

# Farklı Sertleşme Mekanizmasına Sahip Kaide Materyallerinin Mikrogerilim Bağlanma Dayanımının Değerlendirilmesi: *in vitro* Bir Çalışma

## Evaluation of the Microtensile Bond Strength of Base Materials with Different Setting Mechanisms: An *in vitro* Study

<sup>1</sup> Kübra BİLGE<sup>a</sup>, <sup>2</sup> İrem İPEK<sup>b</sup>, <sup>3</sup> Büşra KARAĞAÇ ESKİBAĞLAR<sup>b</sup>

<sup>a</sup>Fırat Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi, Restoratif Diş Tedavisi AD, Elazığ, Türkiye

<sup>b</sup>Fırat Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi, Çocuk Diş Hekimliği AD, Elazığ, Türkiye

**ÖZET Amaç:** Bu çalışmanın amacı, farklı sertleşme mekanizmasına sahip kaide materyallerinin mikrogerilim bağlanma dayanımlarını [microtensile bond strengths ( $\mu$ TBS)] karşılaştırmaktır. **Gereç ve Yöntemler:** Bu çalışmada rezin modifiye cam iyonomer (Fuji II LC), yüksek viskoziteli cam iyonomer siman (EQUIA Forte Fil), akışkan fiberle güçlendirilmiş kompozit (everX Flow), biyocam ile güçlendirilmiş cam iyonomer siman-biyoaktif kompozit (ACTIVA BioACTIVE- Restorative) ve universal adeziv ajan (Single Bond Universal) kullanılmıştır. Universal adeziv self-etch modunda kullanılmıştır. Toplam 8 insan azı dişi kullanılarak her bir diştten 5 çubuk; toplamda 40 çubuk elde edilmiştir (n=10). Her bir örnek universal test cihazında  $\mu$ TBS testine tabi tutulmuştur. Gruplardaki materyal, dentin arayüzü ve başarısızlık analizleri taramalı elektron mikroskobu ile değerlendirilmiştir. **Bulgular:** Verileri değerlendirmek için tek yönlü varyans analizi yapıldı ve analiz sonucunda farklılık gösteren grupları bulmak için Tukey testi kullanıldı. İstatistiksel anlamlılık düzeyi  $p<0,05$  olarak alındı.  $\mu$ TBS değerleri incelendiğinde istatistiksel olarak anlamlı en düşük değer EQUIA Forte Fil grubunda, en yüksek değer ise everX Flow grubunda gözlemlendi ( $p<0,05$ ). Çalışmada kullandığımız tüm kaide materyallerinde koheziv ve karışık kırık tipleri daha çok görüldü. **Sonuç:** En yüksek  $\mu$ TBS değerlerine sahip olan akışkan fiberle güçlendirilmiş kompozit grubu diğer materyallere kıyasla daha iyi bir bağlanma sağlayarak klinik başarının artmasını sağlayabilir.

**ABSTRACT Objective:** The aim of this study is to compare the microtensile bond strengths ( $\mu$ TBS) of base materials with different setting mechanisms. **Material and Methods:** In this study, a resin modified glass ionomer (Fuji II LC), a high viscosity glass ionomer cement (EQUIA Forte Fil), a flowable fiber reinforced composite (everX Flow), a bioglass-reinforced glass ionomer cement-Bioactive Composite (ACTIVA BioACTIVE- Restorative) and a universal adhesive agent (Single Bond Universal) were used. Universal adhesive was used in self-etch mode. A total of eight human molars were used, 5 rods from each tooth; 40 rods in total were obtained (n=10). Each sample was tested with  $\mu$ TBS on a universal testing device. The material-dentin interface and fracture types in the groups were evaluated with scanning electron microscope. **Results:** One-way analysis of variance analysis was performed to evaluate the data and Tukey test was used in pairwise comparisons. Statistical significance level was taken as  $p<0.05$ . When the  $\mu$ TBS values were examined, the lowest statistically significant value was observed in the EQUIA Forte Fil group and the highest value was observed in the everX Flow group ( $p<0.05$ ). Cohesive and mixed fracture types were seen more frequently in all restorative materials used in the study. **Conclusion:** The flowable fiber reinforced composite group with the highest  $\mu$ TBS values can provide better bonding compared to other materials, thus increasing clinical success.

**Anahtar Kelimeler:** Mikrogerilim bağlanma dayanımı; biyoaktif materyal; cam iyonomer siman; başarısızlık analizi

**Keywords:** Microtensile bond strength; bioactive material; glass ionomer cement; failure analysis

### KAYNAK GÖSTERMEK İÇİN:

Bilge K, İpek İ, Karağaç Eskişbağlar B. Farklı sertleşme mekanizmasına sahip kaide materyallerinin mikrogerilim bağlanma dayanımının değerlendirilmesi: *in vitro* bir çalışma. Türkiye Klinikleri J Dental Sci. 2025;31(1):145-51.

**Correspondence:** Kübra BİLGE

Fırat Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi, Restoratif Diş Tedavisi AD, Elazığ, Türkiye

E-mail: kubratnyl@gmail.com



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

Received: 17 Jul 2024

Received in revised form: 24 Dec 2024

Accepted: 09 Jan 2025

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/>).

