

Farklı Yüzey İşlemlerinin CAD/CAM Rezin Nanoseramiklerin Tamir Bağlanma Dayanımına Etkisi: Bir *in vitro* çalışma

Effect of Different Surface Treatments on Repair Bond Strength of CAD/CAM Resin Nanoceramics: *in vitro* Study

¹ Samet ATASOY^a, ² Sultan AKTUĞ KARADEMİR^a, ³ Merve ARIKAN^a, ⁴ Serdar AKARSU^a

^aOrdu Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi, Restoratif Diş Tedavisi AD, Ordu, Türkiye

Bu çalışma, TDB 27. Uluslararası Diş Hekimliği Kongresi'nde (26-29 Ekim 2023, Ankara) sözlü olarak sunulmuştur.

ÖZET Amaç: Resin nanoseramik CAD/CAM (RNC) materyaller, tamir kolaylığı ve uygun fiyatları nedeniyle günümüzde indirekt restorasyonlarda yaygın olarak kullanılmaktadır. Bu çalışmanın amacı, RNC materyale uygulanan farklı yüzey işlemlerinin ve silan uygulamasının kompozit rezin ile tamir bağlanma dayanımı [repair bond strength (RBS)] üzerine etkisini değerlendirmektir. **Gereç ve Yöntemler:** RNC bloklar (CeraSmart, GC Corp., Tokyo, Japonya) kullanılarak toplam 60 örnek (2×7×12 mm) hazırlandı ve 5.000 termal siklusla yaşlandırıldı. Örnekler yüzey işlemlerine göre rastgele 3 gruba (n=20) ayrıldı: (1) Kontrol, işlem yapılmamış, (2) Al₂O₃ partikülleri ile kumlama, (3) Frezle pürüzlendirme. Ardından her grup ilave silan uygulamasına göre rastgele 2 alt gruba ayrıldı (n=10). Tüm örnekler 2x3,5 mm nanohibrit kompozit (Clearfil Majesty Posterior, Kuraray Noritake Dental Inc., Japonya) ile tamir edildi ve RBS testi evrensel test cihazı (Autograph AGS-X, Shimadzu Co, Kyoto, Japonya) kullanılarak gerçekleştirildi. Kopma yüzeyleri stereomikroskop (MP 320; Carl Zeiss, Oberkochen, Almanya) kullanılarak x50 büyütmede analiz edildi. Veriler iki yönlü varyans, Tukey ve bağımsız-t testleri kullanılarak analiz edildi (p=0,05). **Bulgular:** Yüzey işlemi uygulanmış Grup 2 ve 3, kontrol grubu olan 1'e göre anlamlı ölçüde daha yüksek RBS sergiledi (p<0,05). Grup 2'de en yüksek RBS değerleri görülmesine rağmen Grup 2 ile 3 arasında anlamlı fark yoktu (p>0,05). Bununla birlikte ilave silan uygulanan gruplarda daha fazla RBS değerleri görülmüştür ve bu fark istatistiksel olarak anlamlıdır (p<0,001). **Sonuç:** Al₂O₃ kumlama veya frezle pürüzlendirme işlemleri RNC'lerin tamirinde gereklidir. Yüzey işlemleri sonrasında ilave silan uygulaması RNC'lerin RBS değerlerini önemli ölçüde artırır.

