



**The Journal of Turkish Dental Research**  
**Türk Diş Hekimliği Araştırma Dergisi**

e-ISSN: 2822-4310, Cilt 3, Sayı 1, Ocak - Nisan 2024  
Volume 3, Number 1, January, April 2024

**CAD/CAM Restorasyonların Tamirinde Uygulanan Farklı Yöntemlerin  
Bağlanma Dayanımına Etkisi**

The Effect of Different Repair Systems on the Repair Bond Strength  
of CAD/CAM Restorations

*CAD/CAM Restorasyonların Tamiri*

**Tamer YILDIRIM<sup>1</sup>, Nihan GÖNÜLÖL<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>Uzm Dt, Özel Klinik, İstanbul  
tmryildirim@hotmail.com  
ORCID: 0009-0000-4071-7426

<sup>2</sup> Prof. Dr., Ondokuz Mayıs Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Restoratif Diş Tedavisi Anabilim Dalı  
nihan.gonulol@omu.edu.tr  
ORCID: 0000-0002-4149-6351

**Makale Bilgisi / Article Information**

**Makale Türü / Article Types:** Araştırma Makalesi / Research Article

**Geliş Tarihi / Received:** 12-02-2024

**Kabul Tarihi / Accepted:** 30-04-2024

**Yıl / Year:** 2024 | **Cilt – Volume:** 3 | **Sayı – Issue:** 1 | **Sayfa / Pages:** 294-307

**Sorumlu Yazar / Corresponding Author:** Nihan GÖNÜLÖL

<https://doi.org/10.58711/turkishjdentres.vi.1435851>

## CAD/CAM Restorasyonların Tamirinde Uygulanan Farklı Yöntemlerin Bağlanma Dayanımına Etkisi

### The Effect of Different Repair Systems on the Repair Bond Strength of CAD/CAM Restorations

#### ÖZET

**Amaç:** Çalışmamızın amacı CAD/CAM restorasyonların tamirinde kullanılan farklı yöntemlerin etkinliğini karşılaştırmalı olarak incelemektir.

**Gereç ve Yöntem:** Bu çalışma için 3 farklı tipte, A2 rengine CAD/CAM blok kullanılmıştır. Block HC (Shofu), Cerasmart (GC) ve Cerec Blok (DentsplySirona) bloklar 5×5×5 mm olacak şekilde kesilmiş ve toplamda 300 adet örnek elde edilmiştir. Ardından örnekler 5 ile 55°C arasında 5000 defa termal sıklusa tabi tutularak yaşlandırma işlemi yapılmıştır. Daha sonra örnekler, kompozit rezin bağlanacak yüzeylerine uygulanacak işlemlere göre 5 alt gruba ayrılmıştır; Grup CT=Clearfil Tamir Kiti, Grup UT=Ultradent Tamir Kiti, Grup EF= Elmas Frez ile pürüzlendirme + GC Tamir Kiti, Grup EL= Er-YAG Lazer ile pürüzlendirme + GC Tamir Kiti, Grup KC= Micro etcher ağız içi kumlama cihazı ile pürüzlendirme + GC Tamir Kiti. Gruplar tekrar 2'şer alt gruba ayrılarak, CAD/CAM blok örneklerinin üzerine 2 mm yüksekliğinde ve 4 mm çapında plastik kalıpların içine G-aenial Hibrit Kompozit veya G-aenial Universal Flo Kompozit kondanse edilip LED ışık cihazı ile polimerize edilmiştir. Ardından örnekler makaslama testine tabi tutulup, kompozit ile CAD/CAM materyal ara yüzündeki kopmalar adeziv, koheziv ve mixed kırılmalar olmak üzere sınıflandırılmak için 20x büyütme stereomikroskop altında incelenmiştir.

**Bulgular:** Grup KC, Grup UT dışında tüm gruplardan anlamlı olarak daha yüksek bağlanma dayanım değerleri göstermiştir. G-aenial Universal Flo, G-aenial hibrit kompozitten anlamlı olarak daha yüksek bağlantı dayanımı göstermiştir.

**Sonuç:** Yüzey işlemleri arasında kumlama ile pürüzlendirme en yüksek bağlantı dayanım değerlerini göstermiştir. G-aenial Universal Flo, CAD/CAM restorasyonların tamirinde başarıyla kullanılabilir.

**Anahtar Kelimeler:** CAD/CAM restorasyonlar, mikro makaslama bağlantı dayanımı, restorasyon tamiri

#### ABSTRACT

**Aim:** The aim of our study is to compare the effectiveness of different methods used in the repair of CAD / CAM restorations.

**Material and Method:** Three different types of CAD / CAM blocks were used for this study. Block HC (Shofu), Cerasmart (GC) and Cerec Block (DentsplySirona) blocks were cut in 5 × 5 × 5 mm and a total of 300 samples were obtained. The samples were then subjected to 5000 cycles of thermal cycling between 5 and 55 ° C for aging. Five different surface conditioning methods were applied to the samples before bonding to the composite resin; Group CT: Clearfil Repair Kit, Group UT: Ultradent Repair Kit, Group EF: Diamond Bur + GC Repair Kit, Group EL: Er-YAG Laser + GC Repair Kit, Group KC: Micro etcher intra-oral sand blasting device + GC Repair Kit. The groups were divided into 2 subgroups and bonded with two different composite resins; G-aenial Hybrid Composite or G-aenial Universal Flo Composite. Plastic molds (2 mm high x 4 mm diameter) were inserted on top of CAD / CAM block samples and polymerized with a LED light curing unit. The samples were then subjected to shear testing and the failure modes were examined under a 20x magnification in a stereomicroscope to classify them as adhesive, cohesive and mixed fractures.

**Results:** The shear bond values of Cerec blocks were significantly higher than the other blocks ( $p<0.05$ ). When surface treatments were compared, Group KC showed significantly higher bond strength values than all groups except Group UT. Compared to the repair materials, G-aenial Universal Flo showed significantly higher bond strength than G-aenial hybrid composite.

**Conclusion:** The sandblasting system can be recommended for the repair of all type of CAD/CAM blocks tested in this study. The G-aenial Universal Flo seems to be a successful repairing material for the repair of CAD/CAM materials.

**Keywords:** CAD/CAM restorations, Micro shear bond strength test, repair of restorations

## Giriş

Günümüzde hastaların estetik beklentilerinin artmasıyla beraber CAD/CAM (bilgisayar destekli tasarım/bilgisayar destekli üretim) sistemlerin inley, onley, kron, vener ve köprü yapımında kullanımı yaygınlaşmıştır. Hasta ağzından ölçü almadaki kolaylık, döküm işlemlerinin elimine edilmesi, geçici restorasyonlara gerek duyulmaması açısından hızlı ve kolay sistemlerdir.<sup>1,2</sup> CAD/CAM sistemlerinin yaygınlaşmasıyla birlikte, estetik ve fonksiyonel beklentilerin yanı sıra dayanıklılık gereksinimleri karşılamak için farklı yapısal ve fiziksel özelliklere sahip materyaller geliştirilmektedir. Bu sistemlerde kullanılan materyaller arasında CAD/CAM sistemlerinde çeşitli seramikler, metal alaşımları ve kompozitler yer almaktadır.<sup>3</sup> Fakat tüm bu restorasyonlar ağız içinde kırılmaya ve çatlamaya müsaittir. Kırık restorasyonu yenilemek, pratik olmayan maliyetli bir yöntem olup aynı zamanda diş dokularında kayıplara yol açabilmektedir. Bu sebeple kırık veya hatalı restorasyonların tamiri daha yaygın kullanılan alternatif bir yöntem olmuştur.

Kullanımı yaygınlaşan indirekt estetik restorasyonlarda sık gözlenen başarısızlıklardan biri lokal kırıklardır. Wang ve ark, 5 yıl takipli bir klinik çalışmada seramik restorasyonlarda kırık oranını %4.4 olarak bildirmişlerdir.<sup>4</sup> Klinikte kırık durumu ile karşı karşıya kalındığında, restorasyonun yenilenmesi ya da tamiri arasında bir tercih yapılmaktadır. Klinik çalışma şartlarında, mevcut restorasyonun yenilenmesi; diş üzerinde oluşturabileceği travma riski ve pratik olmayan maliyetli bir yöntem olması nedeniyle uygun bir yol olmayabilmektedir. Halbuki tamir işlemiyle hastanın harcaacağı zaman ve yükselen maliyet en aza indirilebilir.<sup>5</sup>

Restorasyonun yenilenmesi yerine uygun bir alternatif olan tamir işlemi, CAD\CAM bloklara uygulanan yüzey işlemi sonrası eksik parçanın kompozit rezinle tamamlanması esasına dayanmaktadır. Tamir işleminin klinik başarısı, büyük oranda restorasyon ve kompozit rezin arasında oluşan bağın bütünlüğünün korunmasına bağlıdır. Bu bağlantı kimyasal ve/veya mekanik olabilmektedir.<sup>6</sup> Bununla birlikte, kırık seramik restorasyonların onarımı zorlu bir klinik durumdur.<sup>7</sup>

Seramik restorasyonların işlevselliğini, uzun ömürlülüğünü ve estetiğini arttırmak için araştırmacılar tarafından farklı onarım protokolleri geliştirilmiş ve değerlendiril-

miştir: asit ile pürüzlendirme (ör, hidroflorik asit, asitlendirilmiş fosfat florid ve fosforik asit) frez ile mekanik pürüzlendirme, silan uygulamaları, alüminyum oksit partikülleri ile kumlama ve tribokimyasal silika kaplama.<sup>8,9</sup> Bununla birlikte, olumlu klinik sonuçları tam anlamıyla sağlayabilen etkili bir onarım sistemi üzerinde klinisyenler arasında fikir birliği yoktur.<sup>9</sup>

Bu çalışmanın amacı üç farklı yapıdaki CAD/CAM bloklara uygulanan farklı tamir protokollerinin ve iki farklı rezin içerikli restoratif materyalin makaslama bağlantı dayanımlarının ölçülmesidir.

