal grup	715,17	3	238,39	15,72	<0,001
Asit grup	449,10	1	449,10	29,61	<0,001
Materyal-asit	25,24	3	8,41	0,56	0,646

TABLO 3: Grupların dentindeki mikro makaslama bağlanma dayanıklılığı (mPa).

Materyal gruplar	Self-Etch		Etch&Rinse		Toplam		p değeri
	n	$\bar{X} \pm SS$ (mPa)	n	$\bar{X} \pm SS$ (mPa)	n	$\bar{X} \pm SS$	
Geanial Posterior	12	15,34±2,21	12	18,24±3,60	24	16,79±3,28 ^b	<0,001
Geanial Universal Flo	12	21,20±3,34	12	26,96±4,87	24	24,08±5,03 ^a	
Clearfil Majesty Es Flow	12	16,87±3,58	12	21,44±4,11	24	19,15±4,43 ^b	
Ruby Flow	12	16,30±3,83	12	20,36±4,92	24	18,33±4,79 ^b	
Toplam	48	17,43±3,92	48	21,75±5,37			

İki yönlü varyans analizi; SS: Standart sapma.

^{a,b}Aynı küçük harfler istatistiksel olarak anlamlı fark bulunmadığını ifade etmektedir (p<0,05).

**ŞEKİL 2:** Grupların kırılma tipleri.

restorasyonunun retansiyon kaybı gibi sorunlara yol açtığını göstermektedir.¹² Bağlanma dayanımı testleri, farklı substratlar ile adeziv sistemler arasındaki bağlanma performansındaki farklılıkları değerlendirmek için önemlidir.¹³ Literatür incelendiğinde, en yaygın kullanılan bağlanma dayanımı testlerinden birinin makaslama bağlanma dayanımı testi olduğu belirtilmektedir.¹⁴

BS testlerinde, adeziv rezin uygulanmadan önce dentin yüzeyindeki smear tabakasını standart hale getirmek için 320 ve 1200 grit aralığındaki silikon karbit zımparaların kullanılması önerilmektedir. Dentin yüzeyinin zımparalanması, daha homojen bir smear tabakası oluşturulmasına ve dolayısıyla dentin ile bağlantının iyileştirilmesine olumlu katkı sağlamaktadır.¹⁵ Çalışmada, smear tabakasının standart hale getirilmesi ve dentin yüzeylerinin çalışmaya hazırlanması amacıyla 300, 600 ve 1000 grit zımparalar kullanıldı. Kompozit restorasyonların başarısında adezyonun kalıcılığı kritik bir rol oynamaktadır. Resin materyallerin diş yapısına bağlanma mukavemeti, diş yapısından, adeziv sistem ve restoratif ma-

teriyaller gibi çeşitli faktörlerden etkilenmektedir.¹⁶ Bu nedenle, in vitro çalışmanın amacı, farklı kompozit materyallerin SBS; universal bir adezivi “ER” ve “SE” yöntemleriyle kullanarak karşılaştırmaktır. Çalışmanın H1 hipotezleri şunlardır: H1a, test edilen kompozit rezinler arasında makaslama bağlanma dayanıklılığında farklılıklar vardır. H1b, asitleme işlemi SBS’yi artırır ve H1c, kompozit rezin ile asit ortak etkileşimi SBS’yi artırır.

Lazaridou ve ark. yüksek doldurucu oranına sahip akıcı kompozitlerin, bazı geleneksel kompozitlere kıyasla daha iyi aşınma direncine sahip olduğunu bildirmişler ve özellikle GUF için önemli bulgular elde etmişlerdir.¹⁷ Yeni akıcı kompozit malzemelerin artık daha geniş bir klinik kullanım alanına sahip olabileceğini öne sürmüşlerdir. Juloski ve ark. ise GUF’un mikrogerilim bağlanma dayanımının [microtensile bond strength (μ TBS)] kritik bağlanma gücünden daha yüksek olduğunu bildirmişlerdir.¹⁸ Önceki araştırmalar, adeziv sistemlerin kalıcı dentin bağlanma substratı olarak kullanıldığında 15 MPa’nın üzerinde kritik bağlanma dayanımına ulaştığını göstermiştir.^{19,20} Süt dişleri üzerinde yapılan bir çalışmada, GUF’un en yüksek μ TBS değerine sahip olduğu sonucuna ulaşılmıştır.²¹ Literatürdeki bu çalışmalar, GUF materyalinin diğer kompozit materyallerden daha yüksek μ TBS değerine sahip olduğunu bildirmiştir. Bağlanma performansının değerlendirilmesinde en yaygın kullanılan testler, μ SBS veya μ TBS’dir.²² Yapılan testler farklı olsa da mevcut çalışmada GUF materyalinin μ SBS değeri diğer materyallere göre anlamlı bir şekilde yüksek bulunmuştur.

