

# 3D Daimi Reçinenin Kompozit Rezinle Tamirinde Farklı Yüzey İşlemlerinin Mikrogerilim Bağlanma Dayanımına Etkisi: Bir *In Vitro* Çalışma

## Effect of Different Surface Treatments on Tensile Bond Strength to Repair of 3D Permanent Resin with Composite: *In Vitro* Study

<sup>1</sup>Ezgi SONKAYA<sup>a</sup>, <sup>2</sup>Z. Gonca BEK KÜRKLÜ<sup>a</sup>

<sup>a</sup>Çukurova Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi, Restoratif Diş Tedavisi ABD, Adana, Türkiye

**ÖZET Amaç:** Daimi 3D baskı reçinesi ile daimi restorasyonlar yapılması oldukça yaygınlaşmıştır, ancak tamir edilebilirliği henüz araştırılmamıştır. Bu çalışmada, daimi reçine blokların yaşlandırma sonrası farklı ağız içi yüzey işlemleri uygulanarak kompozit ile onarımında gerilme dayanımının karşılaştırılması amaçlanmıştır. **Gereç ve Yöntemler:** Daimi reçine (Formlabs, UT, ABD) kullanılarak 35 adet küp yapıldı. On bin termal siklusa yaşlandırıldı. Numuneler, aşağıdaki yüzey işlemlerine göre 7 gruba ayrıldı: A) Negatif kontrol (hiçbir yüzey işlemi uygulanmadı), B) Pozitif kontrol, C) Fosforik asit, D) Hidroflorik asit, E) Kumlama, F) Er, Cr; YSGG lazer ve G) Frezle pürüzlendirme. A grubu dışındaki tüm örnekler multi-primer ve universal bond uygulandı ve kompozit rezinle tamir edildi. 1×1×12 mm boyutlarında çubuklar kesildi ve mikrogerilim testi uygulandı (n=12). Kopma modları stereomikroskop ile değerlendirildi. Yüzey işlemlerinden sonra her gruptan 2 adet küpün yüzey topografyası, taramalı elektron mikroskobu ile değerlendirildi. Veriler, one way ANOVA ve Duncan testi ile analiz edildi. **Bulgular:** Negatif kontrol grubu, lazer ve kumlama gruplarına göre önemli ölçüde daha düşük bir mikrogerilim bağlanma gücüne ulaştı (p<0,05). Pozitif kontrol grubunun bağlanma dayanımı, diğer deney gruplarından anlamlı bir farklılık göstermedi (p=0,374). **Sonuç:** Daimi 3D reçinenin kompozitle tamirinde farklı yüzey işlemleri uygulanması istatistiksel olarak anlamlı bir fark göstermedi. 3D daimi restorasyonların minör onarımlarının kompozit rezin ile yapılabileceği sonucuna varılabilir.

**ABSTRACT Objective:** The reparability of 3D permanent resin has not yet been investigated. This study aimed to compare the repair bond strength of permanent resin blocks with composite by applying different intraoral surface treatments after aging in water. **Material and Methods:** Permanent resin (Formlabs, UT, USA) was used to construct 35 cubes aged through 10,000 thermal cycles. The samples were allocated into 7 groups according to the following surface treatments: A) Negative control (no surface treatment applied), B) Positive control, C) Phosphoric acid, D) Hydrofluoric acid, E) Sandblasting, F) Er, Cr; YSGG laser and G) Bur grinding. Multiprimer and universal bond were applied to all specimens except group A and repaired with composite resin. Microtensile testing of 1×1×12 mm sticks was performed using a universal testing machine and the failure modes were evaluated by stereomicroscope (n=12). The surface topography of 2 permanent resin cubes after surface treatments was assessed by scanning electron microscopy. Data were analyzed with one way ANOVA and Duncan test. **Results:** The negative control group reached a significantly lower microtensile bond strength than the laser and sandblasting groups (p<0.05). The repair bond strength of the positive control group didn't differ significantly from that of the other experimental groups (p=0.374). **Conclusion:** The application of different surface treatments in the repair of 3D permanent resin with composite did not show a statistically significant difference. It can be concluded that minor repairs of 3D-printed permanent restorations can be made with composite resin.

**Anahtar Kelimeler:** Kompozit rezin; diş restorasyonu; 3D daimi reçine; mikrogerilme dayanımı; restorasyon onarımı

**Keywords:** Composite resins; dental restoration; 3D permanent resin; microtensile strength; restoration repair

Üç boyutlu (3D) baskı teknolojisi, diş hekimliği alanındaki en güncel yöntemlerden biridir.<sup>1</sup> Eklemeli imalat ve bilgisayar destekli tasarım ile kişiselleştirilmiş ürünler sağlamak için dijital biyomateryaller kul-

lanır.<sup>2,3</sup> Güncel olarak 3D daimi reçinesine seramik ilavesi ile estetik, dayanıklılık ve biyouyumluluk sağlanmış olup; daimi kron, köprü, inley ve onleylelerde kullanılmasına olanak sağlanmıştır.<sup>4,5</sup>

**Correspondence:** Ezgi SONKAYA

Çukurova Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi, Restoratif Diş Tedavisi ABD, Adana, Türkiye

**E-mail:** sonkayaezgi@yahoo.com



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

**Received:** 28 Mar 2023

**Received in revised form:** 12 Jun 2023

**Accepted:** 10 Jul 2023

**Available online:** 13 Jul 2023

2146-8966 / Copyright © 2023 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/>).