Diş hekimliğinin en önemli ve temel uygulamalarından biri, kaybedilen diş dokularının fonksiyon ve estetiğinin yeniden kazandırılmasıdır. Bu uygulamalar için mevcut gelişmelerle piyasaya sunulan kompozit rezinler, cam iyonomer simanlar (CİS) ve biyoaktif materyaller geniş bir kullanım yelpazesine sahiptir. Bu materyallerin klinik başarısı, ağız içinde oluşan çeşitli yerinden çıkarma kuvvetlerine karşı direnç gösterebilmesi için dentin yüzeyi ile iyi bir bağlanma oluşturmaya bağlıdır.<sup>1</sup> İdeal bir bağ materyalleri, dentin sınırını kapatarak kalan diş yapısını kırılmalara karşı korumasını sağlar.<sup>2</sup>

Diş hekimliğinde sıkça kullanılan CİS'ler temel olarak iki ana türe ayrılır; geleneksel (GCİS) ve rezin modifiye (RMCİS). Kimyasal reaksiyonlar yoluyla diş yapısına bağlanmaları, nemli diş yapısına adezyon yetenekleri ve tabakalı uygulama gereksinimlerinin olmaması nedeniyle izolasyonun zor olduğu derin kavitelere ve yüksek çürük riski taşıyan hastalarda kullanım için uygundur.<sup>3</sup> Bu iki CİS türü, bağlanma mekanizması, sertleşme reaksiyonu ve neme duyarlılık açısından farklılık gösterse de kullanım alanları temelde benzerdir.<sup>4</sup> RMCİS'ler, GCİS'lere kıyasla daha yüksek dayanıklılık ve saydamlığa sahip olduklarından astar veya kaide materyali olarak giderek daha fazla kullanılmaktadır.<sup>5</sup> Bu materyallerin minimal invaziv diş hekimliği ve pediatik diş hekimliğinde kullanımının olumlu özellikleri olmasına rağmen, estetiklerinin zayıf olması ve biyouyumluluklarının belirsiz olması onları tartışmalı hale getirmektedir.<sup>6</sup> CİS'lerin kullanım zorluklarını, antibakteriyel özelliklerini ve antikaryojenik etkilerini iyileştirmek için yeni formülasyonlar geliştirilmiştir.<sup>7</sup> CİS'lerin toz ve likit kısımlarına metal, seramik ve cam lifler gibi ikinci faz partiküller eklenerek ve farklı modifikasyonlar planlanarak, fiziksel ve mekanik özellikleri ile antibakteriyel aktiviteleri iyileştirilmek istenmiştir.<sup>8</sup> Son zamanlarda, çeşitli üreticiler tarafından yeni nesil yüksek viskoziteli CİS'ler (YV-CİS'ler) üretilmiştir. Bu YV-CİS'ler, GCİS'lerle aynı adezyon mekanizmasına sahip hidrofilik bir yapıya sahip olmalarının yanı sıra florür gibi kabul edilebilir bir remineralizasyon ajanı salınımına, iyileştirilmiş fiziksel özelliklere ve daimi dolgu maddesi olarak umut verici klinik sonuçlara sahiptir.<sup>6,9,10</sup> Resin içermezler ve kabul edilebilir bi-

youyumluluğa sahiptirler. Bu çalışmalar sonucunda ortaya çıkan materyallerden biri, erken dönemde nem duyarlılığı azaltılmış, sertliği ve aşınma direnci artırılmış olan EQUIA Forte Fil (GC Firması, Japonya) materyalidir.<sup>11</sup>

Resin bazlı kompozitler, adeziv teknolojilerin ortaya çıkışından bu yana diş hekimliğinde yaygın olarak kullanılmaktadır. Teknolojik gelişmelerle birlikte, kompozit rezinlerin kullanımını kolaylaştırmak ve estetik ve mekanik özelliklerini iyileştirmek amacıyla formülasyonlarında yenilikler yapılmaktadır. 2019 yılında, fiberle güçlendirilmiş kompozitin akışkan versiyonu olan everX Flow (GC Firması, Japonya) piyasaya sürülmüş olup, zor ulaşılabilir alanlara daha iyi adaptasyon ve kolay kullanım vaat etmektedir. Bu materyal, kaide materyali ve kütle halinde yerleştirilebilecek bir kor materyali olarak kullanılabilir ve iyileştirilmiş mekanik özelliklere sahiptir.<sup>12</sup>

Biyoaktif materyaller dokulara uygulandıklarında biyolojik bir yanıt oluşturarak doku ile materyal arasında kimyasal bir bağ oluşturan bileşiklerdir.<sup>13</sup> Biyoaktif materyaller, içerdiği kalsiyum ve fosfat minerallerini salarak diş yapısını güçlendirebilir ve doğal remineralizasyonu oluşturabilir.<sup>14</sup> Ayrıca hidroksiapatit tabakası oluşturarak ikincil çürüklerin oluşumunu engellerler. ACTIVA BioACTIVE- Restorative (ABR) (Pulpdent Corporation, Watertown, ABD), doğal dişlerin mekanik ve kimyasal özelliklerini taklit eden, stres emici rezin bileşeni, iyonik rezin matrisi ve biyoaktif dolgu maddeleri içeren biyoaktif bir kompozittir.<sup>15</sup> Üreticiye göre ABR, kompozit rezinlerin ve CİS'lerin optimal mekanik özelliklerini, iyon salınım kapasitesini ve olumlu estetik özelliklerini bir araya getirerek, doğal dişlerin fiziksel ve kimyasal özelliklerini taklit eden yeni nesil biyoaktif bir materyaldir.<sup>16</sup> Üretici firma dişi asitleme prosedürünün ardından (%37-38 fosforik asit) herhangi bir adeziv ajanın uygulanabileceğini belirtmektedir.