Çalışmanın sıfır hipotezi, CAD/CAM blokların kompozit rezinlerle tamirinde, farklı yüzey işlemlerinin ve tamir materyallerinin, makaslama bağlanma dayanım değerleri açısından fark oluşturmayacağı şeklindedir.

## Gereç ve Yöntem

### Örneklerin Hazırlanması

Çalışmamızda, 14x12x18 mm ebatlarında A2 renginde 3 farklı yapıdaki CAD/CAM blok: Blok HC, Cerasmart ve Cerec Blok kullanıldı. Kullanılan tüm materyaller ve üretici bilgileri Tablo 1'de gösterilmiştir.

Bloklar hassas kesim cihazıyla (Isomet 5000, Buehler, Lake Bluff, IL, ABD) kullanılan elmas kesme diskinin (Buehler, Lake Bluff, IL, ABD) kalınlığı da hesaplanarak (0,3 mm), su soğutması altında 4x4x4 mm boyutlarında kesildi ve toplamda 300 adet örnek elde edildi. Hazırlanan örnekler 24 saat 37°C distile suda bekletildi ve sonrasında termal siklus cihazında (Salubris Technica, İstanbul, Türkiye) +5°C /+55°C'lik banyolarda 30 sn bekleme ve havuzlar arası geçiş 5 sn olacak şekilde 5000 kez termal eskitme işlemine tabi tutuldu. Bir yüzeyleri açıkta kalacak şekilde soğuk akril içerisine gömülen örnekler sırasıyla 600, 800 ve 1000 gridlik silikon karbid zımparalar (English abrasives, English Abrasives Ltd., İngiltere) ile zımpara makinasında (Phoenix Beta, Buehler, Lake Bluff, IL, ABD) zımparalanarak yüzey standardizasyonu sağlandı. Elde edilen toplam 300 adet örneğin tamir materyali bağlanacak yüzeylerine farklı yüzey işlemleri uygulanmak üzere rastgele 5 gruba ayrıldı:

**Clearfil Tamir Kiti (Grup CT):** Hazırlanan örneklerin yüzeyine %35' lik fosforik asit içeren K Etchant Gel, seramik yüzeyine uygulanıp 5 sn süreyle bekletildi. Yüzey basınçlı su ile 5 sn yıkandı ve hava spreyi ile kurutuldu. Daha sonra set içinde bulunan Clearfil SE Bond Primer

**Table I.** Çalışmada kullanılan materyallerin içerikleri ve üretici firma bilgileri

MATERYAL	İÇERİK	ÜRETİCİ FİRMA	ÜRETİM NO
Shofu Blok HC	UDMA, TEGDMA, silika toz, salisilik asitmikro partikül, zirkonyum silikat	Shofu Inc., Kyoto, Japonya	071601
Gc Ceresmart	Nanoseramik: 80% nanoseramik partikül (SiO <sub>2</sub> , ZrO <sub>2</sub> ), 20% UDMA polimer	GC Corporation, Tokyo, Japonya	1612141
Cerec Blok	Zirkonyum dioksit + hafniyum dioksit + itriyum trioksit >99 (ağırlıkça), alüminyum trioksit	Sirona Dental, Salzburg, Almanya	54270
G-aenial Hibrit Kompozit	Metakrilat monomerler, Pre-polimerize doldurucular 16-17µ(silika içeren stronsiyum Lantonaid flor içeren), inorganik doldurucu > 100 nm(Silika, Fluoroaluminasilikat), inorganik doldurucu < 100 nm(Fumed silika), renklendiriciler, kaalizörler	GC Corporation, Tokyo, Japonya	180122A
	Fluoroaluminasilikat), inorganik doldurucu < 100 nm(Fumed silika), renklendiriciler, kaalizörler		
G-aenial Universal Flo Kompozit	Ağırlıkça %31 matriks(Urethanedimethacrylate, Bis-MEPP, TEGDMA), ağırlıkça %69 doldurucu(Silikon dioksit(16nm), Stronsiyum cam (200 nm)), renklendirici), foto başlatıcı	GC Corporation, Tokyo, Japonya	180405A
Clearfil Tamir Kiti	%35 K Etchant Jel +Clearfil SE Bond Primer + Clearfil Porselen Bond Aktivatör +Clearfil SE Bond	Kuraray Medical, Okayama, Japonya	000041
Ultradent Tamir Kiti	Ultradent %9 hidroflorik Porselen Asit + Ultradent Silan + Peak Universal Bond	Ultradent Products Inc., South Jordan, UT, ABD	BFR7D
GC Tamir Kiti	G-Premio Bond + Ceramic Primer II	GC Corporation, Tokyo, Japonya	171211A

ve Clearfil Porselen Bond Aktivatör üretici firmanın belirlediği oranlarda karıştırılarak seramik yüzeyine uygulandı. Silan 5 sn bekletildikten sonra yağsız kuru hava ile kurutuldu. Clearfil SE Bond tek kullanımlık bir fırça yardımıyla uygulanıp hafif hava sıkılarak mümkün olduğu kadar uniform bir film tabakası oluşturuldu ve 10 saniye LED ışık cihazı 3M ESPE Elipar™ S10 (3M ESPE, Seefeld, Almanya) ile polimerize edildi.

**Ultradent Tamir Kiti (Grup UT):** Örneklerin yüzeyine %9 hidroflorik porselen asit seramik yüzeyine uygulanıp 60 sn süreyle bekletildi. Porselen asitin sarı rengi ayırt edilmemeye başlayınca asiti nötrleştirmek için EtchArrest sürüldü. Nötralize edilmiş asit hava su spreyi ile yıkama yapılırken aspiratörle uzaklaştırıldı. Örnek yüzeyinde mat ve pürüzlü bir görünüm elde edildi. Daha sonra Ultradent Silan uygulanıp 60 sn boyunca kuruması beklendi. Silanlanmış örnek yüzeyi tek kullanımlık bir fırça yardımıyla 15 sn boyunca Peak Universal Bond uygulanıp 20 sn LED ışık cihazı ile polimerize edildi.

**Elmas Frez ile pürüzlendirme + GC Tamir Kiti (Grup EF):** Bu gruptaki örnekler, 125 µm'lik yeşil bantlı elmas frezleri (Acurata, Thurmansbang, Almanya) kullanılarak yüksek hızda su soğutmalı klinik aeratör yardımıyla aynı araştırmacı tarafından parmak basıncıyla 10 sn boyunca aynı yönlerde aşındırılarak pürüzlendirildi. Daha sonra GC tamir setindeki Ceramic Primer II uygulanıp hava ile kurutuldu. G-Premio Bond silanlanan yüzeye 10 sn boyunca uygulandı. 5sn hava ile kurutuldu ve 10 sn boyunca LED ışık cihazı ile polimerize edildi.

**Er-YAG Lazer ile pürüzlendirme + GC Tamir Kiti (Grup EL):** Er:YAG lazer cihazı ile (Fotona, Ljubljana, Slovenya), 45° derece açılı 2 Hz pulsasyon sıklığı ve 1000 mW pulsasyon enerjisi ve su spreyi altında 20 sn pürüzlendirme işlemi yapıldı. Daha sonra GC tamir setinde bulunan Ceramic Primer II uygulanıp hava ile kurutuldu. G-Premio Bond silanlanan yüzeye 10 sn boyunca uygulandı. 5 sn hava ile kurutuldu ve 10 sn boyunca LED ışık cihazı ile polimerize edildi.

**Micro etcher ağız içi kumlama cihazı ile pürüzlendirme + GC Tamir Kiti (Grup KC):** Bu grupta hazırlanan örnekler, partikül büyüklüğü 50 µm olan Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> kumu ile hava basıncı altında yaklaşık 20 mm mesafeden 20 sn süreyle MicroEtcher kumlama cihazıyla kumlanarak pürü-

rüzlendirildi. Daha sonra GC tamir setinde bulunan Ceramic Primer II uygulanıp hava ile kurutuldu. G-Premio Bond silanlanan yüzeye 10 sn boyunca uygulandı. 5 sn hava ile kurutuldu ve 10 sn boyunca LED ışık cihazı ile polimerize edildi.