3D daimi baskı reçineleri mekanik ve kimyasal testlerden başarılı bir şekilde geçse bile restorasyon ağızdayken kırılma ve kopmalar meydana gelebilir.<sup>5</sup> Ancak bu kırılmalar küçük boyutta ise restorasyonun tamamen yenilenmesi pratik bir çözüm olmaz. Restorasyonun ağız içinde onarılması, hem hasta hem de hekim için daha kısa sürede etkili çözüm üretmesi, kalan diş dokusunun korunması ve maliyetin düşmesi gibi faydalar sağlar.<sup>6,7</sup>

3D daimi baskı reçinesinin onarımında kompozit rezinlerden faydalanılır. Kompozit rezin ile onarımda rezinin restorasyona daha iyi bağlanması için çeşitli yüzey hazırlıkları yapılır. Bunlar arasında frezle aşındırma, hidroflorik asit (HF) veya fosforik asitle yüzeyin muamele edilmesi, lazer, kumlama, silan uygulanması ve porselen tamir kitleri veya bu tekniklerin birlikte kullanımı yer alır.<sup>8-12</sup>

Restoratif diş hekimliğinde reçine esaslı materyaller sıklıkla kullanılmaktadır ve tamirleri literatürde çok kez çalışılmıştır.<sup>9-11</sup> Ancak 3D yazıcılarla üretilen ve seramik ilave reçinelerle üretilen daimi restorasyonlar diş hekimliği klinik pratiğinde son yıllarda daha rutin kullanılmaya başlanmıştır. Seramik içeren 3D baskı reçineleriyle daimi restorasyonların tamir edilebilirliği henüz araştırılmamıştır. Bu nedenle bu çalışma, 3D daimi baskı reçine bloklarının farklı ağız içi yüzey işlemlerinin (frezle aşındırma, hidroflorik ve fosforik asitle yüzeyin muamele edilmesi, lazer, kumlama, silan uygulamaları) ardından kompozit rezinle tamirinin mikrogerilim bağlanma dayanımlarını karşılaştırmayı amaçlamıştır. Çalışmada test edilen sıfır hipotez; farklı yüzey işlemleri, termal siklusla yaşlandırılan 3D daimi reçine bloklarının kompozitle onarımında mikrogerilim bağlanma kuvvetini etkilemez.

## GEREÇ VE YÖNTEMLER

Bu çalışma, Helsinki Deklarasyonu ilkelerinin en son yönergelerine uygun olarak yürütülmüştür. Bu in vitro çalışmada, 6×6×6 mm<sup>3</sup> boyutlarında 35 küp üretilti. Küplerin tasarımı Thingiverse.com'dan (popüler bir açık kaynaklı 3D tasarım deposu web sitesi) standart mozaikleme dili formatında kaydedildi.<sup>13</sup> Tasarım dosyası, örneklerden çok sayıda üretebilmek için PreForm programına aktarıldı. Küplerin 3D bas-

kısı için stereolitografi (SLA) baskı teknolojisi kullanıldı. Preform yazılımında küpler birbirine değmeyecek şekilde dizilmiş ve mesnet temas noktaları 0 derece oryantasyonda düzenlendi. En hızlı yazdırma süresini sağlamak için numuneler, paslanmaz çelik yapı platformunun silici tarafına doğru 2 paralel çizgi hâlinde dizildi.

Küpler, üreticinin tavsiyesine göre fotopolimerize daimi reçine ile 3D yazıcı (Formlabs SLA 3D Printer, Somerville, MA, ABD) kullanılarak üretildi. Kullanılan malzemeler Tablo 1'de gösterilmiştir (Tablo 1). Lazer dalga boyu 405 nm, katman kalınlığı 50 µm idi. Baskıdan sonra küpler Form Wash (Formlabs, Somerville, MA, ABD) cihazında artık reçinenin temizlenmesi için 3 dk izopropil alkole (IPA≥%99) batırıldı, ardından 30 dk kurumaya bırakıldı. Polimerizasyon 2 adımda tamamlandı. İlk olarak, destekler hâlâ numunelere takılıyken Form Cure'de (Formlabs, Almanya), 390-405 nm, 60°C'de 20 dk ışınlandı. Daha sonra destekler çıkarıldı ve küpler farklı bir oryantasyonda olacak şekilde ikinci 20 dk'lık ultraviyole ışınlama gerçekleştirildi. Her bir küp son olarak akrilikler ve kompozitler için kullanılan geleneksel cilalama araçlarıyla (ponza taşı ve su) 30 sn parlatıldı.<sup>1,14</sup>

Tasarımın oluşturulması yaklaşık 15 dk, baskı ve baskı sonrası işlemler ise 2 saat sürmüştür. Tüm numuneler 37°C'de 24 saat distile suda bekletildi. Hazırlanan tüm örnekler 55°C (+/-2°C) ve 5°C'de (+/-2°C) 30 sn bekleme süresinde ve 10 sn aktarım süresiyle 10.000 termosiklusta yaşlandırıldı. Ardından 7 farklı yüzey işlemi deney gruplarına Tablo 2'deki gibi uygulandı (Tablo 2).<sup>7,9,10,17,18</sup> Her gruptan 2 numune taramalı elektron mikroskobu [scanning electron microscope (SEM)] analizi (FEI, Quanta 650 FEG, Oregon, ABD) için ayrıldı ve ×2.000 ve ×20.000 büyütme altında yüzey özellikleri incelendi.