Materyallerin dişe adezyonunu değerlendirmek için makaslama, çekme ve bükülme dayanıklılığı testleri gibi çeşitli mekanik test yöntemleri kullanılır. Günümüzde, mikrogerilim bağlanma dayanımı [microtensile bond strength ( $\mu$ TBS)] testi, diş ile materyal arasındaki bağlanma dayanımı değerlerini ve

stres dağılımını belirlemek için sıklıkla kullanılmaktadır. Restoratif materyallerin dentin yüzeyine iyi bağlanması, restorasyonun ağız içinde daha uzun ömürlü olmasını, klinik olarak kabul edilebilir olmasını, mikrosızıntının azalmasını sağlayacağından bu materyallerle yapılan restorasyonların başarısında önemli bir rol oynar.<sup>17</sup> Restorasyon ve diş yapısı arasında devamlılık oluşturan ve ağız içerisinde oluşacak kuvvetlere karşı dirençli; yaklaşık 17-20 megapas-kalık (MPa) bağlanma direnci ortaya çıkan kuvvetlere karşı yeterli kabul edilmektedir.<sup>18</sup> Çalışmamızda kullandığımız güncel biyoyumlu restoratif materyal olan ABR, klinik kullanımları oldukça yaygın olan farklı özelliklere sahip CİS'ler ve fiberle güçlendirilmiş kompozitlerin  $\mu$ TBS değerlerini karşılaştıran bir çalışma bulunmamaktadır. Bu çalışmanın amacı, farklı içerik ve özelliklere sahip kaide materyallerinin dentine  $\mu$ TBS'yi karşılaştırmaktır.

Bu çalışmanın sıfır hipotezi, rezin modifiye CİS, yüksek viskoziteli CİS, fiberle güçlendirilmiş kompozit ve biyocam takviyeli cam iyonomer-biyoaktif kompozit materyallerinin  $\mu$ TBS değerlerinde istatistiksel olarak bir fark olmayacağı yönündeydi.

## GEREÇ VE YÖNTEMLER

Bu araştırma, Fırat Üniversitesi Girişimsel Olmayan Klinik Araştırmalar Etik Kurulunun onayı ile gerçekleştirilmiştir (tarih: 13 Şubat 2024, no: 2024/03-45) ve Helsinki Deklarasyonu prensiplerine uygun olarak yürütülmüştür. Çalışmanın örneklem büyüklüğünü belirlemek için güç analizi yapılmış ( $\alpha=0,05$ ,  $\beta=0,2$ ), testin gücü  $p=0,87532$  olarak bulunmuştur. Örneklem büyüklüğü 40 olarak hesaplanmış ve her bir grup için 10 örnek alınmıştır ( $n=10$ ).

### DİŞ SEÇİMİ VE ÖRNEKLERİN HAZIRLANMASI

Bu çalışmada, herhangi bir anomali, çürük veya restorasyon içermeyen 8 adet çekilmiş insan ikinci molar dişi kullanıldı. Diş yüzeyleri, kalıntıları gidermek için periodontal küret kullanımının ardından bir fırça ile ponza kullanılarak özenle temizlendi. Temizlenen dişler, bir hafta boyunca %0,5 kloramin T çözeltisine batırıldı, ardından distile suya aktarıldı ve deneysel aşamanın başlangıcına kadar +4°C'de bir buzdolabında saklandı.

Dişler, mine-sement birleşiminden 3 mm aşağıda konumlandırılarak akrilik bloklara yerleştirildi. Düşük hızda su soğutmalı bir elmas frez kullanılarak, dentin dokusunu açığa çıkarmak amacıyla okluzal mine yüzeyleri dikkatlice aşındırıldı, ardından hazırlanan dentin yüzeyleri su ile iyice yıkandı ve kurutuldu. EQUIA Forte Fil grubunda, dentin yüzeyine adeziv uygulanmadan dişler tofflemire matrisleriyle çevrelendi ve dentin yüzeyinde 6 mm yüksekliğinde bloklar oluşturuldu. everX Flow, ABR ve Fuji II LC (GC Firması, Japonya) gruplarında, üreticinin talimatlarına göre dentin yüzeylerine self-etch modunda adeziv ajan uygulandı. Adeziv uygulandıktan sonra, dentin yüzeyine 2 mm katmanlar halinde yerleştirildi ve 20 sn boyunca ışık cihazı (Elipar Deep Cure-S, 3M ESPE St. Paul, ABD) ile 1400 mW/cm<sup>2</sup> çıkış gücüyle polimerize edildi ve 6 mm yüksekliğinde bloklar oluşturuldu. Gruplardan alınan örnekler,  $\mu$ TBS testi öncesinde 24 saat boyunca 37 °C'de %100 nemli bir inkübatörde saklandı. Bu çalışmada kullanılan tüm restoratif materyaller [Tablo 1](#)'de gösterilmiştir.