#### **Tamir Materyallerinin Örneklere Bağlanması**

Örnekler, tamir materyalinin çeşidine göre rastgele 2 gruba ayrıldı (n:10). Tamir materyallerinin örneklere bağlanma işleminin standardizasyonu için özel olarak hazırlanan - 4 mm çap x 2 mm yükseklik - plastik kalıplar kullanıldı.

Plastik kalıp sabitlendikten sonra örnekler hibrit kompozit olan G-aenial Hibrit kompozit ile veya enjekte olabilen G-aenial Universal Flo kompozit ile bağlanarak polimerizasyon işlemi LED ışık cihazı ile 20 sn süreyle gerçekleştirildi. Daha sonra tamir materyalinin yerleştirildiği kalıp çıkarıldı.

#### **Makaslama Bağlanma Testinin Uygulanması**

Makaslama bağlanma testi Universal test cihazı (AG-IS, Shimadzu, Japonya) kullanılarak gerçekleştirildi. Keski şeklinde uygulama ucu rezin bağlantı arayüzüne paralel olacak şekilde adeziv arayüze en yakın şekilde yerleştirildi. Örneklere kopma oluncaya kadar 0,5mm/dk yükleme hızıyla kuvvet uygulandı. Kopma anındaki kuvvet Newton (N) biriminde tespit edildi. Elde edilen bu değerler bağlantı alanına bölerek megapaskal (MPa) biriminden hesaplandı.

Makaslama bağlantı testi sonucu oluşan başarısızlık tiplerini belirlemek amacıyla kopma yüzeyleri stereomikroskop (Novex RZ, Euromex, Arnhem, Hollanda) kullanılarak x20 büyütmede incelenmiş ve başarısızlık tipleri üç grup altında incelenmiştir: Adeziv başarısızlık: CAD/CAM materyali ve tamir materyali arasında adeziv kopma, Koheziv başarısızlık: CAD/CAM materyali ve kompozitin kendi içindeki koheziv kopma, Karışık başarısızlık: Adeziv ve koheziv kopmanın bir arada görüldüğü başarısızlık tipi olarak incelendi.

#### **İstatistiksel Yöntem**

İstatistiksel analizlerde IBM SPSS for Windows Version 22.0 paket programı kullanıldı. Sayısal değişkenlerin normalliği Shapiro-Wilk testi ile incelendi. Bağlantı dayanımı değerlerinin gruplar arası karşılaştırılmasında üç yönlü varyans analizi kullanıldı. İkili karşılaştırmalar Bonferroni testi ile yapıldı. Anlamlılık düzeyi p<0,05 olarak alındı.

## Bulgular

Çalışmamızda elde edilen makaslama bağlanma dayanım testi sonuçları ve istatistiksel analiz bulguları, Tablo 2'de diğer faktörlerden bağımsız olarak CAD/CAM bloklarına, yüzey pürüzlendirme yöntemlerine ve tamir materyalinin tipine göre gösterilmektedir.

- CAD/CAM bloklar genel olarak birbirleri ile karşılaştırıldığında Cerec Blok bağlantı dayanım değerleri ortalaması (17,48±5,51 MPa) diğer bloklardan anlamlı olarak daha yüksek bulunmuştur ( $p<0,05$ ). Cerasmart (13,68±5,76 MPa) ve Shofu Blok HC (13,23±4,96 MPa) bağlantı dayanım değerleri arasında anlamlı bir fark bulunmamıştır ( $p>0,05$ ).

- Yüzey işlemleri genel olarak kendi arasında kıyaslandığında Grup KC (17,19±5,94 MPa), Grup UT dışında tüm gruplardan anlamlı olarak daha yüksek bağlanma dayanım değerleri göstermiştir. Diğer yüzey işlemleri arasında anlamlı bir fark yoktur ( $p<0,05$ ).

- Tamir materyalleri kendi arasında kıyaslandığında da G-aenial Universal Flo (16,93±5,40 MPa) G-aenial hibrit kompozitten (12,81±5,33 MPa) anlamlı olarak daha yüksek bağlantı dayanımı göstermiştir ( $p<0,05$ ).

3 farklı CAD/CAM bloğunun, 5 farklı yüzey pürüzlendirme işlemi ve 2 farklı tipte tamir materyaline bağlı olarak her bir blok türü için toplam 10 alt grup olacak şekilde elde ettiğimiz makaslama bağlanma dayanımı değerleri Tablo 3'te gösterilmektedir.

Tamir materyallerinden bağımsız olarak Cerec bloklarda en yüksek bağlantı dayanımı Grup CT'de (19,86±4,46) ve Grup UT'de (18,61±4,68) tespit edilmiştir ve bu iki grup arasında anlamlı bir fark yoktur ( $p>0,05$ ). En düşük bağlantı dayanım değerleri ise Grup EF'de tespit edilmiştir ( $p<0,05$ ). Cerec Blokların G-aenial Universal Flo ile tamirinde en yüksek bağlantı dayanım değerleri sırasıyla Grup CT (22,31±4,28 MPa) ve Grup UT'de (21,92±2,78 MPa) elde edilmiş olup; aralarında istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunmamıştır ( $p>0,05$ ). En düşük bağlantı dayanım değerleri ise Grup EF (16,67±4,41 MPa) ve Grup EL'de (17,02±3,60 MPa) elde edilmiş ve aralarındaki fark istatistiksel olarak anlamlı değildir. Cerec Bloklar G-aenial hibrit ile tamir edildiğinde ise en yüksek bağlantı dayanım değerleri Grup EL (18,70±6,72 MPa) ve Grup CT'de (17,41±3,20 MPa) elde edilip aralarında anlamlı bir fark bulunmamıştır ( $p>0,05$ ). En düşük bağlantı dayanım değeri Grup EF'de

(11,21±2,67 MPa) elde edilmiştir ( $p<0,05$ ).

Cerasmart materyallerinde ise tamir materyallerinden bağımsız olarak anlamlı derecede en yüksek değerler Grup KC'de (19,96±3,90) elde edilirken, en düşük değer Grup EL'de (10,38±2,70) elde edilmiştir ( $p<0,05$ ). Cerasmart G-aenial Universal Flo ile tamir edildiğinde; en yüksek bağlantı dayanım değerlerini Grup KC (20,95±3,64 MPa) ve Grup CT'de (17,43±6,71 MPa) bulunmuş olup aralarında anlamlı bir fark bulunmamıştır ( $p>0,05$ ). Bu iki grubu Grup EF (16,33±4,48 MPa) izlemiştir. En düşük bağlantı dayanım değerlerini ise sırasıyla Grup UT (13,41±4,46 MPa) ve Grup EL (11,65±2,73 MPa) göstermiş olup ikisi arasında anlamlı bir fark bulunmamıştır. Cerasmart G-aenial hibrit ile tamir edildiğinde en yüksek bağlantı dayanım değerini Grup KC (18,97±4,09 MPa) göstermiştir ( $p<0,05$ ). En düşük bağlantı dayanım değerini de Grup CT (7,06±3,43 MPa) göstermiş olup bu grup ile Grup EL (9,11±2,09 MPa) ve Grup UT (9,27±3,38 MPa) arasında anlamlı bir fark yoktur.

Shofu Blok HC materyallerinde tamir materyallerinden bağımsız olarak istatistiksel olarak anlamlı derecede en düşük değer Grup CT'de (6,68±2,85) elde edilmiştir ( $p<0,05$ ). Diğer gruplar arasında anlamlı bir fark yoktur ( $p>0,05$ ). Shofu Blok HC'nin G-aenial Universal Flo ile tamirinde Grup CT (7,74±1,92 MPa) diğer bütün gruplardan istatistiksel olarak anlamlı derecede daha düşük bağlantı dayanım değeri göstermiştir. Diğer gruplar arasında anlamlı bir fark yoktur. Shofu Blok HC G-aenial hibrit ile tamir edildiğinde en yüksek bağlantı değeri Grup UT (16,09±4,10 MPa), en düşük bağlantı dayanım değeri Grup CT'de (6,26±3,13 MPa) elde edilmiştir ( $p<0,05$ ).

Makaslama bağlanma dayanım testi sonrasında örnek yüzeylerinden stereomikroskop ile belirlenen kopma tipleri Tablo 4'te özetlenmiştir.

Kırık tiplerini bloklara göre sınıflandırdığımızda;

- 100 adet Cerec Blok'ta; 67 koheziv, 21 adeziv, 12 mix tip kırık görülmüştür. Cerec Blok'ta görülen 21 adeziv kırık tipinin 16 tanesi Grup EL'de görülmüştür. Grup EL dışındaki tüm gruplarda koheziv kırık tipi tamir materyali farketmeksizin yüksek bulunmuştur.

- 100 adet Cerasmart'ta; 29 koheziv, 67 adeziv, 4 mix tip kırık görülmüştür. Cerasmart'ta görülen 29 koheziv kırık tipinin 19 tanesi Grup KC'de görülmüştür. Grup KC dışındaki tüm gruplarda adeziv kırık tipi yüksek görülmüştür.