Üretici talimatı, restorasyonun onarımında primer (G-Multi Primer) ve bir universal bondun (G-Premio Universal bond) birlikte kullanılmasını önermektedir.<sup>19</sup> Bu nedenle mikrogerilim bağlanma testi için negatif kontrol grubu hariç her gruba yüzey işlemleri uygulandıktan sonra yüzeylerine ince bir G-Multi Primer tabakası mikro uçlu aplikatör ile yapıldı. Daha sonra maksimum basınçta 5 sn hava spreyi ile kurutuldu. Ardından G-Premio Universal

TABLO 1: Kullanılan materyaller.

Materyaller	Kompozisyon	Üretici firma	Lot numarası
Daimi Kron Reçinesi A2 Rezin 1 kg* (0.7 L)	4,4'-izopropilfenol, etoksillenmiş ve 2-metilprop-2 enoik asit, silanize cam, metil benzolformat esterleşirme ürünleri, difenil (2,4,6-trimetil benzoil) fosfin oksit	Formlabs, Somerville, MA, ABD	600163
Porselen asiti	Inorganik dolgu maddelerinin toplam içeriği (parçacık boyutu 0.7 µm) kütlece %30-50 dir	Ultradent Products Inc. South Jordan, UT, ABD	190218
Ultra-Etch	%9 hidroforik asit	Ultradent Products Inc. South Jordan, UT, ABD	BGTW5
G-Premio Universal bond	%35 ortofosforik asit	GC, Tokyo, Japonya	2111223
G-aenial Anterior	10-MDP, 4-MET, MDTP, aseton dimetakrilat reçineleri, fotobaşlatıcılar, su	GC, Tokyo, Japonya	2104152
G-Multi Primer	UDMA, dimetakrilatlar, ön polimerize dolgu maddeleri, silika, silyoniyum ve lantanid florür	GC, Tokyo, Japonya	1702171
	10-MDP, MDTP, γ-MPTS, vinil silan, fosforik metakrilat monomer, iyofosforik ester monomer, metakrilik asit ester, etil alkol		

\* Şirket ticari sır olarak sakladığı için malzemenin bileşimi tam olarak bilinmiyor.<sup>15,16</sup>

10-MDP: 10-metakrilik oksidesidihidrojen iyofosfat; 4-MET: 4-metakrilik oksidesidihidrojen iyofosfat; UDMA: Üretan dimetakrilat; γ-MPTS: γ-metakriloksipropilrimetoksilan.

bond mikrotip aplikatör ile tek kat uygulandı ve 10 sn donulmadan bırakıldı. Maksimum basınçta 5 sn hava spreyi ile kurutuldu ve LED ışıkla (VALO Cordless, Ultradent, UT, ABD) standart modda 1.000 mW/cm<sup>2</sup>, 10 sn polimerize edildi. Radyometre ile ışık çıkış gücü kontrol edildi. Ardından mikrohibrid bir kompozit (G-aenial Anterior, GC, Japonya) özel olarak hazırlanmış paslanmaz çelik kalıplarla 2 mm'lik tabakalama tekniği kullanılarak 3 kez uygulandı ve her tabakada LED ışıkla (VALO Cordless, Ultradent, UT, ABD) standart modda 1.000 mW/cm<sup>2</sup>, 20 sn polimerize edildi. Tüm örnekler aynı hekim tarafından hazırlandı.

Mikrotensile test cihazına uygun örnekler elde etmek için su soğutmalı elmas testere (Diamond cut-off Wheel MOD15, Rødovre, Danimarka) yardımıyla her küp kendi eksenine etrafında 90° döndürülerek ve test cihazı (Accutom 10, Rødovre, Danimarka) düşük hızda (3.000 rpm, ilerleme hızı 0,5 mm/dak) ayarlanarak 1×1×12 mm'lik çubuklar elde edildi. Her 3 küpün merkezinden kesilen çubuklardan toplamda en iyi 12 çubuk kullanım için seçildi (n=12).

Her bir çubuk, siyanoakrilat (3M Pattex, ABD) ile cihazın parçaları arasına yapıştırıldı, ardından evrensel bir test makinesinde (MOD Dental MIC-101, Esetron Smart Robotechnologies, Ankara, Türkiye) teste tabi tutuldu. Değerler Newton (N) cinsinden ölçüldü. Ölçülen değerler yüzey alanına bölünerek megapascal (MPa) cinsinden kaydedildi. Kırılan numuneler, kırılma modunu analiz etmek için bir stereomikroskop (SOIF, İstanbul, Türkiye) altında x40 büyütmede incelendi.

Kopma tipleri;

- Daimi reçine ve kompozit arayüzü arasında oluşan, adeziv kopma
- Daimi reçine veya kompozit içerisinde oluşan, koheziv kopma
- Kompozitin yarısından fazlasının daimi reçine yüzeyinde olduğu, mikst kopma olmak üzere sınıflandırıldı.

## İSTATİSTİKSEL ANALİZ

Verilerin normalliği Shapiro-Wilk testi ile değerlendirildi. Bu veriler, ANOVA ve Duncan'ın çoklu karşılaştırma testleri ile SPSS Statistics 21 yazılımı (IBM Corp., Armonk, NY, ABD) kullanılarak analiz edildi.