### $\mu$ TBS TESTLERİ

Materyal-dentin örnekleri 1 mm<sup>2</sup> yüzey alanına sahip olacak şekilde, dişler su soğutması altında bir hassas kesim cihazı ile bağlanma yüzeyine dik kesildi. Sekiz adet molar dişin her birinden beş çubuk oluşturularak genişliği 1,0×1,0 mm ve uzunluğu 10 mm olan toplam 40 çubuk elde edildi ( $n=10$ ). Örnekler, materyal ve dentin uçlarından siyanoakrilat bazlı yapıştırıcı ile universal test cihazına sabitlendi. Her bir çubuk, siyanoakrilat yapıştırıcı kullanılarak bir mikrorogilim cihazına bağlandı ve çubuklar kırılana kadar 0,5 mm/dk hızda çekildi. Kırılma için gerekli yük, MPa cinsinden kaydedildi.

### BAŞARISIZLIK ANALİZİ

Örneklerin kırılmış yüzeyleri, x500 büyütmede taramalı elektron mikroskobu (Tescan MIRA3 XMU, Brno, Çek Cumhuriyeti) ile incelendi. Başarısızlık türü, adeziv, koheziv veya karışık olarak sınıflandırıldı.

### İSTATİSTİKSEL ANALİZ

Veriler, SPSS 23.0 (SPSS, Versiyon: 23, Chicago, ABD) kullanılarak değerlendirildi. Parametrik test varsayımları (Kolmogorov-Smirnov) karşılandığı-

TABLO 1: Çalışmada kullanılan materyaller.

| Materyal                     | Türü  | İçeriği   | Üretici firma            |
|------------------------------|---|---|--------------------------|
| everX Flow                   | Akışkan fiberle güçlendirilmiş kompozit                         | Bis-MEPP, TEGDMA, UDMA, 140 µm uzunluk ve 6 µm çapta cam fiberler, baryum cam fiber doldurucular, silisyum dioksit  | GC Firması, Japonya      |
| Fuji II LC                   | RMC/S   | Distile su, poliakrilik asit, HEMA, UDMA, kamforokinon, flooralüminasilikat doldurucular  | GC Firması, Japonya      |
| ACTIVA BioACTIVE-Restorative | Byocam ile güçlendirilmiş cam iyonomer siman-biyoaktif kompozit | Toz: diüretan dimetakrilat, bis (2-(metakriloloksi) etil) fosfat, cam baryum, cam iyonmer, sodyum florür, renklendiriciler<br>Sıvı: Poliakrilik asit/maleik asit kopolimeri | Pulpdent, Watertown, ABD |
| EQUIA Forte Fil              | YV-CIS  | Toz: Flooralüminasilikat cam, poliakrilik asit, demir oksit<br>Sıvı: Polibazık karboksilik asit, su   | GC Firması, Japonya      |
| Single Bond Universal        | Universal Adeziv  | 10-MDP, HEMA, silan, dimetakrilat rezin, Vitrebond kopolimer, doldurucular, etanol, su ve başlatıcılar  | 3M ESPE, ABD             |

TEGDMA: Trietilen glikol dimetakrilat; UDMA: Üretan dimetakrilat; HEMA: 2-Hidroksietil metakrilat.

TABLO 2: µTBS değerleri ve başarısızlık tipleri.

| Materyaller                   | µTBS değerleri          |            | Kırık tipi  |             |  |
|-------------------------------|-------------------------|------------|-------------|-------------|--|
|                               | $\bar{X} \pm SS$        | Adeziv (%) | Koheziv (%) | Karışık (%) |  |
| everX Flow                    | 29,42±2,61 <sup>A</sup> | 2 (%20)    | 3 (%30)     | 5 (%50)     |  |
| Fuji II LC                    | 24,71±3,12 <sup>B</sup> | 2 (%20)    | 6 (%60)     | 2 (%20)     |  |
| ACTIVA BioACTIVE- Restorative | 22,12±2,45 <sup>C</sup> | 1 (%10)    | 5 (%50)     | 4 (%40)     |  |
| EQUIA Forte Fil               | 19,43±1,56 <sup>D</sup> | 3 (%30)    | 2 (%20)     | 5 (%50)     |  |

Farklı büyük harfler aynı sütundaki gruplar arasındaki istatistiksel farkı temsil eder; µTBS: Mikrogerilim bağlanma dayanımları; SS: Standart sapma.

dan, verileri değerlendirmek için tek yönlü varyans analizi yapıldı ve analiz sonucunda farklılık gösteren grupları bulmak için Tukey testi kullanıldı. İstatistiksel anlamlılık düzeyi  $p < 0,05$  alındı.

## BULGULAR

Tablo 2’de kaide materyallerinin µTBS değerleri gösterilmektedir. Değerler incelendiğinde, everX Flow’un en yüksek bağlanma değerine sahip olduğu, EQUIA Forte Fil’in ise en düşük değerlere sahip olduğu gözlemlendi. Materyaller kendi aralarında değerlendirildiğinde, tüm materyaller arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulundu ( $p < 0,05$ ).