Mevcut çalışmaya benzer yönleri bulunsa da Peşkersoy, yüksek doldurucu GUF, CMEF’nin

dentinde μ SBS'nin birbirine benzer olduğunu bildirmiştir.²³ Bu çalışmadaki farklılığın sebebini de kullanılan adeziv ve numunelere uygulanan termal siklusun etkilerine bağlamaktayız.

Shinkai ve Tsujimoto'nun yapmış oldukları çalışmada, farklı özellikteki akışkan kompozitlerin çeşitli adeziv sistemlerle kombine edildiğinde diş dokularındaki μ SBS'ler incelenmiştir. Bu çalışmalarda, akışkan rezin kompozitin içeriğindeki doldurucu oranının, benzer monomerlerin kullanılmasından veya çift kat adeziv uygulanmasından daha önemli bir faktör olduğu gösterilmiştir.^{24,25} Ayrıca, yüksek dolduruculu akışkan kompozitlerin liner olarak kullanıldığında kırık oluşumunu engellediği rapor edilmiştir.²⁶ Öz ve ark.nın çalışmasında da GUF materyali diğer materyallere göre yüksek μ SBS değeri göstermiştir.²⁷

Mevcut çalışmada da benzer şekilde materyalin doldurucu içeriğinin yüksek olması ve akışkan olması μ SBS değerini artıran bir faktördür. Bu bulgular doğrultusunda H1a hipotezi kabul edilmiştir.

Fosforik asit ile pürüzlendirme işlemi, yüzey enerjisini ve minenin ıslanabilirliğini artırarak adeziv infiltrasyonunu ve rezin tag oluşumunu desteklediği bildirilmiştir.²⁸ Mine ve dentine bağlanma, fosforik asitle pürüzlendirmenin ardından adezyon materyalinin infiltrasyonuna bağlıdır. Pürüzlendirme yetersizse, homojen değilse, rezin monomer infiltrasyonu tamamlanmamışsa, bağlanma yüzeyi denatürasyona karşı korunamaz ve hatalı bağlama alanlarına neden olabilir. Bu yüzden, bazı çalışmalarda ER yöntemiyle uygulanan bağlayıcı ajanların daha düşük bağlanma dayanımı gösterdiği bulunmuştur.²³⁻²⁸ Bazı çalışmalarda da bağlanma değerleri yönüyle, SE adezivler ile total etch adezivler için elde edilen bulguların benzer sonuçlar gösterdiği de bildirilmiştir.²⁹ Dönmez ve ark., yapmış oldukları çalışmada en yüksek bağlanma dayanımının termal siklus uygulanmayan ve asit uygulaması yapılan grupta olduğunu bildirmişlerdir.³⁰ Bizim çalışmamızda, kullanılan tüm restoratif materyallerde, ER yöntemi SE yöntemine göre daha yüksek μ SBS değeri göstermiştir; bu bulgu, önceki çalışmaları doğrulamaktadır.^{31,32} Öz ve ark.nın yapmış olduğu çalışmada, yüksek dolduruculu akışkan kompozit rezinin, universal adeziv sistemin ER uy-

gulama yöntemiyle minede kullanıldığında, daha yüksek bağlanma dayanıklılığı değerleri gösterdiğini bildirmişlerdir.²⁷ Mevcut çalışma, Öz ve ark.nın yapmış olduğu çalışmaya benzer olsa da asitleme işleminin dentin dokusunda bağlanma dayanımını artırması yönünden farklıdır. Mevcut bulgular doğrultusunda H1b hipotezi de kabul edilmiştir.