**TABLO 2:** Deney gruplarına uygulanan yüzey işlemleri.

Yüzey işlemleri	Uygulama prosedürleri
G1: Negatif kontrol grubu	Yüzey uygulaması yapılmamıştır. Kompozit rezin uygulandı.
G2: Pozitif kontrol grubu	Multi-primer, universal bond ve kompozit rezin uygulandı.
G3: Ortofosforik asit grubu	• Fosforik asitle 60 sn muamele edildi, 10 sn yıkandı, 5 sn havayla kurutuldu. • Multi-primer, universal bond ve kompozit rezin uygulandı.
G4: Hidroflorik asit grubu	• Hidroflorik asitle 60 saniye (sn) muamele edildi, 10 sn yıkandı, 5 sn havayla kurutuldu. • Multi-primer, universal bond ve kompozit rezin uygulandı.
G5: Kumlama grubu	• 2,5 bar basınçta 10 sn dairesel hareketlerle 10 mm mesafeden uygulanan 50 µm alüminyum oksit ile kumlama yapıldı. • Multi-primer, universal bond ve kompozit rezin uygulandı.
G6: Er,Cr;YSGG lazer grubu	• Er,Cr;YSGG lazer (Waterlase MD, Biolase, California, ABD) 2W enerji seviyesinde, 20 sn süreyle, 10 mm mesafeden, 2,78 µm dalga boyunda, 140 µs atım süresi, 10 Hz tekrarlama oranı uygulandı. • Multi-primer, universal bond ve kompozit rezin uygulandı.
G7: Frezle pürüzlendirme grubu	• Sarı bantlı elmas frez ile (55 µm grit, Intensive SA, Montagnola İsviçre) su soğutması altında 10 sn tek yönde pürüzlendirme yapıldı. Elmas frezi tutan elektrikli el aleti (40.000 rpm), standart frezleme için hazırlık sırasında sabit bir yük (100 g) ve dikey bir konum sağlayan bir aparata bağlandı. • Multi-primer, universal bond ve kompozit rezin uygulandı.

## BULGULAR

Negatif kontrol grubu, lazer ve kumlama gruplarına göre istatistiksel anlamlı farklılık göstererek daha düşük bir mikrogerilim bağlanma değeri gösterdi ( $p<0,05$ ). Pozitif kontrol grubunun gerilme bağlanma dayanımı, diğer deney gruplarından anlamlı bir fark göstermedi ( $p=0,374$ ). Deney grupları arasında gerilme bağ değerlerinde önemli bir fark gözlemlenmedi (Tablo 3, Şekil 1).

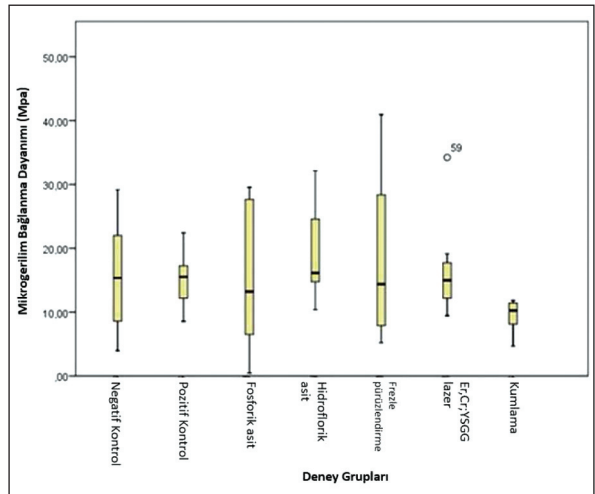
Tüm gruplarda %100 adeziv başarısızlıkları gözlemlendi.

Yüzey işlemlerinin SEM analizinde, negatif kontrol grubu olan 3D reçinenin işlem görmemiş yüzeyinin daha pürüzsüz bir görünüme sahip olduğu gözlemlendi (Resim 1A). Er,Cr;YSGG lazer grubunda 3D reçine yüzeylerinde ablyasyon ve erime gözlemlendi (Resim 1F). Kumlama grubunda silan kaplı alümina partikülleri silan ile birleşerek bir tabaka oluşturduğu gözlemlendi (Resim 1E). Fosforik asit ve frez gruplarında organik matriksin çözüldüğü ve doldurucu partiküllerinin açığa çıktığı görüldü (Resim 1C, Resim 1G). HF asit uygulanan yüzeylerde doldurucu partiküllerinin çözüldüğü gözlemlendi (Resim 1D). Sadece primer uygulanan pozitif kontrol grubunda da inorganik doldurucu partiküller gözlemlendi (Resim 1B).