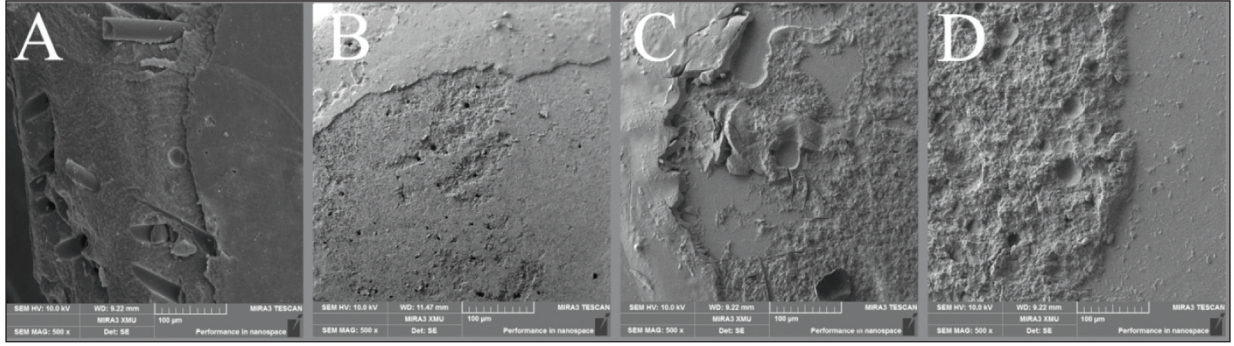
Çalışmamızda kullandığımız Fuji II LC ve ABR gruplarında materyalde koheziv başarısızlık tipi daha çok gözlenirken; EQUIA Forte Fil ve everX Flow grubunda karışık başarısızlık tipi gözlemlendi. Başarısızlık tipi sonuçları Tablo 2 ve Resim 1’de gösterilmiştir.

## TARTIŞMA

Bu çalışmanın amacı, farklı içerik ve özelliklere sahip kaide materyallerin µTBS değerlerini karşılaştırmaktır. İstatistiksel olarak gruplar arasında fark bulunduğundan, sıfır hipotez reddedildi.

Çalışmamızda kullanılan universal adeziv, kavitenin tamamen dentin içinde olması ve asitleme aşamasının kalsiyum ve fosfat iyonlarının konsantrasyonunu azaltarak neredeyse tamamen hidroksiapatit kristallerinin uzaklaştırılmasına neden olacağı için total etch modda değil, self etch modda kullanıldı.<sup>19</sup>

Bu çalışmada, everX Flow grubunun test edilen materyaller arasında en yüksek bağlanma dayanım değerini gösterdiği tespit edilmiştir. Hegde ve ark. çeşitli restoratif materyallerin bağlanma dayanımlarını inceledikleri çalışmalarında, fiberle güçlendirilmiş kompozitlerin önemli derecede yüksek bağlanma dayanımı değerleri gösterdiğini bulmuşlardır.<sup>20</sup> Benzer şekilde, Harp ve ark. akışkan kompozitler ile dentin arasındaki bağlanma dayanımını değerlendirdikleri çalışmalarında, fiberle güçlendirilmiş kompozitlerin en yüksek bağlanma dayanımını gösterdiğini not etmişlerdir.<sup>21</sup>



**RESİM 1:**  $\mu$ TBS testinden sonra kırık tipleri. **A)** Koheziv kırık (everX Flow), **B)** Koheziv kırık (Fuji II LC), **C)** Karışık kırık (ACTIVA BioACTIVE-Restorative) ve **D)** Karışık kırık (EQUIA Forte Fil).

Önceki araştırmalar, kompozitlerin dentine olan bağlanma dayanımının, restoratif materyalin bileşimi, mekanik özellikleri ve serbest yüzey enerjisi özellikleri gibi faktörler tarafından etkilendiğini vurgulamaktadır.<sup>22,23</sup> Steiner ve ark. bağlanma dayanımını etkileyen birincil faktörün resin kompozit tipi olduğunu, bunu adeziv sistemin izlediğini rapor etmiştir.<sup>24</sup> Cekic ve ark. materyal içindeki kısa fiberlerin varlığının ve yönünün de bağlanma dayanım değerlerini etkileyebileceğini öne sürmüştür. Ayrıca, everX Flow'un içeriğinde yer alan "protruding" yapıya sahip kısa fiberlerin dentin dokusu ile mikromekanik kilitlenme sağlayarak bağlanmayı artırmasının etkisi olabileceği bildirilmiştir.<sup>25</sup> Bu çalışmada kullanılan everX Flow grubunda bulunan kısa fiberler, gözlemlenen yüksek bağlanma dayanım değerlerine katkıda bulunmuş olabilir.