Nagura ve ark., Scotchbond ile mineye 20,9 MPa'lık bir bağlanma kuvveti gözlemledi.³³ Hellak ve ark., Scotchbond ile çok daha düşük bir mine bağlanma kuvveti (12,06 MPa) bildirmişlerdir.³⁴ Bizim çalışmamızda, tüm gruplarımız 6 aylık yaşlandırmaya tabi tutulmuş olsa da dentinde elde etmiş olduğumuz bağlanma değeri Hellak ve ark.nın çalışmasında, minede elde etmiş oldukları bağlanma dayanımından daha yüksektir.³⁴ Bu sonuç, materyal türünün ya da kullanılan test metodundaki farklılığın makaslama bağlantısını artırmış olabileceğini düşündürmektedir.

Yapılan çalışmalarda, bağlanma mukavemeti düşük olan sistemlerde adeziv kırılma oranının daha yüksek olduğu, bağlanma mukavemeti yüksek olan sistemlerde ise karışık ve kohezif kırılma riskinin daha yüksek olduğu bildirilmiştir.³⁵ Bu bulgular, bağlanma dayanımı ile kırılma tipi arasında bir ilişki olabileceğini düşündürmektedir. Bu çalışmanın sonuçları bu bilgileri doğrulamaktadır.

SINIRLILIKLAR

Bu çalışmanın kısıtlılığı, *in vitro* tasarımın, çekilmiş dişlerdeki dehidrasyon nedeniyle kollajen lif ağının çökmesine neden olması ve bunun da yetersiz bağlanmaya yol açabilmesidir. Pulpa basıncı, dentin tübülü boyunca sıvı akışı ve ağız ortamı gibi diğer faktörler bağlanma üzerinde *in vitro* bir çalışmada değerlendirilemeyen önemli etkenlerdendir. Bir başka sınırlama, dişlerin mümkün olduğunca az kullanılması için ortadan ikiye bölünmesi ve bağlanmanın pulpa yakınındaki dentinde gerçekleştirilmesidir.

SONUÇ

Bu mevcut çalışmanın sınırlamaları dâhilinde şu sonuçta varılmıştır:

Test edilen 4 kompozit materyaller arasında, GUF yüksek bağlanma dayanımı değerleri ortaya koydu.

Asitle pürüzlendirme kompozit materyallerin bağlanma mukavemeti değerlerini artırdı.

Finansal Kaynak

Bu çalışma, AFSÜ BAP tarafından (Proje no: 23.KARİYER.009) desteklenmiştir.

Çıkar Çatışması

Bu çalışma ile ilgili olarak yazarların ve/veya aile bireylerinin çıkar çatışması potansiyeli olabilecek bilimsel ve tıbbi komite üyeliği veya üyeleri ile ilişkisi, danışmanlık, bilirkişilik, herhangi

bir firmada çalışma durumu, hissedarlık ve benzer durumları yoktur.

Yazar Katkıları

Fikir/Kavram: Rahime Zeynep Erdem; **Tasarım:** Rahime Zeynep Erdem, Kevser Karakaya; **Denetleme/Danışmanlık:** Rahime Zeynep Erdem, Kevser Karakaya; **Veri Toplama ve/veya İşleme:** Rahime Zeynep Erdem, Kevser Karakaya; **Analiz ve/veya Yorum:** Rahime Zeynep Erdem, Kevser Karakaya; **Kaynak Taraması:** Rahime Zeynep Erdem; **Makalenin Yazımı:** Rahime Zeynep Erdem; **Eleştirel İnceleme:** Rahime Zeynep Erdem.