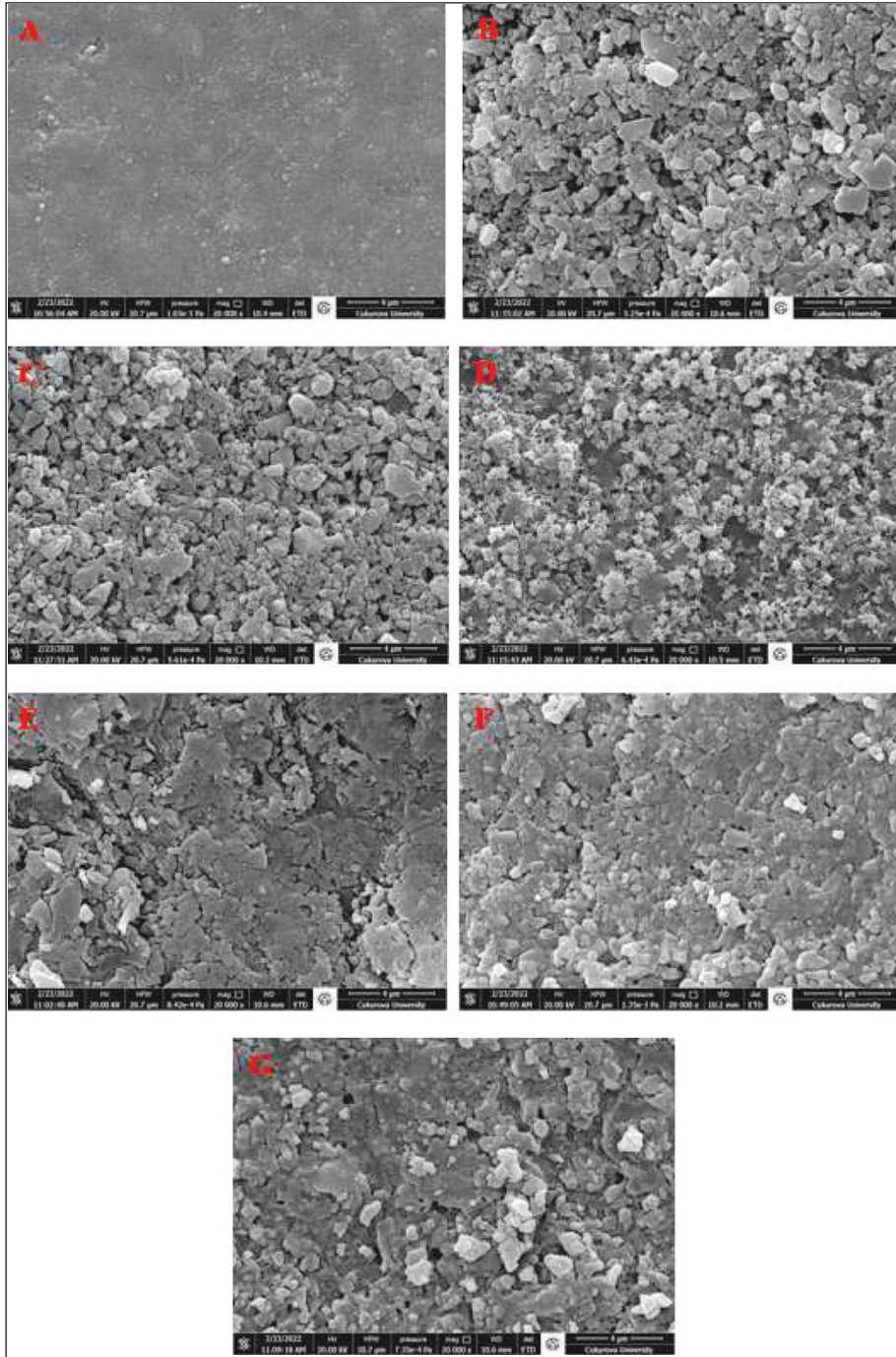
**TABLO 3:** Tüm gruplar için mikrogerilme bağ dayanım değerleri (MPa).

Gruplar	n	Ort.	SS
G1: Negatif kontrol grubu	12	9,48 <sup>a</sup>	2,46
G2: Pozitif kontrol grubu	12	14,87 <sup>ab</sup>	4,34
G3: Ortofosforik asit grubu	12	14,97 <sup>ab</sup>	10,25
G4: Hidroflorik asit grubu	12	15,81 <sup>ab</sup>	8,77
G5: Kumlama grubu	12	18,53 <sup>b</sup>	12,74
G6: Er,Cr;YSGG lazer grubu	12	18,70 <sup>b</sup>	7,74
G7: Frezle pürüzlendirme grubu	12	16,40 <sup>ab</sup>	7,00

<sup>a,b</sup>Homojen alt kümelere ait ortalamalar aynı harflerle görüntülenir.

**ŞEKİL 1:** Test edilen materyallerin  $\mu$ -gerilim bağlanma dayanımı (MPa) için kutu grafiği.





**RESİM 1:** Test edilen materyallerin yüzey işlemleri uygulanan yüzeylerinin SEM analizi A) Negatif kontrol (Yüzey uygulaması yapılmadı), B) Pozitif kontrol (Sadece primer ve universal bond uygulandı), C) Fosforik asit, D) Hidroflorik asit, E) Kumlama, F) Er,Cr:YSGG lazer, G) Frez aşınması (orijinal büyüme 20.000×).

## TARTIŞMA

Bu çalışmada, güncel restorasyon tekniklerinden SLA teknolojisi ile kullanılan 3D daimi baskı reçinesi kullanılmıştır. Kullanım kolaylığı ve uygun ma-

liyeti nedeniyle bu teknolojinin gelecekte daha fazla kullanılacağı öngörülmektedir. Ancak her malzemede olduğu gibi bu restorasyonların da ağız içinde zamanla kırılma riski bulunmaktadır. Üretim hızı, form ve maliyet açısından kullanım kolaylığı avantajlarına

sahip bir malzemenin, makul bir onarım şekli de olmalıdır. Bu noktadan hareketle çalışmada, restorasyonun tamamen değiştirilmesini gerektirmeyen küçük kırıkların tamirinde, farklı ağız içi yüzey hazırlıklarının 3D daimi reçine-kompozit arasındaki bağlantıya etkisi değerlendirilmiştir. Rezin tamirinde kullanılan çeşitli yüzey hazırlıklarının, daimi 3D baskı reçinenin tamirinde de kullanılabilir olduğu öngörülmüştür. Mevcut araştırma ile bunların en umut verici olanlarından frezle aşındırma, hidroflorik ve fosforik asitle yüzeyin muamele edilmesi, lazer, kumlama, silan uygulamaları dikkate alınmıştır. Çalışmada uygulanan tüm yüzey işlemlerinin etkisinin 3D daimi reçine-kompozit arasındaki bağlantıda kabul edilebilir düzeyde olduğu görüldü ve negatif kontrol grubu dışında gruplar arasında anlamlı bir fark saptanmadı ( $p>0,05$ ). Bu nedenle sıfır hipotezi kabul edilmiştir.