• 100 adet Shofu Blok HC'de; 62 koheziv, 31 adeziv, 7 mix tip kırık görülmüştür. Shofu Blok HC'de görülen 31 adeziv kırık tipinin 20 tanesi Grup CT'de görülmüştür. Shofu Blok HC Grup CT'nin tamamında adeziv kırık gösterirken, Grup UT'nin neredeyse tamamında (19) koheziv kırık göstermiştir.

**Table II.** CAD/CAM bloklarına, yüzey pürüzlendirme yöntemlerine ve tamir materyalinin tipine göre bağlanma dayanımı değerlerinin genel ortalamaları (MPa) ve standart sapmaları (ss)

<b>Bağlanma dayanım kuvveti (MPa) ortalama±ss</b>	
<b>CAD/CAM bloklar</b>	
Cerec Blok	17,48 (±5,51) <sup>a</sup>
Cerasmart	13,68 (±5,76) <sup>b</sup>
Shofu Blok HC	13,23 (±4,96) <sup>b</sup>
<b>Yüzey pürüzlendirme yöntemleri</b>	
Grup CT	13,62 (±7,55) <sup>B</sup>
Grup EF	14,13 (±4,03) <sup>B</sup>
Grup KC	17,19 (±5,94) <sup>A</sup>
Grup EL	13,92 (±5,00) <sup>B</sup>
Grup UT	15,15 (±5,22) <sup>A</sup>
<b>Tamir materyali</b>	
G-aenial Universal Flo	16,93 (±5,40) <sup>a</sup>
G-aenial hibrit	12,81 (±5,33) <sup>b</sup>
Aynı büyük ve küçük harflerle gösterilen gruplar arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılık saptanmadı (p>0,05).	

**Table III.** CAD/CAM bloklarına göre makaslama bağlanma dayanımı değerleri

CAD/CAM Bloklar	Tamir Materyalleri	Grup CT	Grup EF	Grup KC	Grup EL	Grup UT
Cerec Blok	G-aenial Universal Flo	22,31 (±4,28) <sup>b</sup> A	16,67 (±4,41) <sup>b,B</sup>	18,74 (±8,27) <sup>AB</sup>	17,02 (±3,60) <sup>B</sup>	21,92 (±2,78) <sup>b,A</sup>
	G-aenial Anterior	17,41 (±3,20) <sup>a</sup> A	11,21 (±2,67) <sup>a,B</sup>	15,51 (±4,95) <sup>AB</sup>	18,70 (±6,72) <sup>A</sup>	15,31 (±3,77) <sup>a,AB</sup>
	Genel ortalama	19,86 (±4,46) <sup>A</sup>	13,94 (±4,52) <sup>B</sup>	17,12 (±6,84) <sup>AB</sup>	17,86 (±5,32) <sup>AB</sup>	18,61 (±4,68) <sup>A</sup>
Cerasmart	G-aenial Universal Flo	17,43 (±6,71) <sup>b</sup> A	16,33 (±4,48) <sup>a,AB</sup>	20,95 (±3,64) <sup>A</sup>	11,65 (±2,73) <sup>B</sup>	13,41 (±4,46) <sup>b,B</sup>
	G-aenial Anterior	7,06 (±3,43) <sup>a</sup> C	12,65 (±1,41) <sup>b,B</sup>	18,97 (±4,09) <sup>A</sup>	9,11 (±2,09) <sup>BC</sup>	9,27 (±3,38) <sup>a,BC</sup>
	Genel ortalama	12,24 (±7,43) <sup>B</sup> C	14,49 (±3,74) <sup>B</sup>	19,96 (±3,90) <sup>A</sup>	10,38 (±2,70) <sup>C</sup>	11,34 (±4,39) <sup>BC</sup>
Shofu Blok HC	G-aenial Universal Flo	7,74 (±1,92) <sup>B</sup>	15,58 (±3,36) <sup>A</sup>	18,29 (±4,54) <sup>b,A</sup>	15,49 (±2,83) <sup>b,A</sup>	14,92 (±3,85) <sup>A</sup>
	G-aenial Anterior	6,26 (±3,13) <sup>C</sup>	12,33 (±4,03) <sup>AB</sup>	10,72 (±3,91) <sup>a,B</sup>	11,56 (±3,06) <sup>a,AB</sup>	16,09 (±4,10) <sup>A</sup>
	Genel ortalama	6,68 (±2,85) <sup>B</sup>	13,95 (±3,97) <sup>A</sup>	14,50 (±5,67) <sup>A</sup>	13,52 (±3,51) <sup>A</sup>	15,51 (±3,91) <sup>A</sup>

Büyük harfler aynı satırdaki gruplar arası farklılıkları; küçük harfler aynı sütundaki gruplar arası farklılıkları ifade etmektedir (p<0,05).

**Table IV.** Makaslama bağlanma dayanım testi sonrası oluşan kopma tipleri dağılımı

CAD/CAM bloklar	Yüzey işlemleri	Tamir materyali	Kopma Tipleri			
			Adeziv	Koheziv	Mix	
Cerec Blok	Grup CT	Akışkan	0	10	0	
		Geleneksel	0	7	3	
	Grup EF	Akışkan	2	7	1	
		Geleneksel	3	5	2	
	Grup KC	Akışkan	0	9	1	
		Geleneksel	0	8	2	
	Grup EL	Akışkan	8	2	0	
		Geleneksel	8	2	0	
	Grup UT	Akışkan	0	10	0	
		Geleneksel	0	7	3	
	Cerasmart	Grup CT	Akışkan	8	2	0
			Geleneksel	8	2	0
Grup EF		Akışkan	5	4	1	
		Geleneksel	10	0	0	
Grup KC		Akışkan	0	10	0	
		Geleneksel	1	9	0	
Grup EL		Akışkan	9	1	0	
		Geleneksel	10	0	0	
Grup UT		Akışkan	6	1	3	
		Geleneksel	10	0	0	
Shofu Block HC		Grup CT	Akışkan	10	0	0
			Geleneksel	10	0	0
	Grup EF	Akışkan	1	9	0	
		Geleneksel	5	4	1	
	Grup KC	Akışkan	0	10	0	
		Geleneksel	4	5	1	
	Grup EL	Akışkan	0	8	2	
		Geleneksel	1	7	2	
	Grup UT	Akışkan	0	10	0	
		Geleneksel	0	9	1	



### Tartışma

Tamir edilmiş seramik restorasyonların klinik başarısı, uzun ömürlülüğü ve estetiği, seramik ve tamir materyali arasındaki bağlantının kalitesine ve dayanıklılığına bağlıdır. Başarılı bir adezyon için mekanik ve kimyasal bağlantının birlikte sağlanabildiği bir onarım protokolü gerekmektedir.<sup>11</sup> Bu amaçla seramik yüzeyine uygulanan pek çok yüzey işlemi geliştirilmiş ve değerlendirilmiştir. Bu protokoller; asit ile pürüzlendirme (hidroflorik asit, asitlendirilmiş fosfat florür ve fosforik asit) frez ile mekanik pürüzlendirme, silan uygulamaları, alüminyum oksit partikülleri ile kumlama ve tribokimyasal silika kaplamalarını içerir.<sup>8,9</sup> Bununla birlikte, olumlu klinik sonuçları garanti eden, etkili bir onarım sistemi üzerine klinisyenler arasında bir fikir birliği yoktur.<sup>10</sup>

Bilgisayar destekli tasarım/üretim sistemi ile üretilen seramik materyallerin kullanımlarının yaygınlaşması, kırılma direnci, dayanıklılığı ve klinik ömrü açısından endişeleri arttırırken, ağız içi tamir prosedürlerini de gündeme getirmiştir. CAD/CAM materyallerinin üretimi sırasında kullanılan yüksek ısı ve yüksek basıncın, materyale yüksek homojenite sağlamasının yanında, kompozit rezinlerin yüzeye bağlanmasında zorluk yaratabileceği düşünülmüştür.<sup>12</sup> CAD/CAM bloklarının ağız içi tamir prosedürü, materyale uygulanan yüzey şartlandırma işlemleri sonrası eksik kısmın kompozit rezinle tamamlanması esasına dayanmaktadır. Bu nedenle çalışmamızda CAD/CAM restorasyonların ağız içi tamirinde kullanılan metodların kıyaslanarak, en etkili yöntemin tespit edilmesi amaçlanmıştır.