CİS'lerin dentine adezyonunun temel mekanizması tam olarak açıklanamamış olsa da temel olarak kimyasal etkileşimle birlikte daha az derecede mikromekanik infiltrasyonu içeren ikili bir mekanizmaya dayandığı düşünülmektedir. Kimyasal reaksiyon, poliasitlerdeki karboksilik gruplar ile diş yüzeyindeki hidroksiapatit arasındaki iyonik bağlanmaya dayanır ve bu bağlanma, diş yüzeyinden kalsiyum ve fosfat iyonlarının uzaklaştırılmasına neden olur. Mikromekanik infiltrasyon, adeziv sistemlerle kullanılan resin kompozitlere kıyasla daha az belirgin olabilir, ancak CİS'lerin adezyonu dentin yüzeyinin düzensizlikleri tarafından sağlanan yüzeysel pürüzlülükle meydana gelebilir.<sup>26</sup>

Çalışmamızda kullanılan RMCİS ve YV-CİS değerlendirildiğinde, RMCİS grubunda yüksek bağ-

lanma dayanımı gözlemlenmiştir. Techa-ungkul ve ark. farklı türde CİS'lerin mikro makaslama bağlanma dayanımını değerlendirdikleri çalışmalarında, en yüksek bağlanma dayanımını RMCİS'lerde bulmuşlardır.<sup>27</sup> El Wakeel ve ark. güncel farklı CİS'lerin diş yüzeylerine bağlanma dayanımını değerlendirdikleri çalışmalarında, dentine en yüksek bağlanma dayanımını gösteren simanın RMCİS olduğunu bildirmişlerdir.<sup>28</sup> RMCİS'lerin yüksek bağlanma dayanımı, dentin yüzeyinde farklı adsorpsiyon oranına ve RMCİS'lerdeki polimerizasyon reaksiyonuna atfedilebilir. Işıkla aktivasyon, fotokimyasal başlatıcı ile iyon değişimini artırarak dentin üzerinde yüksek oranda adsorbe olan bir tabaka oluşturur. Bu aşamada materyalde içsel çapraz bağlanma reaksiyonları radikal polimerizasyonla sonuçlanır. Bu nedenle RMCİS, kationların karboksil gruplarına çapraz bağlanmasını önleyebilecek polimerler arasında ikincil bağlara sahip olacaktır.<sup>29</sup> Ayrıca, yüksek bağlanma dayanımının bir diğer nedeni, hidrofilik yapıya sahip olan ve dentine mikromekanik ve kimyasal adezyonu artıran daha yüksek bağlanma dayanımı sağlayan HEMA adlı bir resin monomerinin RMCİS'te bulunması olabilir.<sup>28</sup> Ayrıca, Fuji II LC'nin demineralize dentine nüfuz ederek kollajen liflerin yüzeyini ıslatarak bağlanma dayanımını artırdığı bildirilmektedir.<sup>30</sup>

YV-CİS'ler, kalıcı restorasyon için en yaygın kullanılan kendinden adezivli kütleli uygulanabilen CİS esaslı dolgu malzemeleridir ancak eğilme ve kırılma eğilimleri nedeniyle daimi dolgu materyali olarak sınırlı endikasyonlara sahiptirler ve dentine olan bağlanma dayanımları resin kompozitlerden daha düşüktür.<sup>31,32</sup> Çalışmamızda ABR ve YV-CİS değeri-

dirildiğinde, en yüksek bağlanma dayanımı ACTIVA BioACTIVE-Restorative’de gözlemlenmiştir. Bhatia ve ark. ABR’nin kalsiyum salınımını ve bağlanma dayanımını değerlendirdikleri çalışmalarında, yüksek oranda kalsiyum iyonu saldırdığını ve bu nedenle dentin üzerinde yüksek makaslama bağlanma dayanımı sergilediğini bildirmişlerdir.<sup>33</sup> Ayrıca, ABR’deki kopolimerlerin varlığı, EQUIA Forte Fil’e kıyasla yüksek bağlanma dayanımının bir nedeni olabilir. El-Deeb ve ark. YV-CİS’lerin bağlanma dayanımını değerlendirdikleri çalışmalarında, kopolimerler içeren bir başka YV-CİS olan ChemFill Rock’ın (Dentsply Sirona, ABD) daha yüksek bağlanma dayanımı gösterdiğini bildirmişlerdir.<sup>34</sup> Self-etch adezivler, CİS matrisine uyumlu olan ve adezyon yeteneklerini artıran fosforik asitten daha az agresif çeşitli monomerler içerir. Çalışmamızda kullanılan EQUIA Forte Fil grubunda gözlemlenen nispeten düşük  $\mu$ TBS değerleri, çalışmamızda kullanılan Single Bond (3M ESPE, ABD) adezivde bulunan 10-MDP ve silanın EQUIA Forte Fil’i kurutma etkisine sahip olabileceği ve yüksek etanol içeriği nedeniyle bağlanmasını tehlikeye atabileceği potansiyeline bağlanabilir.<sup>35</sup>

## SONUÇ

Restorasyonların mekanik ve klinik olarak başarılı sayılabilmesi için elde edilen  $\mu$ TBS değerleri önemli kriterlerden biridir. Çalışmamızda kullandığımız materyaller arasında, en yüksek  $\mu$ TBS değerlerine sahip olan akışkan fiberle güçlendirilmiş kompozit grubunun bağlanma dayanımı açısından diğer materyallere

göre daha iyi klinik sonuçlar sağlayabileceği düşünülebilir.

Kullanılan materyallerin sadece  $\mu$ TBS değerleri açısından değil, aynı zamanda farklı mekanik ve fiziksel özellikleri, optik özellikleri ve canlı dokular üzerindeki etkileri açısından değerlendirilmesi için daha fazla *in vitro* ve *in vivo* çalışmaya ihtiyaç vardır.