Restorasyon materyali ile kompozit reçine arasındaki güçlü bağ, materyalin onarım kapasitesini artırır. Malzeme yüzeyi üzerindeki temas alanı, yüzey enerjisi ve ıslanabilirliği artırıcı yüzey işlemleri uygulanması mikro mekanik kilitleme sağlayarak bu bağı güçlendirir.<sup>20,21</sup> Günümüzde rutin klinik uygulamaya girmiş olan bilgisayar destekli tasarım ve bilgisayar destekli [computer-aided design/computer-aided manufacturing (CAD/CAM)] imalat bloklarının onarımı ve yapıştırılması ile ilgili literatürde birçok çalışma bulunmaktadır. Literatürdeki bilgiler, frezle pürüzlendirme, alüminyum oksit ve silika kaplı partiküllerle kumlama, lazer ve asitle pürüzlendirme in vitro olarak mikro mekanik bağlanmayı artırma yöntemlerinde en iyi performansı gösteren uygulamalar olduğunu göstermektedir. Ayrıca destek ve kimyasal bağlanma için silan, primer ve adeziv bond kullanılan kimyasallardandır.<sup>22,23</sup>

Schwenter ve ark., hidroflorik asit kullanımı ile polimer infiltre seramik blok ve kompozit rezinler arasında makaslama bağlanma dayanımında önemli bir artış olduğunu buldu.<sup>24</sup> Asitle işlem görmüş yüzeylere ilave silan uygulanmasının da bağlanmayı artırdığı çalışmalarının sonuçları arasındadır. Bu artışın, silikat ve silan arasındaki kimyasal bağdan kaynaklandığı bildirildi. Barutçigil ve ark., hibrid seramik blokların (VITA Enamic) yüzeyinin Er,Cr:YSGG lazer, CoJet kumlama, 50 µm Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> kumlama ve %10 hidroflorik

asit ile diğer yüzey pürüzlendirme yöntemlerini değerlendirdikleri çalışmada, tüm grupların benzer değerlere sahip olduğunu ve yüzey işlemi uygulamadan sadece universal bond kullanımının yeterli gerilme bağlanma dayanımını sağladığını bildirdi.<sup>25</sup> Daimi hibrid 3D baskı reçinesi (BEGO VarseoSmile Crown), rezin nano seramik (Lava Ultimate) ve polimer infiltre seramik (VITA Enamic) materyallerin kullanıldığı bir başka çalışmada, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> partikülleriyle air abrazyon ve hidroflorik asit ve silan uygulanan grupların dual-cure rezin siman ile bağlanma dayanımı araştırılmıştır. Sonuçlarında tüm örnekler için gerilme dayanımının klinik kullanım için yeterince yüksek olduğu ve daimi reçine için ek air abrazyon uygulamasının bağlanma değerlerini önemli ölçüde etkilemediği görüldü.<sup>26</sup>

Bu çalışmada da test edilen materyal seramik içerikli hibrid bir reçinedir ve literatürle uyumlu olarak hidroflorik asit, lazer ve kumlama uygulamalarının, tedavi uygulanmayan gruba kıyasla gerilme dayanımını artırdığı, ancak sadece silan ve bond uygulanan gruba göre anlamlı farklılık göstermediği görülmüştür.

Geçici 3D baskı reçinesinin tamirinde, geçici restorasyonu onarmak için polimetil metakrilat, bis-akrilik kompozit reçine ve bis-GMA içerikli kompozit kullanan bir çalışmada, farklı onarım malzemelerinin geçici 3D baskı reçinesine mikro makaslama bağlantı değerlerinde istatistiksel olarak anlamlı bir etki göstermediği gözlemlendi.<sup>27</sup> Başka bir geçici 3D baskı reçinesinin (Nextdent C&B) tamirinde 2 farklı tamir rezini ve 4 farklı yüzey işlemi uygulanmış ve ne mekanik ne de kimyasal ek yüzey işlemleri gruplar arasında makaslama bağ dayanımını artırmamıştır.<sup>28</sup> Bu çalışmada da daimi reçinede farklı yüzey pürüzlendirme işlemleri, bis-GMA içeren kompozitlerle onarım yapıldığında bağ dayanımını önemli ölçüde artırmadı.

Silan ve 10-MDP gibi kimyasal yüzey işlemleri germe ve makaslama bağlanma gücünü artırabilir.<sup>29-32</sup> Okutan ve ark. tarafından yapılan çalışmada, önceden kulanmış monolitik zirkonya seramikler ile self adeziv rezin siman arasındaki bağlanma kuvveti, MDP içeren primer uygulanarak incelenmiş ve primer ajan uygulanan örneklerde uygulanmayanlara

göre daha yüksek bağlanma dayanımı elde edilmiştir.<sup>33</sup> Farklı yıkama ve air-abrazyon parametrelerinin geçici 3D baskı reçinesi ile konvansiyonel kompozit rezin arasındaki bağ kuvvetine etkisini inceleyen bir başka çalışmada, en iyi bağlanmanın adeziv uygulanmadan önce 0,4 MPa 50 µm alümina ile air abrazyon veya primer (visio.link) ile ön işleme tabi tutulan örneklerde olduğu görülmüştür.<sup>34</sup> Yine mekanik ve kimyasal ön işlemlerin bir CAD/CAM hibrid seramiğin (Vita Enamic) kompozitle onarımı üzerindeki etkisini bir mikrogerilim bağ dayanımı testi kullanarak araştırmayı amaçlayan bir çalışmanın sonuçları incelendiğinde, MDP ve silan içeren bir materyal uygulamasının hibrid seramik onarımı için yeterli ve uygun olduğu bulunmuştur.<sup>35</sup>

Bu çalışmanın sonuçları da literatür ile uyumlu olarak, silan ve MDP içeren universal bonding ajanı uygulanmasının bağlanma dayanımını artırdığını gösterdi. Daimi 3D reçinenin inorganik seramik dolgu maddeleri içermesinden dolayı bu ajanları uygulamanın yeterli bağlanma dayanımını sağladığını düşünmekteyiz.