Günümüzde etkin rezin-seramik bağlantısı için ara-yüzeylerde mekanik ve kimyasal bağlantının birlikte sağlanmasına odaklanılmıştır. Bu nedenle tamir materyalinin seramik yapıya istenen bağlantıyı sağlayabilmesi için klinikte kullanılan tüm adeziv sistemler, tamir edilecek seramik yüzeyinin düzenlenmesini gerektirirler.<sup>13</sup> Mekanik bağlanma, yüzey pürüzlendirme ile elde edilen mikro mekanik kilitlenme yoluyla gerçekleşir. Mekanik retansiyonu sağlamak amacıyla  $Al_2O_3$  tozu veya silika bağlı  $Al_2O_3$  tozu ile kumlama, elmas frez, hidroflorik asit, fosforik asit veya lazerle pürüzlendirme işlemleri uygulanmaktadır. Kimyasal bağlanma içinse silanizasyon ve adeziv primerler kullanılmaktadır.<sup>14,15</sup> Silan bağlayıcı ajanlar seramik yüzeyinin ıslanabilirliğini ve düşük viskoziteli

adeziv rezin simanların akışkanlığını arttırarak seramik ve adeziv rezin siman arasında kimyasal bağlar oluşturan bifonksiyonel moleküllerdir.<sup>3</sup>

% 5-10'luk hidroflorik asitle pürüzlendirme işlemi, seramik restorasyon ve rezin arasında bağlantıyı arttırmak amacıyla seramiklerde en çok tercih edilen kimyasal yöntemlerden biridir.<sup>16</sup> Hidroflorik asit (HF), silisyum içeren camsı matris ile reaksiyona girer ve restoratif materyalin camsı veya kristal fazını seçici olarak uzaklaştırır. Böylece seramik yüzeyinde mikroretantif alanlar oluşturur. Bu şekilde silan uygulandığında hem silanın yayılacağı ve etki göstereceği alan artar hem de oluşan mikroretantif alanlara rezin siman dolar ve bağlantı sağlanır.<sup>17</sup>

Shiu ve ark.<sup>18</sup>, feldspatik seramik örneklerin rezin simanla olan bağlantısını değerlendirmek amacıyla yaptıkları çalışmada, en yüksek bağlantı direnci değerlerini %10'luk HF asit uygulanan örneklerde tespit etmişlerdir. El-Damanhoury ve Gaintantzopoulou<sup>19</sup>, hidroflorik asit ile pürüzlendirmeyi takiben silan uygulamasının, cam seramik materyallerin yüzey hazırlık işlemleri için altın standart olarak belirtmişlerdir. Bu çalışmada da benzer sonuçlar bulunmuş, feldspatik seramik bir blok olan Cerec blokların akışkan kompozit ile tamirinde en yüksek bağlanma direnci gösteren gruptan biri HF asit ile pürüzlendirme yapılan Grup UT olmuştur. HF asit uygulamasının, silanizasyonla birlikte bağlantı direncini oldukça arttırdığını bildiren başka çalışmalar da mevcuttur.<sup>20,21</sup>

Diğer yandan HF asitin toksik özellikleri nedeniyle ağız içerisindeki kullanımları tartışmalıdır. Bazı tamir kitlerinde alternatif olarak %35-40'luk fosforik asit kullanılmaktadır.<sup>22</sup> Araştırmalar, fosforik asitle yüzey pürüzlendirme işleminin, hidroflorik asite göre çok daha sığ retantif alanlar ve daha düşük bağlanma dayanımı değerleri açığa çıkardığını göstermiştir.<sup>23</sup> Peumans ve ark.<sup>2</sup>, kullanılan asit tipinin bağlantı dayanımını etkilediğini, hidroflorik asitin fosforik asite göre bağlantıyı belirgin derecede arttırdığını bildirmişlerdir. Bizim çalışmamızda da özellikle Shofu bloklarda HF asit ile pürüzlendirme yapılan Grup UT, fosforik asitle pürüzlendirme yapılan Grup CT'ye göre anlamlı derecede daha yüksek bağlanma dayanımı göstermiştir. Bununla ilgili olarak, Shofu blok üreticilerinin fosforik asit kullanımını yüzey pürüzlendirme işleminden ziyade, pürüzlendirme sonrası silan

uygulanmasına geçmeden önce etkili bir temizleme yöntemi olarak önerdikleri, bu nedenle iyi bir bağlantı için yüzey pürüzlendirme yöntemi olarak yetersiz kaldıkları söylenebilir.<sup>24</sup>

Yüksek dirençli seramik materyallerinde yüzey değişikliğini sağlamak amacıyla kullanılan bir diğer yöntem  $Al_2O_3$  partikülleri ile kumlama işlemidir.<sup>25</sup> Kumlama işlemi sırasında farklı ebatlardaki  $Al_2O_3$  partikülleri belirli bir basınçla seramik yüzeyine uygulanır. Çalışmamızda 1 bar basınç ve 50  $\mu m$   $Al_2O_3$  partikülleriyle hibrit seramiklerde yapılan kumlamanın, ciddi kusurlara neden olmadan pürüzlülük değerlerinde önemli bir artış sağladığını bildiren çalışma esas alınmıştır.<sup>26</sup> Kumlamanın süresi, kumlama cihazının mesafesi için Barutçigil ve ark.'nın benzer şekilde hibrit bir CAD/CAM blokta bağlanma dayanımı açısından kabul edilebilir, yüzey pürüzlülüğü açısından en yüksek değerleri elde ettikleri,  $Al_2O_3$  partiküllerinin 20 sn süreyle, 10 mm uzaklıktan uygulandığı prosedür benimsenmiştir.<sup>27</sup>

Elmas frezle yüzey aşındırması genel olarak kumlamanın yapılamadığı ağız içi işlemlerde tercih edilmesi gereken bir yöntemdir.<sup>28</sup> Kumlama veya elmas frezle pürüzlendirme sonrasında bağlantı sadece oluşan mikromekanik boşluklara bond ajanlarının yapışması ile meydana gelmektedir. Ayrıca elmas frezle pürüzlendirme sonrası oluşan kümülatif negatif etkiler, düzenli yüklemeler ve suyun hidrolitik etkisi, seramiğin kompozitle olan adezyonunu olumsuz etkilemekte ve diğer yöntemlerle karşılaştırıldığında fraktür oluşumunu arttırdığı düşünülmektedir.<sup>29</sup>

Kassotakis ve ark.<sup>30</sup> ile Frankenberger ve ark.<sup>31</sup>,  $Al_2O_3$  tanecikleriyle kumlama tekniğinin hibrit seramik materyallerini pürüzlendirmede en etkili yöntem olduğunu belirtmişlerdir. Bankoğlu Güngör ve ark.<sup>32</sup>, Lava Ultimate, Vita Enamic ve GC Cerasmart seramik materyallerine 50  $\mu m$   $Al_2O_3$  partiküllerini 4 bar basınçla 10 sn süreyle 10 mm uzaklıktan uygulamışlar ve bu pürüzlendirme tekniğini frezle ve %9,6 hidroflorik asit+silan uygulamasıyla karşılaştırmışlardır. En yüksek pürüzlülük değerlerine frez uygulamasının yol açtığı, termal siklus uygulanmış bloklarda Lava Ultimate için tüm yöntemlerin, GC Cerasmart içinse kumlama ve frezle pürüzlendirme işlemlerinin bağlanma direncinde belirgin bir artış sağladığı rapor edilmiştir. Duzyol ve ark.<sup>33</sup>, Lava Ultimate seramik

materyalini kullandıkları çalışmalarında  $Al_2O_3$  tanecikleriyle kumlama işlemini %5 hidroflorik asit ve cojetle pürüzlendirme ile karşılaştırmışlardır. Çalışma sonuçlarına göre en yüksek bağlanma dayanımı değerlerinin  $Al_2O_3$  tanecikleriyle kumlama grubunda bulunduğunu bildirmişlerdir. Bunun yanında Stawarczyk ve ark.<sup>34</sup> hidroflorik asitin, kumlama işlemine göre daha yüksek bağlanma dayanımı değerleri gösterdiğini ancak bu farkın anlamlı olmadığını rapor etmişlerdir. Aynı şekilde hibrit seramik materyallerde, kumlama ve hidroflorik asiti karşılaştıran bir araştırmacı da, yöntemlerin tek başlarına veya silan uygulamasıyla birlikte kullanımlarının benzer bağlanma dayanım değerleri verdiğini bildirmiştir.<sup>20</sup> Bizim çalışmamızda da önceki çalışmalara benzer olarak hibrit bir blok olan Cerasmart tamir materyali farketmeksizin en yüksek bağlanma dayanımını Grup KC'de göstermiştir. Diğer rezin bazlı blok olan Shofu Blok HC için de en yüksek bağlanma dayanımı kumlama grubunun akışkan kompozitle tamir edilen örneklerinde elde edilmiş ancak Grup CT hariç hiçbir grupta anlamlı bir fark oluşturamamıştır. Frezle pürüzlendirme ele alındığında ise özellikle Cerec bloklar için en düşük bağlanma dayanımı değerleriyle sonuçlanmıştır. Bu durum, frez uygulamasının yüzey pürüzlülüğünü arttırsa da, bağlanma direnci için aynı etkiyi oluşturmadığını bildiren çalışmanın sonuçlarıyla uyumludur. Bunun nedeni olarak frez uygulanan seramik yüzeylerin SEM görüntülerinde andırkat ve pörözite içermeyen makro boyutta düzensizliklere rastlandığı ancak iyi bir bağlantı için yüzey pürüzlülüğünden çok geometrik karakteristiğinin önemli bir faktör olması gösterilmiştir.<sup>35</sup>

Atsu ve ark.<sup>36</sup> kumlama uygulanmış seramik örnekleri üzerinde, silika kaplama işlemi, MDP içeren bond sistemi ve silanizasyon uygulaması sonrası bağlantı dirençlerini karşılaştırmış, silika kaplanmış MDP bond kullanılan ve silanizasyon uygulanan örneklerin, kontrol grubundan ve sadece silika kaplanmış örneklerden anlamlı derecede yüksek bağlantı direnci değerlerine sahip olduğunu bildirmişlerdir.