## Finansal Kaynak

*Bu çalışma sırasında, yapılan araştırma konusu ile ilgili doğrudan bağlantısı bulunan herhangi bir ilaç firmasından, tıbbi alet, gereç ve malzeme sağlayan ve/veya üreten bir firma veya herhangi bir ticari firmadan, çalışmanın değerlendirme sürecinde, çalışma ile ilgili verilecek kararı olumsuz etkileyebilecek maddi ve/veya manevi herhangi bir destek alınmamıştır.*

## 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:** Kübra Bilge, İrem İpek, Büşra Karaağaç Eski-bağlar; **Tasarım:** Kübra Bilge, İrem İpek; **Denetleme/Danışmanlık:** Kübra Bilge, İrem İpek, Büşra Karaağaç Eski-bağlar; **Veri Toplama ve/veya İşleme:** İrem İpek, Büşra Karaağaç Eski-bağlar; **Analiz ve/veya Yorum:** İrem İpek; **Kaynak Taraması:** Kübra Bilge, İrem İpek, Büşra Karaağaç Eski-bağlar; **Makalenin Yazımı:** Kübra Bilge, İrem İpek, Büşra Karaağaç Eski-bağlar; **Eleştirel İnceleme:** Kübra Bilge; **Kaynaklar ve Fon Sağlama:** İrem İpek, Büşra Karaağaç Eski-bağlar; **Malzemeler:** Kübra Bilge.

## KAYNAKLAR

- Manuja N, Pandit IK, Srivastava N, Gugnani N, Nagpal R. Comparative evaluation of shear bond strength of various esthetic restorative materials to dentin: an in vitro study. J Indian Soc Pedod Prev Dent. 2011;29(1):7-13. [Crossref] [PubMed]
- Santini A, Plasschaert AJ, Mitchell S. Marginal leakage of filled dentin adhesives used with wet and dry bonding techniques. Am J Dent. 2000;13(2):93-7. [PubMed]
- Park EY, Kang S. Current aspects and prospects of glass ionomer cements for clinical dentistry. Yeungnam Univ J Med. 2020;37(3):169-78. [Crossref] [PubMed] [PMC]
- Hinoura K, Suzuki H, Onose H. Factors influencing bond strengths between unetched glass ionomers and resins. Oper Dent. 1991;16(3):90-5. [PubMed]
- Sidhu SK, Nicholson JW. A review of glass-ionomer cements for clinical dentistry. J Funct Biomater. 2016;7(3):16. [Crossref] [PubMed] [PMC]
- Lazaridou D, Belli R, Krämer N, Petschelt A, Lohbauer U. Dental materials for primary dentition: are they suitable for occlusal restorations? A two-body wear study. Eur Arch Paediatr Dent. 2015;16(2):165-72. [Crossref] [PubMed]
- Schwendicke F, Al-Abdi A, Pascual Moscardó A, Ferrando Cascales A, Sauro S. Remineralization effects of conventional and experimental ion-releasing materials in chemically or bacterially-induced dentin caries lesions. Dent Mater. 2019;35(5):772-9. [Crossref] [PubMed]
- Najeeb S, Khurshid Z, Zafar MS, Khan AS, Zohaib S, Martí JM, et al. Modifications in glass ionomer cements: nano-sized fillers and bioactive nanoceramics. Int J Mol Sci. 2016;17(7):1134. [Crossref] [PubMed] [PMC]