Adeziv kopma, bağlanan 2 yüzeyin bağlantı noktasından ayrılma meydana geldiğinde oluşur. Mevcut çalışmada, tüm gruplarda bağlantı noktasında %100 adeziv kopma gözlemlendi. İki malzeme arasındaki bağlantının en zayıf noktası bu nokta olduğu için beklenen sonuçla uyumlu bir bulgu elde edilmiştir.

Dental restorasyonlar için her gün yeni materyaller piyasaya sürüldükçe, substratların ve bonding prosedürlerinin optimal kombinasyonu sürekli gelişmektedir. Bu çalışma in vitro bir çalışma olduğu için ağız ortamındaki birçok değişken faktörü taklit edememiştir. Ancak klinik ortamdaki uygulama ile doğrudan

bir korelasyon göstermese de ilerideki çalışmalar için yol gösterici olarak değerlendirilebilir.

## SONUÇ

Daimi 3D baskı reçinesine farklı yüzey işlemleri ve kimyasal ajanlar uygulandığında, kompozit rezinle mikrogerilim bağlanma dayanımı istatistiksel olarak anlamlı bir fark göstermedi. Ancak tamir için mümkün olan en iyi koşulların sağlanması amacıyla Er,Cr;YSGG lazer ile pürüzlendirme veya alüminyum oksit ile kumlama veya primer (silan ve MDP içerikli) ve universal bond ajanı uygulanabilir. Bu in vitro çalışmanın kısıtlılığı altında, daimi 3D baskı reçinesi ile yapılan restorasyonların kompozit ile minör tamiri mümkündür. Majör onarım gerekiyorsa restorasyonun yenilenmesi önerilir.

### Finansal Kaynak

Bu çalışma, Çukurova Üniversitesi Araştırma Fonu tarafından finanse edilmiştir (proje numarası: TSA-2021-14334).

### 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:** Ezgi Sonkaya, Z. Gonca Bek Kürklü; **Tasarım:** Ezgi Sonkaya, Z. Gonca Bek Kürklü; **Denetleme/Danışmanlık:** Ezgi Sonkaya; **Veri Toplama ve/veya İşleme:** Ezgi Sonkaya; **Analiz ve/veya Yorum:** Ezgi Sonkaya, Z. Gonca Bek Kürklü; **Kaynak Taraması:** Ezgi Sonkaya; **Makalenin Yazımı:** Ezgi Sonkaya; **Eleştirel İnceleme:** Ezgi Sonkaya, Z. Gonca Bek Kürklü; **Malzemeler:** Ezgi Sonkaya.