Bu çalışmada kullandığımız Clearfil tamir seti, MDP bazlı adeziv ve MPS silan içermektedir. Primer içerisinde bulunan silan bağlayıcı ajanı seramik yüzeyin ıslanabilirliğini arttırarak, seramik kompozit rezin arasındaki bağlantıyı güçlendirmektedir.<sup>37</sup> Çalışmamızda Clearfil tamir

prosedürü özellikle Cerec bloklarda ve tamir materyali olarak akışkan kompozit tercih edildiği durumlarda bağlanma dayanım değerlerini arttırmıştır. Grup CT'de fosforik asit kullanılmasına rağmen bağlantı dayanımının artması kullanılan MDP bazlı adeziv ile ilişkili olduğu düşünülmektedir.

Lazer ile pürüzlendirme işlemi, seramik yüzeyinin pürüzlendirilmesi amacıyla kullanılabilen yüzey işlemlerinden bir diğeridir ve dental lazerlerin biyolojik dokulardaki etkilerini kimyasal ve termal etkiler şeklinde iki grupta toplamak mümkündür. Lazer ışınının fotokimyasal etkisi, doku tarafından absorbe edilerek molekül ve atomların fiziksel ve kimyasal özelliklerinin değişmesi şeklinde gerçekleşir. Termal etkide ise dokuda koagülasyon ve buharlaşmalar meydana gelmektedir. Seramik yüzeylerinin pürüzlendirilmesindeki etki de termal etkidir. Seramik yüzeyine uygulanan lazer, yüzeyde buharlaşmalar meydana getirip, pürüzlü bir yüzey oluşmasını sağlar. Er:YAG lazer dental yapılarla iyi bir etkileşim içerisinde olduğundan seramik yüzeylerin pürüzlendirilmesinde kullanılmaktadır. Er: YAG lazerin dalga boyu 2940 nm'dir ve su tarafından iyi absorbe edilir. Ancak hiçbir lazer dokuda tamamen su tarafından absorbe edilmemektedir.<sup>18</sup> Er:YAG lazer ablasyon adı verilen yöntemle yüzey üzerinde mikro patlamalar ve buharlaştırma meydana getirerek, partiküllerin yüzeyden uzaklaşmasını sağlamaktadır. Ancak lazer uygulaması esnasında ısınma ve soğuma gibi lokal ısı değişiklikleri materyale zarar verecek internal gerilmelere yol açar. Seramiğin mekanik özellikleri üzerinde sıcaklıkta meydana gelen bu değişiklikler faz transformasyonu gibi negatif etkiler meydana getirebilir.<sup>38</sup>

Gökçe ve ark.<sup>39</sup> yaptıkları çalışmada lityum bazlı seramikler için 3 W çıkış gücünde Er:YAG lazer uygulamasının uygun bir pürüzlendirme sağladığını bildirmişlerdir. Kürklü ve ark. yaptıkları çalışmalarda SEM görüntü analizleri sonrasında zirkonya örnekler için 3 W çıkış gücünün yeterli bir pürüzlendirme sağladığını, daha yüksek parametrelerde örnekler üzerinde makro çatlakların oluştuğunu tespit etmişlerdir. Porselen örnekler üzerinde ise 1 W çıkış gücünün yeterli pürüzlendirme oluşturduğunu, daha yüksek parametrelerin ise porselen yüzeyinde erimeye neden olduğunu bildirmişlerdir. Bu çalışmada ise pürüzlendirme, 45° derece açı ile 1 W çıkış gücünde

Er:YAG lazer uygulaması ile gerçekleştirilmiştir.

Akyıl ve ark.<sup>40</sup>, asitle ve lazerle pürüzlendirdikleri feldspatik seramik yüzeyiyle tamir kompozit rezini arasındaki makaslama kuvvetini ölçmüşler ve en yüksek değerleri % 9.5 HF asit uygulanan, en düşük değerleri Er:YAG uygulanan örneklerde bulmuşlardır. Bizim çalışmamızda da akışkan kompozit uygulanan Cerec blokların bağlanma dayanımları karşılaştırıldığında Grup UT'de, Grup EL'ye göre anlamlı derecede yüksek değerler elde edilmiştir.

Çelik ve ark.<sup>41</sup>, tribokimyasal kaplama ve lazer pürüzlendirme (Nd:YAG) yöntemlerini 3 farklı hibrit blok materyalinde karşılaştırmış, bu yöntemlerin uygulanan materyale göre farklılık gösterdiğini tespit etmişlerdir. Bizim çalışmamıza benzer şekilde deney gruplarından birini Cerasmart hibrit materyali oluştururken, silanizasyon için MPS silanı ve MDP bazlı adeziv kullanılmıştır. Çalışmanın sonucunda yalnızca kimyasal prosedürle bile herhangi bir fiziksel işleme gerek duyulmadan neredeyse yeterli bağlanma değerlerinin elde edildiği, Cerasmart için her iki yöntemle de bağlanma dayanımında belirgin artış sağlandığı bildirilmiştir.

Barutçigil ve ark.<sup>27</sup>, hibrit seramik materyalde Er:YAG lazer, cojet, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> tanecikleriyle kumlama, hidrofobik asit ve sadece silan uygulamasının bağlanma dayanımına etkisini karşılaştırmıştır. Çalışmanın sonucunda tüm yüzey işlemlerinin 8.76-10.73 MPa arasında değişen değerlerle, kabul edilebilir ve artmış bağlanma dayanımı gösterdiğini ancak silan uygulanan grup dışında hiçbir yüzey pürüzlendirme yönteminin, herhangi bir işlem uygulanmamış olan kontrol grubuna göre anlamlı bir farklılık oluşturmadığını bildirmişlerdir.

Çalışmamızda elde edilen bağlanma dayanım düzeyleri genel olarak ele alındığında bu değerlerin 22,31±4,28 ve 6,26±3,13 MPa arasında seyrettiği görülmektedir. Araştırmalarda ağız içi tamir materyalleri için gerekli olan bağlanma dayanımı değerlerinin, çiğneme kuvvetleri de dikkate alındığında en az 8-9 MPa olabileceğini bildirilmiştir.<sup>42</sup> Buna göre çalışmamızdaki değerler, pürüzlendirme aşamasında fosforik asitin kullanıldığı tamir prosedürünün uygulandığı birkaç grup dışında, bu değerleri karşılamaktadır.

Seramik yüzeyine uygulanan pürüzlendirme yöntemleri, kullanılan bloklar ve tamir materyallerinden bağım-

sız olarak kendi içlerinde karşılaştırıldığında, en yüksek bağlanma dayanımı değerleri Grup KC'de bulunmuştur. Bunu sırasıyla Grup UT, Grup EF, Grup EL ve Grup CT takip etmiştir. Grup UT ve Grup KC arasında anlamlı bir farka rastlanmamıştır. Kimmich ve ark.'nın<sup>43</sup> derleme çalışmalarında yaptıkları literatür taraması da bizim sonucumuzu destekler şekilde en başarılı seramik-kompozit rezin bağlantısının hidroflorik asit uygulaması ve kumlama işlemini takiben silan kullanılmasıyla elde edildiğini göstermiştir.