9. Khoroushi M, Keshani F. A review of glass-ionomers: from conventional glass-ionomer to bioactive glass-ionomer. *Dent Res J (Isfahan)*. 2013;10(4):411-20. [[PubMed](#)] [[PMC](#)]
10. Gurgan S, Kutuk ZB, Ergin E, Oztas SS, Cakir FY. Four-year randomized clinical trial to evaluate the clinical performance of a glass ionomer restorative system. *Oper Dent*. 2015;40(2):134-43. [[Crossref](#)] [[PubMed](#)]
11. Basting RT, Serra MC, Rodrigues AL. In situ microhardness evaluation of glass-ionomer/composite resin hybrid materials at different post-irradiation times. *J Oral Rehabil*. 2002;29(12):1187-95. [[Crossref](#)] [[PubMed](#)]
12. Attik N, Colon P, Gauthier R, Chevalier C, Grosgeat B, Abouelleil H. Comparison of physical and biological properties of a flowable fiber reinforced and bulk filling composites. *Dent Mater*. 2022;38(2):e19-e30. [[Crossref](#)] [[PubMed](#)]
13. Sonarkar S, Purba R. Bioactive materials in conservative dentistry. *Int J Contemp Dent Med Rev*. 2015;2015:1-4. [[Crossref](#)]
14. Bakir S, Bakir EP, Akbiyik SY. Evaluation of the bond strength of resin-modified glass ionomer enhanced with bioactive glass to composite resin with different dental adhesive systems. *Analytical and Quantitative Cytopathology and Histopathology*. 2021;43(4):235-41. [[Link](#)]
15. Croll TP, Berg JH, Donly KJ. Dental repair material: a resin-modified glass-ionomer bioactive ionic resin-based composite. *Compend Contin Educ Dent*. 2015;36(1):60-5. [[PubMed](#)]
16. Bhadra D, Shah NC, Rao AS, Dedania MS, Bajpai N. A 1-year comparative evaluation of clinical performance of nanohybrid composite with Activa™ bioactive composite in class II carious lesion: a randomized control study. *J Conserv Dent*. 2019;22(1):92-6. [[PubMed](#)] [[PMC](#)]
17. Kucukyilmaz E, Savas S, Kavrik F, Yasa B, Botsali MS. Fluoride release/recharging ability and bond strength of glass ionomer cements to sound and caries-affected dentin. *Niger J Clin Pract*. 2017;20(2):226-34. [[Crossref](#)] [[PubMed](#)]
18. 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](#)]
19. Suzuki T, Finger WJ. Dentin adhesives: site of dentin vs. bonding of composite resins. *Dent Mater*. 1988;4(6):379-83. [[Crossref](#)] [[PubMed](#)]
20. Hegde V, Vaidya MJ, Jadhav KS. Microtensile bond strength of packable and flowable bulk-fill composite resin-based restorative materials to dentin. *Journal of Operative Dentistry & Endodontics*. 2023;7(1):6-10. [[Crossref](#)]
21. Harp YS, Montaser MA, Zaghoul NM. Flowable fiber-reinforced versus flowable bulk-fill resin composites: degree of conversion and microtensile bond strength to dentin in high C-factor cavities. *J Esthet Restor Dent*. 2022;34(4):699-706. [[Crossref](#)] [[PubMed](#)]
22. Asmussen E, Peutzfeldt A. Resin composites: strength of the bond to dentin versus surface energy parameters. *Dent Mater*. 2005;21(11):1039-43. [[Crossref](#)] [[PubMed](#)]
23. Peutzfeldt A, Asmussen E. Determinants of in vitro gap formation of resin composites. *J Dent*. 2004;32(2):109-15. [[Crossref](#)] [[PubMed](#)]
24. Steiner R, Edelhoff D, Stawarczyk B, Dumfahrt H, Lente I. Effect of dentin bonding agents, various resin composites and curing modes on bond strength to human dentin. *Materials (Basel)*. 2019;12(20):3395. [[Crossref](#)] [[PubMed](#)] [[PMC](#)]
25. Cekic I, Ergun G, Uctasli S, Lassila LV. In vitro evaluation of push-out bond strength of direct ceramic inlays to tooth surface with fiber-reinforced composite at the interface. *J Prosthet Dent*. 2007;97(5):271-8. [[Crossref](#)] [[PubMed](#)]
26. Yoshida Y, Van Meerbeek B, Nakayama Y, Snauwaert J, Hellemans L, Lambrechts P, et al. Evidence of chemical bonding at biomaterial-hard tissue interfaces. *J Dent Res*. 2000;79(2):709-14. [[Crossref](#)] [[PubMed](#)]
27. Techa-Ungkul C, Sakoolnamarka R. The effect of dentin age on the microshear bond strength and microleakage of glass-ionomer cements. *Gerodontology*. 2021;38(3):259-66. [[Crossref](#)] [[PubMed](#)]
28. El Wakeel AM, Elkassas DW, Yousry MM. Bonding of contemporary glass ionomer cements to different tooth substrates; microshear bond strength and scanning electron microscope study. *Eur J Dent*. 2015;9(2):176-82. [[Crossref](#)] [[PubMed](#)] [[PMC](#)]
29. Nicholson JW. Adhesion of glass-ionomer cements to teeth: a review. *International Journal of Adhesion and Adhesives*. 2016;69:33-8. [[Crossref](#)]
30. Poggio C, Beltrami R, Scribante A, Colombo M, Lombardini M. Effects of dentin surface treatments on shear bond strength of glass-ionomer cements. *Ann Stomatol (Roma)*. 2014;5(1):15-22. [[Crossref](#)] [[PubMed](#)] [[PMC](#)]
31. Hesse D, Bonifácio CC, Guglielmi Cde A, Bönecker M, van Amerongen WE, Raggio DP. Bilayer technique and nano-filled coating increase success of approximal ART restorations: a randomized clinical trial. *Int J Paediatr Dent*. 2016;26(3):231-9. [[Crossref](#)] [[PubMed](#)]
32. Kaup M, Dammann CH, Schäfer E, Dammaschke T. Shear bond strength of Biodentine, ProRoot MTA, glass ionomer cement and composite resin on human dentine ex vivo. *Head Face Med*. 2015;11:14. [[Crossref](#)] [[PubMed](#)] [[PMC](#)]
33. Bhatia K, Nayak R, Ginjupalli K. Comparative evaluation of a bioactive restorative material with resin modified glass ionomer for calcium-ion release and shear bond strength to dentin of primary teeth-an in vitro study. *J Clin Pediatr Dent*. 2022;46(6):25-32. [[Crossref](#)] [[PubMed](#)]
34. El-Deeb HA, Mobarak EH. Microshear bond strength of high-viscosity glass-ionomer to normal and caries-affected dentin under simulated intrapulpal pressure. *Oper Dent*. 2018;43(6):665-73. [[Crossref](#)] [[PubMed](#)]
35. Francois P, Vennat E, Le Goff S, Ruscassier N, Attal JP, Dursun E. Shear bond strength and interface analysis between a resin composite and a recent high-viscous glass ionomer cement bonded with various adhesive systems. *Clin Oral Investig*. 2019;23(6):2599-608. [[Crossref](#)] [[PubMed](#)]