## KAYNAKLAR

- Panayi NC, Tsolakis AI. In-house computer-aided design and 3-dimensional printing of customized orthodontic brackets using hybrid ceramic resin: is it the time for the orthodontist to take over? *AJO-DO Clinical Companion*. 2021;1(3):187-93. [Crossref]
- Pillai S, Upadhyay A, Khayambashi P, Farooq I, Sabri H, Tarar M, et al. Dental 3D-printing: transferring art from the laboratories to the clinics. *Polymers (Basel)*. 2021;13(1):157. [Crossref] [PubMed] [PMC]
- Pagac M, Hajnys J, Ma QP, Jancar L, Jansa J, Stefek P, et al. A review of vat photopolymerization technology: materials, applications, challenges, and future trends of 3D printing. *Polymers (Basel)*. 2021;13(4):598. [Crossref] [PubMed] [PMC]
- Kessler A, Hickel R, Reymus M. 3D Printing in dentistry-state of the art. *Oper Dent*. 2020;45(1):30-40. [Crossref] [PubMed]
- Sismanoglu S, Tugce Gurcan A, Yildirim-Bilmez Z, Gumustas B. Mechanical properties and repair bond strength of polymer-based CAD/CAM restorative materials. *International Journal of Applied Ceramic Technology*. 2021;18(2):312-8. [Crossref]
- Üstün Ö, Büyükhatoğlu IK, Seçilmiş A. Shear bond strength of repair systems to new CAD/CAM restorative materials. *J Prosthodont*. 2018;27(8):748-54. [Crossref] [PubMed]
- 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. [Crossref] [PubMed]
- Tekçe N, Tuncer S, Demirci M, Kara D, Baydemir C. Microtensile bond strength of CAD/CAM resin blocks to dual-cure adhesive cement: the effect of different sandblasting procedures. *J Prosthodont*. 2019;28(2):e485-90. [Crossref] [PubMed]
- Loomans BA, Mesko ME, Moraes RR, Ruben J, Bronkhorst EM, Pereira-Cenci T, et al. Effect of different surface treatment techniques on the repair strength of indirect composites. *J Dent*. 2017;59:18-25. [Crossref] [PubMed]
- Güngör MB, Nemli SK, Bal BT, 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(4):259-66. [Crossref] [PubMed] [PMC]
- Bayraktar Y, Arslan M, Demirtag Z. Repair bond strength and surface topography of resin-ceramic and ceramic restorative blocks treated by laser and conventional surface treatments. *Microsc Res Tech*. 2021;84(6):1145-54. [Crossref] [PubMed]
- Martos J, Osinaga PWR, Oliveira ED, Castro LASD. Hydrolytic degradation of composite resins: effects on the microhardness. *Materials Research* 2003;6(4):599-604. [Crossref]
- Buehler E, Branham S, Ali A, Chang JJ, Hofmann MK, Hurst A, et al. Sharing is caring: Assistive technology designs on thingiverse. In *Proceedings of the 33rd Annual ACM Conference on Human Factors in Computing Systems*. 2015;525-34. [Crossref]
- FormLabs [Internet]. Application guide: 3D printing permanent crowns with the form 3B. Formlabs; 2021. (Cited: 25.03.2023) Available from: [Link]
- Dental Resin Permanent Crown. Available from: [Link]
- Formlabs. Instructions for Use. Available from: [Link]
- Francisco I, Travassos R, Nunes C, Ribeiro M, Marques F, Pereira F, et al. What is the most effective technique for bonding brackets on ceramic-a systematic review and meta-analysis. *Bioengineering (Basel)*. 2022;9(1):14. [Crossref] [PubMed] [PMC]
- Sevmez H, Güngör MB, Yılmaz H. Surface treatments of all ceramic restorations. *Journal of Ege University School of Dentistry*. 2018;39(3):148-59. [Crossref]
- G-Premio BOND Technique Guide. Available from: [Link]
- de Mello CC, Bitencourt SB, Dos Santos DM, Pesqueira AA, Pellizzer EP, Goiato MC. The effect of surface treatment on shear bond strength between Y-TZP and veneer ceramic: a systematic review and meta-analysis. *J Prosthodont*. 2018 ;27(7):624-35. [Crossref] [PubMed]
- Dutra D, Pereira G, Kantorski KZ, Exterkate R, Kleverlaan CJ, Valandro LF, et al. Grinding with diamond burs and hydrothermal aging of a Y-TZP material: effect on the material surface characteristics and bacterial adhesion. *Oper Dent*. 2017;42(6):669-78. [Crossref] [PubMed]
- Wiegand A, Stucki L, Hoffmann R, Attin T, Stawarczyk B. Repairability of CAD/CAM high-density PMMA- and composite-based polymers. *Clin Oral Investig*. 2015;19(8):2007-13. [Crossref] [PubMed]
- Hickel R, Brühaver K, Ilie N. Repair of restorations—criteria for decision making and clinical recommendations. *Dent Mater*. 2013;29(1):28-50. [Crossref] [PubMed]
- Schwenter J, Schmidli F, Weiger R, Fischer J. Adhesive bonding to polymer infiltrated ceramic. *Dent Mater J*. 2016;35(5):796-802. [Crossref] [PubMed]
- Barutçigil K, Barutçigil Ç, Kul E, Özarslan MM, Buyukkaplan US. Effect of different surface treatments on bond strength of resin cement to a CAD/CAM restorative material. *J Prosthodont*. 2019;28(1):71-8. [Crossref] [PubMed]
- Graf T, Erdelt KJ, Güth JF, Edelhoff D, Schubert O, Schweiger J. Influence of pre-treatment and artificial aging on the retention of 3D-printed permanent composite crowns. *Biomedicine*. 2022;10(9):2186. [Crossref] [PubMed] [PMC]
- Albahri R, Yoon HI, Lee JD, Yoon S, Lee SJ. Shear bond strength of provisional repair materials bonded to 3D printed resin. *J Dent Sci*. 2021;16(1):261-7. [Crossref] [PubMed] [PMC]
- Lim NK, Shin SY. Bonding of conventional provisional resin to 3D printed resin: the role of surface treatments and type of repair resins. *J Adv Prosthodont*. 2020;12(5):322-8. [Crossref] [PubMed] [PMC]
- Lung CY, Matinlinna JP. Aspects of silane coupling agents and surface conditioning in dentistry: an overview. *Dent Mater*. 2012;28(5):467-77. [Crossref] [PubMed]
- Staxrud F, Dahl JE. Silanising agents promote resin-composite repair. *Int Dent J*. 2015;65(6):311-5. [Crossref] [PubMed] [PMC]
- Toman M, Toksavul S, Artunç C, Türkün M, Schmage P, Nergiz I. Influence of luting agent on the microleakage of all-ceramic crowns. *J Adhes Dent*. 2007;9(1):39-47. [PubMed]
- Dias de Souza GM, Thompson VP, Braga RR. Effect of metal primers on microtensile bond strength between zirconia and resin cements. *J Prosthet Dent*. 2011;105(5):296-303. [Crossref] [PubMed]
- Okutan Y, Yücel MT, Dönmez MB, Gezer T. Effect of an MDP-containing primer on the bond strength between ten different resin cements and air-abraded monolithic zirconia. *Meandros Medical and Dental Journal*. 2021;22(2):148. [Crossref]
- Lankes V, Reymus M, Liebermann A, Stawarczyk B. Bond strength between temporary 3D printable resin and conventional resin composite: influence of cleaning methods and air-abrasion parameters. *Clin Oral Investig*. 2023;27(1):31-43. [Crossref] [PubMed] [PMC]
- Jung SN, Rüttermann S. Influence of mechanical and chemical pre-treatments on the repair of a hybrid ceramic. *Dent Mater*. 2022;38(7):1140-8. [Crossref] [PubMed]