Seramik kırıklarının tamirinde uygun renkte estetik görünüm ve kolay manipüle edilebilmeleri gibi avantajları nedeniyle sıklıkla kompozit rezinler kullanılmaktadır. Tamir için kullanılacak kompozit rezinin, iyi bir seramik arayüzey bağlantısı sağlaması için minimal termal ekspansiyon katsayısına sahip olması ve düşük polimerizasyon büzülmesi göstermesi beklenmektedir. Ağız içi tamir işlemlerinde, kompozit rezinin seramiğe olan bağlanma dayanımını etkilediği bildirilen bir diğer faktör de kullanılan rezin materyalin tipi olmuştur. Tamir kompozitinin doldurucu içeriği yanında, partikül boyutu da başarısını etkileyebilmektedir.<sup>44</sup> Tamir materyali olarak, nanohibrit ve mikrohibrit tipte kompozitlerin karşılaştırıldığı, kendinden adezivli kompozitlerin değerlendirildiği farklı çalışmalar mevcuttur. Ancak nanohibrit ve mikrohibrit tipte kompozitlerin bağlantısını karşılaştıran bir çalışmada seramik yüzeyine olan bağlanma dayanımı açısından bir farka rastlanmamıştır.<sup>45</sup> Kendinden adezivli kompozitlerin değerlendirildiği bir çalışmada da yüzeye uygulanan işlemler farketmeksizin bu kompozitlerle yapılan bağlantı düşük dayanım değerleriyle sonuçlanırken, bir diğerinde hidroflorik asitle kombinasyonları, karşılaştırıldığı konvansiyonel akışkan tipte kompozite göre daha yüksek bağlanma dayanımı sağlamıştır.<sup>35</sup> Bu iki çalışmadaki farklı sonuçlar lityum disilikatla güçlendirilmiş CAD/CAM seramik materyalinin, feldspatik seramikle karşılaştırıldığında daha yüksek olan kristal içeriğinin, adeziv monomerlerin camsı matrikse etkisini sınırlandırmasıyla açıklanmıştır.<sup>46</sup> Bununla birlikte literatürde akışkan tipte bir kompozitin reolojisinin, rezin seramik hibrit materyallerdeki tamir başarısına etkisini araştıran bir çalışmaya rastlanmamıştır. Bu nedenle çalışmamızda kompozit rezin tamir materyali olarak hibrit (G-aenial Anterior) ve mikrohibrit tipte bir akışkan kompozit (G-a-

enial Universal Flo) olmak üzere iki farklı materyal tercih edilmiştir. Doldurucu partiküllerin boyutlarına göre farklı tipteki kompozitlerin değerlendirildiği ve iyi bağlantı sağlandığında bağlanma dayanımı açısından kompozitler arasında bir fark oluşmadığı bildiren çalışmanın aksine bizim çalışmamızda Cerec ve Cerasmart örnekleri için Grup EF, Grup CT ve Grup UT'de tamir materyalinin akışkan formda olması belirgin farklılıklara yol açmıştır. Ancak bizim çalışmamızdan farklı olarak, bu çalışmada tamir için kullanılan kompozitler, partikül boyutu açısından farklılıklar gösterse de her ikisi de yüksek viskoziteli materyallerdi. Bizim çalışmamızdaki tamir materyali olarak akışkan kompozit kullanıldığında artan bağlanma dayanımı değerleri, daha önceki çalışmalarda kanıtlanmış artmış adaptasyon özellikleriyle açıklanabilir.<sup>47,48</sup>

Kopma tipi analizi bağlanma dayanımının değerlendirildiği çalışmalarda oldukça önemli bir parametredir. İncelenen kopma tipleri kullanılan seramik materyalin ve tamir materyalinin klinik performansı hakkında bilgi verir. Koheziv tip kopma, seramik ve kompozit rezin arasındaki bağlantının, seramiğin veya rezinin kendi içindeki bağlantıdan daha güçlü olduğunu gösterir.<sup>45</sup> Değerlendirme sonunda %52,6 oranıyla en çok koheziv tip kopma, %39,6 ile adeziv tip kopma ve %7,6 oranı ile en az mix tip kopma tespit edilmiştir.

Çalışmamızda feldspatik seramik olan Cerec blok da en fazla kohesiv tip kopma (%67) görülmüştür. Cerec bloğun en yüksek bağlanma dayanımı gösterdiği Grup UT ve Grup CT'de kopma modellerinin çoğunlukla koheziv tipte olduğu tespit edilmiştir. Cerec blokta görülen adeziv tip kopmalar (%21) Grup EL ve Grup EF'de dağılım göstermektedir. Bu sonuç lazerle pürüzlendirme ardından akışkan kompozitle tamir edilen ve elmas frezle pürüzlendirmenin yapıldığı her iki materyal tipi (akışkan ve geleneksel tamir materyalleri) için de nispeten düşük bağlanma dayanımı değerleri elde edilmesi nedeniyle beklenen bir durumdur. Bu veriler Atsu ve ark.<sup>36</sup>, bağlanma kuvvetine göre kopma tiplerini inceledikleri çalışmalarında, düşük bağlantı dayanımı gösteren gruplarda adeziv tip kopmanın daha çok görüldüğünü, daha yüksek bağlanma dayanımı görülen gruplarda ise koheziv ve miks tip kopmaların çoğunlukta olduğunu belirttiği sonuçlarıyla uyumludur.

Çalışmamızda, Cerasmart blokta görülen kopma mo-

dellerinin büyük bir bölümünü adeziv tip kopma (%67) oluşturmaktadır. Aynı zamanda Ultradent tamir prosedürünün uygulandığı seramik yüzeylerindeki adeziv tip kopmaların hepsi Cerasmart bloklarda gözlenmiştir. Bunun yanında kumlama dışındaki tüm yüzey pürüzlendirme işlemleri için adeziv tip kopma oranları oldukça yüksektir.  $Al_2O_3$  ile kumlama grubunda, neredeyse tüm örneklerde koheziv tipte kopma ve en yüksek bağlanma dayanımı değerleri tespit edilmiştir. Bu bulgulardan yola çıkarak van der Vyver ve ark.<sup>49</sup>'nın da belirttiği gibi tamir kompozitinin bağlanma kuvvetinin, seramik materyalin koheziv direncini aştığı durumların, tamir etkinliği için yeterli olacağı sonucuna varılabilir. Cerasmart bloklar için  $Al_2O_3$  ile kumlama yöntemini adezyonu arttırdığı için iyi bir bağlantı için birlikte kullanılmaları önerilebilir.

Çalışmamızda değerlendirilen Shofu bloklardaki en düşük bağlanma dayanımı değerleri fosforik asit ile pürüzlendirme yapılan Grup CT'de tespit edilmiştir ve destekler şeklinde bu grupta belirlenen kopma modellerinin tamamının adeziv tipte olduğu görülmektedir. Shofu Blok'un kullanım talimatlarında da fosforik asit ile kullanımının önerilmemesi çalışmamızda elde ettiğimiz bu bulguyu doğrulayıcı niteliktedir.

### **Sonuç**

1. Cerec blokların tamir işlemlerinde hidroflorik asit içeren veya fosforik asit ile pürüzlendirme sonrası MDP içerikli bond kullanımı içeren tamir sistemlerinin kullanımını yüksek bağlantı dayanımlarına sebep olmaktadır.

2. Yüzey işlemi olarak kumlama yapılması Cerasmart grubu başta olmak üzere test edilen tüm CAD/CAM gruplarında yüksek bağlantı dayanımı sağlamıştır. Cerasmart için lazerle pürüzlendirmenin etkinliği oldukça düşüktür.

3. Shofu blok HC grubunun fosforik asit içerikli bir tamir seti ile tamiri kesinlikle önerilmemektedir. Bunun dışında diğer tüm yüzey işlemleri bu blok için benzer dayanım sergilemiştir.

4. G-aenial Universal Flo tamir materyali tüm gruplarda çok daha fazla bağlantı dayanımı sağladığından CAD/CAM materyallerin tamirinde hibrit kompozitlere göre bu tipteki kompozitler tercih edilebilir.