KAYNAKLAR

- Bayne SC, Thompson JY, Swift EJ Jr, Stamatides P, Wilkerson M. A characterization of first-generation flowable composites. J Am Dent Assoc. 1998;129(5):567-77. [Crossref] [PubMed]
- Baroudi K, Saleh AM, Silikas N, Watts DC. Shrinkage behaviour of flowable resin-composites related to conversion and filler-fraction. J Dent. 2007;35(8):651-5. [Crossref] [PubMed]
- Ikeda I, Otsuki M, Sadr A, Nomura T, Kishikawa R, Tagami J. Effect of filler content of flowable composites on resin-cavity interface. Dent Mater J. 2009;28(6):679-85. [Crossref] [PubMed]
- Bektas OO, Eren D, Akin EG, Akin H. Evaluation of a self-adhering flowable composite in terms of micro-shear bond strength and microleakage. Acta Odontol Scand. 2013;71(3-4):54-6. [Crossref] [PubMed]
- Zhou X, Huang X, Li M, Peng X, Wang S, Zhou X, et al. Development and status of resin composite as dental restorative materials. Journal of Applied Polymer Science. 2019;136(44):48180. [Crossref]
- Jang JH, Park SH, Hwang IN. Polymerization shrinkage and depth of cure of bulk-fill resin composites and highly filled flowable resin. Oper Dent. 2015;40(2):172-80. [Crossref] [PubMed]
- Alex G. Universal adhesives: the next evolution in adhesive dentistry? Compend Contin Educ Dent. 2015;36(1):15-26; quiz 28, 40. [PubMed]
- Chigira H, Manabe A, Hasegawa T, Yukitani W, Fujimitsu T, Itoh K, et al. Efficacy of various commercial dentin bonding systems. Dent Mater. 1994;10(6):363-8. [Crossref] [PubMed]
- Craig RG. Restorative Dental Materials. 6th ed. Philadelphia: Mosby; 1980.
- Souza MY, DI Nicoló R, Bresciani E. Influence of ethanol-wet dentin, adhesive mode of application, and aging on bond strength of universal adhesive. Braz Oral Res. 2018;32:e102. [Crossref] [PubMed]
- Van Landuyt KL, Snauwaert J, De Munck J, Peumans M, Yoshida Y, Poitevin A, et al. Systematic review of the chemical composition of contemporary dental adhesives. Biomaterials. 2007;28(26):3757-85. [Crossref] [PubMed]
- Breschi L, Mazzoni A, Ruggeri A, Cadenaro M, Di Lenarda R, De Stefano Dorigo E. Dental adhesion review: aging and stability of the bonded interface. Dent Mater. 2008;24(1):90-101. [Crossref] [PubMed]
- Raposo LH, Armstrong SR, Maia RR, Qian F, Geraldini S, Soares CJ. Effect of specimen gripping device, geometry and fixation method on microtensile bond strength, failure mode and stress distribution: laboratory and finite element analyses. Dent Mater. 2012;28(5):e50-62. [Crossref] [PubMed]
- Van Meerbeek B, Peumans M, Poitevin A, Mine A, Van Ende A, Neves A, et al. Relationship between bond-strength tests and clinical outcomes. Dent Mater. 2010;26(2):e100-21. [Crossref] [PubMed]
- de Siqueira FSF, Hilgemberg B, Araujo LCR, Hass V, Bandeca MC, Gomes JC, et al. Improving bonding to eroded dentin by using collagen cross-linking agents: 2 years of water storage. Clin Oral Investig. 2020;24(2):809-22. [Crossref] [PubMed]
- Altunsoy M, Botsali MS, Sari T, Onat H. Effect of different surface treatments on the microtensile bond strength of two self-adhesive flowable composites. Lasers Med Sci. 2015;30(6):1667-73. [Crossref] [PubMed]
- Lazaridou D, Belli R, Petschelt A, Lohbauer U. Are resin composites suitable replacements for amalgam? A study of two-body wear. Clin Oral Investig. 2015;19(6):1485-92. [Crossref] [PubMed]
- Juloski J, Carrabba M, Aragonese JM, Forner L, Vichi A, Ferrari M. Microleakage of Class II restorations and microtensile bond strength to dentin of low-shrinkage composites. Am J Dent. 2013;26(5):271-7. [PubMed]
- Nikolaenko SA, Lohbauer U, Roggendorf M, Petschelt A, Dasch W, Frankenberger R. Influence of c-factor and layering technique on microtensile bond strength to dentin. Dent Mater. 2004;20(6):579-85. [Crossref] [PubMed]
- Versluis A, Tantbirojn D, Douglas WH. Why do shear bond tests pull out dentin? J Dent Res. 1997;76(6):1298-307. [Crossref] [PubMed]
- Durmuşlar S, Ölmez A. Microtensile bond strength and failure modes of flowable composites on primary dentin with application of different adhesive strategies. Contemp Clin Dent. 2017;8(3):373-9. [Crossref] [PubMed] [PMC]
- Takamizawa T, Barkmeier WW, Tsujimoto A, Berry TP, Watanabe H, Erickson RL, et al. Influence of different etching modes on bond strength and fatigue strength to dentin using universal adhesive systems. Dent Mater. 2016;32(2):e9-21. [Crossref] [PubMed]
- Peşkersoy C. Farklı özellikteki akışkan rezin kompozitlerin diş dokularına bağlanma dayanımının incelenmesi [Evaluation of the strength of bonding of different fluid resin composites to dental tissue]. Selcuk Dent Journal. 2023;10(1):30-5. [Crossref]
- Shinkai K, Yoshii D, Koide A, Suzuki M, Suzuki S. Dentin bond strengths of all-in-one adhesives combined with different manufacturers' flowable resin composites. Dent Mater J. 2021;40(5):1094-9. [Crossref] [PubMed]
- Tsujimoto A, Irie M, Teixeira ECN, Jurado CA, Maruo Y, Nishigawa G, et al. Relationships between flexural and bonding properties, marginal adaptation, and polymerization shrinkage in flowable composite restorations for dental application. Polymers (Basel). 2021;13(16):2613. [Crossref] [PubMed] [PMC]
- Kominami N, Shimada Y, Hosaka K, Luong MN, Yoshiyama M, Sadr A, et al. The effect of flowable composite lining and dentin location on microtensile bond strength and internal fracture formation. Dent Mater J. 2019;38(5):798-805. [Crossref] [PubMed]