**Kaynaklar**

1. Graiff L, Piovan C, Vigolo P, Mason PN. Shear bond strength between feldspathic CAD/CAM ceramic and human dentine for two adhesive cements J Prosthodont 2008; 17: 294-299.
2. Peumans M, Hikita K, De Munck J, Van Landuyt K, Poitevin A, Lambrechts P, et al. Effects of ceramic surface treatments on the bond strength of an adhesive luting agent to CAD-CAM ceramic. J Dent. 2007;35(4):282-8.
3. Gracis S, Thompson VP, Ferencz JL, et al. A new classification system for all-ceramic and ceramic-like restorative materials. International Journal of Prosthodontics. 2015;28(3).
4. Wang YG, Xing YX, Sun YC, et al: Preliminary evaluation of clinical effect of computer aided design and computer aided manufacture zirconia crown. Ch J Stomatol 2013; 48:355-358.
5. Rosenstiel SF, Land MF, Fulimato J. Contemporary Fixed Prosthodontics. 4th edn. St. Louis: Mosby; 2006. p. 941.
6. Neis CA, Albuquerque NL, Albuquerque Ide S, Gomes EA, SouzaFilho CB, Feitosa VP, et al. Surface treatments for repair of feldspathic, leucite - and lithium disilicate-reinforced glass ceramics using composite resin. Braz Dent J 2015;26:152-5.
7. Panah FG, Rezai SM, Ahmadian L. The influence of ceramic surface treatments on the micro-shear bond strength of composite resin to IPS Empress 2. J Prosthodont 2008; 17: 409-414.
8. Kupiec KA, Wuertz KM, Barkmeier WW, Wilwerding TM. Evaluation of porcelain surface treatments and agents for composite-to-porcelain repair. J Prosthet Dent 1996; 76: 119-124.
9. Filho AM, Vieira LC, Araujo E, Monteiro Junior S. Effect of different ceramic surface treatments on resin microtensile bond strength. J Prosthodont 2004; 13: 28-35.
10. Blum IR, Nikolinakos N, Lynch CD, Wilson NH, Millar BJ, Jagger DC. An in vitro comparison of four intra-oral ceramic repair systems. J Dent 2012; 40: 906-912.
11. Dos Santos, J. G., Fonseca, R. G., Adabo, G. L. and dos Santos Cruz, C. A. Shear bond strength of metal-ceramic repair systems. J Prosthet Dent 2006; 96(3), 165-173.
12. Keul, C., Müller-Hahl, M., Eichberger, M., Liebermann, A., Roos, M., Edelhoff, D., and Stawarczyk, B. Impact of different adhesives on work of adhesion between CAD/CAM polymers and resin composite cements. J Dent 2014; 42(9), 1105-14.
13. Valandro LF, Ozcan M, Bottino MC, Bottino MA, Scotti R, Bona AD. Bond strength of a resin cement to high-alumina and zirconia-reinforced ceramics: the effect of surface conditioning. J Adhes Dent 2006;8(3):175-81.
14. Cobb DS, Vargas MA, Fridrich TA, Bouschlicher MR. Metal surface treatment: characterization and effect on composite-to-metal bond strength. Oper Dent 2000;25(5):427-33.
15. Thurmond JW, Barkmeier WW, Wilwerding TM. Effect of porcelain surface treatments on bond strengths of composite resin bonded to porcelain. J Prosthet Dent 1994;72(4):355-9.
16. Cavalcanti AN, Pilecki P, Foxton RM, Watson TF, Oliveira MT, Gianinni M, et al. Evaluation of the surface roughness and morphologic features of Y-TZP ceramics after different surface treatments. Photomed Laser Surg 2009;27(3):473-9.
17. White SN, Zhao XY, Zhaokun Y, Li ZC. Cyclic mechanical fatigue of a feldspathic dental porcelain. Int J Prosthodont 1995;8(5):413-20.
18. Shiu P, De Souza-Zaroni WC, Eduardo Cde P, Youssef MN. Effect of feldspathic ceramic surface treatments on bond strength to resin cement. Photomed Laser Surg 2007;25(4):291-6.
19. El-Damanhoury H, Haj-Ali R, Platt J. Fracture Resistance and Microleakage of Endocrowns Utilizing Three CAD-CAM Blocks. Oper Dent 2015;40(1):1-10.
20. Elsaka S. Bond Strength of Novel CAD/CAM Restorative Materials to Self- Adhesive Resin Cement: The Effect of Surface Treatments. J Adhes Dent 2014;16:531-40.
21. Tian T, Tsoi JK, Matinlinna JP, Burrow MF. Aspects of bonding between resin luting cements and glass ceramic materials. Dent Mater 2014, 30(7):e147-e162.
22. Blum, I., Nikolinakos, N., Lynch, C., Wilson, N., Millar, B. and Jagger, D. An in vitro comparison of four intra-oral ceramic repair systems. J Dent 2012; 40(11), 906-912.
23. El Zohairy A, de Gee A, Mohsen M, Feilzer A. Microtensile bond strength testing of luting cements to prefabricated CAD/CAM ceramic and composite blocks. Dent Mater. 2003;19(7):575-83.
24. hofu Block / Disk HC, CAD / CAM Ceramic-based Restorative. [http://www.shofu.com.sg/downloads/pdf/Shofu%20Block\\_Disk%20HC.pdf](http://www.shofu.com.sg/downloads/pdf/Shofu%20Block_Disk%20HC.pdf).
25. Phark JH, Duarte S, Jr., Blatz M, Sadan A. An in vitro evaluation of the long-term resin bond to a new densely sintered high-purity zirconium-oxide ceramic surface. J Prosthet Dent 2009;101(1):29-38.
26. Strasser, T., Preis, V., Behr, M., & Rosentritt, M. Roughness, surface energy, and superficial damages of CAD/CAM materials after surface treatment. Clin Oral Invest

- 2018;22(8):2787-2797.
27. Barutçigil K, Barutçigil C, Kul E, Ozarslan M, Buyukkapan U. Effect of Different Surface Treatments on Bond Strength of Resin Cement to a CAD/CAM Restorative Material. *J Prosthodont*. 2019 ;28(1):71-78.
  28. Qeblawi DM, Muñoz CA, Brewer JD, Monaco EA Jr. The effect of zirconia surface treatment on flexural strength and shear bond strength to a resin cement. *J Prosthet Dent* 2010; 103: 210-20.
  29. Attia A. Influence of surface treatment and cyclic loading on the durability of repaired all-ceramic crowns. *J Appl Oral Sci* 2010;18(2):194-200.
  30. Kassotakis E, Stavridakis M, Bortolotto T, Ardu S, Krejci I. Evaluation of the Effect of Different Surface Treatments on Luting CAD/CAM Composite Resin Overlay Workpieces. *J Adhes Dent*. 2015;16(6):521–8.
  31. Frankenberger R, Hartmann V, Krech M, Krämer N, Reich S, Braun A, et al. Adhesive luting of new CAD/ CAM materials. *Int J Comput Dent*. 2015;18:9– 20.
  32. Bankoğlu Güngör M, Karakoca Nemli S, Turhan Bal B, Ünver S, Doğan A. Effect of surface treatments on shear bond strength of resin composite bonded to CAD/ CAM resin-ceramic hybrid materials. *J Adv Prosthodont*. 2016;8:259– 66.
  33. Duzyol M, Sagsoz O, Polat Sagsoz N, Akgul N, Yildiz M. The Effect of Surface Treatments on the Bond Strength Between CAD/CAM Blocks and Composite Resin. *J Prosthodont*. 2016;25(6):466–71.
  34. Stawarczyk B, Krawczuk A, Lie N. Tensile bond strength of resin composite repair in vitro using different surface preparation conditionings to an aged CAD/CAM resin nanoceramic. *Clin Oral Investig*. 2015;19:299–308.
  35. Erdemir, U., Sancakli, H. S., Sancakli, E., Eren, M. M., Ozel, S., Yucel, T., & Yildiz, E. Shear bond strength of a new self-adhering flowable composite resin for lithium disilicate-reinforced CAD/CAM ceramic material. *The J Adv Prosthodont* 2014, 6(6), 434-443.
  36. Atsu SS, Kilicarslan MA, Kucukesmen HC, Aka PS. Effect of zirconium-oxide ceramic surface treatments on the bond strength to adhesive resin. *J Prosthet Dent* 2006;95(6):430-6.
  37. Magne P, Paranhos MP, Burnett LH, Jr. New zirconia primer improves bond strength of resin-based cements. *Dent Mater* 2010;26(4):345-52.
  38. Cavalcanti AN, Foxton RM, Watson TF, Oliveira MT, Giannini M, Marchi GM. Bond strength of resin cements to a zirconia ceramic with different surface treatments. *Oper Dent* 2009;34(3):280-7.
  39. Gokce B, Ozpinar B, Dunder M, Comlekoglu E, Sen BH, Gungor MA. Bond strengths of all-ceramics: acid vs laser etching. *Oper Dent* 2007;32(2):173-8.
  40. Akyil MS, Yilmaz A, Karaalioglu OF, Duymus ZY. Shear bond strength of repair composite resin to an acid-etched and a laser-irradiated feldspathic ceramic surface. *Photomed Laser Surg* 2010;28(4):539-45.
  41. Çelik, E., Sahin, S. C., & Dede, D. Ö. Shear Bond Strength of Nanohybrid Composite to the Resin Matrix Ceramics After Different Surface Treatments. *Photomed Laser Surg* 2018; 36(8), 424-430.
  42. Kalra A, Mohan MS, Gowda EM. Comparison of shear bond strength of two porcelain repair systems after different surface treatment. *Contemp Clin Dent* 2015;6:196-200.
  43. Kimmich M, Stappert CF. Intraoral treatment of veneering porcelain chipping of fixed dental restorations: a review and clinical application. *J Am Dent Assoc* 2013;144:31-44.
  44. Özcan M. Evaluation of alternative intraoral repair techniques for fractured ceramic fused to metal restorations. *J Oral Rehabil*. 2003;30(2):194-203.
  45. Jain, S., Parkash, H., Gupta, S. and Bhargava, A. To evaluate the effect of various surface treatments on the shear bond strength of three different intraoral ceramic repair systems: An in vitro study. *J Indian Prosthodont Soc*. 2013, 13(3), 315–320.
  46. Carrabba, M., Vichi, A., Louca, C., & Ferrari, M. Comparison of traditional and simplified methods for repairing CAD/CAM feldspathic ceramics. *The J adv Prosthodont* 2017, 9(4), 257-264.
  47. Frankenberger, R., Krämer, N., Ebert, J., Lohbauer, U., Käppel, S., & Petschelt, A. Fatigue behavior of the resin-resin bond of partially replaced resin-based composite restorations. *Am J Dent* 2003; 16(1), 17-22.
  48. Ivanovas, S., Hickel, R., & Ilie, N. How to repair fillings made by silorane-based composites. *Clil Oral Invest* 2011, 15(6), 915-922.
  49. van der Vyver PJ, de Wet FA, Botha SJ. Shear bond strength of five porcelain repair systems on cerec porcelain. *SADJ* 2005;60:196-8.