27. Öz FD, Gürkan S. Farklı yöntemlerle uygulanan kendi kendine bağlanabilen akışkan bir kompozit rezin ile üniversal bir adezivin farklı uygulama yöntemleri ile birlikte kullanılan yüksek dolduruculu akışkan bir kompozit rezinin makaslama bağ dayanıklılığının karşılaştırılması: in vitro çalışma [Shear bond strength of a self-adhering flowable resin composite compared to a highly-filled flowable resin composite used with a universal adhesive in different application modes: an in vitro study]. Türkiye Klinikleri Diş Hekimliği Bilimleri Dergisi. 2022;28(1):188-95. [[Crossref](#)]
28. Bedran-Russo A, Leme Kraus AA, Vidal CMP, Teixeira EC. An overview of dental adhesive systems and the dynamic tooth-adhesive interface. Dent Clin North Am. 2017;61(4):713-31. [[Crossref](#)] [[PubMed](#)]
29. Kensch A, Dähne F, Wagenschwanz C, Richter G, Viergutz G, Hannig C. Shear bond strength of different types of adhesive systems to dentin and enamel of deciduous teeth in vitro. Clin Oral Investig. 2016;20(4):831-40. [[Crossref](#)] [[PubMed](#)]
30. Donmez N, Siso Herguner S, Usumez A, Bayrak I. Effect of thermal cycling on micro-tensile bond strength of composite restorations bonded with multi-mode adhesive. J Adhes Sci Technol. 2015;29(8):731-9. [[Crossref](#)]
31. Barutçigil Ç, Kürklü D, Arslan H. Farklı yüzey işlemleri uygulanmış dentine üniversal bağlayıcı ajanın bağlanma dayanımının incelenmesi [Bond strength of the universal adhesive to dentin with different surface treatments]. Atatürk Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Dergisi. 2013;21(3):324-30. [[Link](#)]
32. Barutçigil Ç, Barutçigil K, Kürklü D, Harırlı OT. Güncel dentin bağlayıcı ajanların ve uygulama yöntemlerinin makaslama bağlanma dayanımlarının karşılaştırılması [Comparison of shear bond strength of current dentin bonding agents and strategies]. İnönü Üniversitesi Sağlık Bilimleri Dergisi. 2013;2(2):1-6. [[Link](#)]
33. Nagura Y, Tsujimoto A, Fischer NG, Baruth AG, Barkmeier WW, Takamizawa T. Effect of reduced universal adhesive application time on enamel bond fatigue and surface morphology. Oper Dent. 2019;44(1):42-53. [[Crossref](#)] [[PubMed](#)]
34. Hellak A, Ebeling J, Schauseil M, Stein S, Roggendorf M, Korbmacher Steiner H. Shear bond strength of three orthodontic bonding systems on enamel and restorative materials. Biomed Res Int. 2016;2016:6307107. [[Crossref](#)] [[PubMed](#)] [[PMC](#)]
35. Pleffken PR, de Almeida Lourenço AP, Torres CR, Bühler Borges A. Influence of application methods of self-etching adhesive systems on adhesive bond strength to dentin. J Adhes Dent. 2011;13(6):517-25. [[PubMed](#)]