Anahtar Kelimeler: Bağlanma dayanımı; tamir; rezin nanoseramik; yüzey işlemi

ABSTRACT Objective: Resin nanoceramic CAD/CAM (RNC) materials are widely used in indirect restorations today for reasons such as ease of repair and price availability. The aim of the study is to evaluate the effect of different surface treatments and silane application on repair bond strength (RBS) of composite resin to RNC material. **Material and Methods:** A total of 60 samples (2×7×12 mm) were prepared from RNC blocks (Cerasmart, GC Dental Products, Japan) and subjected to 5,000 thermal cycles. The samples were randomly divided into 3 groups (n=20) according to surface treatment: (1) Control, untreated, (2) Sandblasting with Al₂O₃ particles, (3) Roughening with a diamond bur. Then, each group was divided into two subgroups according to additional silane application (n=10). All samples were repaired with a 2x3.5 mm nanohybrid composite (Clearfil Majesty Posterior, Kuraray Noritake Dental Inc., Japan) and a universal testing machine (Autograph AGS-X, Shimadzu Co, Kyoto, Japan) was used to test the RBS. Fracture surfaces were examined using a stereomicroscope (MP 320; Carl Zeiss, Oberkochen, Germany) at x50 magnification. Data were analyzed with two-way variance, Tukey and independent-t tests (p=0.05). **Results:** The surface treated groups 2 and 3 exhibited significantly higher RBS than Group 1, the control group (p<0.05). Although Group 2 had the highest RBS, there was no significant difference between Group 2 and 3 (p>0.05). Higher RBS values were observed in the groups where additional silane was applied and this difference was statistically significant (p<0.001). **Conclusion:** Sandblasting with Al₂O₃ or roughening with a diamond bur significantly increase the RBS of RNC. Silane has a synergistic effect when applied in combination with surface treatments.

Keywords: Bond strength; repair; resin nanoceramic; surface treatment

Correspondence: Samet ATASOY

Ordu Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi, Restoratif Diş Tedavisi AD, Ordu, Türkiye

E-mail: sametatasoy1990@gmail.com



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

Received: 06 Feb 2024

Received in revised form: 11 Mar 2024

Accepted: 20 Mar 2024

Available online: 17 May 2024

2146-8966 / Copyright © 2024 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/>).

Günümüzde hastaların artan estetik beklentileriyle beraber inley, onley, kron, vener ve köprü yapımında bilgisayar destekli tasarım-bilgisayar destekli üretim [computer aided design/computer aided manufacturing (CAD/CAM)] sistemlerinin kullanımı yaygınlaşmıştır.^{1,2} Tam seramik bloklar genel olarak bu estetik beklentileri karşılarsa da düşük kırılma dayanımları önemli bir dezavantajdır.³

Rezin nanoseramik CAD/CAM'ler (RNC) yüksek derecede polimerize edilmiş bir rezin matrikse gömülü nanoseramik parçacıklardan oluştuğu için seramiğin renk stabilitesi ve dayanıklılığı ile kompozit rezinlerin karşıt diş dokusunda daha az aşındırma ve yüksek bükülme özellikleri gibi avantajlarını birleştirir.⁴ Ayrıca dentine yakın olan elastik modülleri sayesinde daha iyi bir stres dağılımı sergilerler.⁵ Geleneksel kompozit rezinlere kıyasla daha iyi bükülme dayanımı, daha az renk değişimi gösteren RNC'ler, aşınmaya karşı da daha dirençlidir.^{6,7}

Yapılan bir klinik çalışmada, RNC restorasyonlarının uzun dönem başarılarının oldukça yüksek (2 yıl sonra %93,2) olduğu bildirilmiştir.⁸ Ancak rijit yapıları ile güçlü mekanik özelliklerine rağmen parafonksiyonel alışkanlıklar ve sekonder çürük gibi durumlarda çiğneme kuvvetleri altında kırılmaya karşı hassastırlar.⁹ Kırık restorasyonlar boyutuna bağlı olarak tamir edilebilir veya yenilenebilir. Ancak adeziv olarak simante edilen restorasyonlar sökülürken pulpa, diş ve çevre dokularda travmaya neden olabilir.¹⁰ Bu nedenle kompozit rezin kullanılarak yapılan direkt tamir işlemi hem sağlıklı diş yapısının korunması hem de daha düşük maliyetle daha hızlı sonuçlara ulaşılması açısından daha uygun bir tedavi yaklaşımı sunmaktadır. Ayrıca hastalar için de kolukta kalma süresinin kısılması tamir işlemi daha kabul edilebilir hâle getirir.^{11,12}

Restorasyonun hasarlı kısmının kompozit rezin ile tamiri ve sağlam kısmın korunması restorasyonun ömrünü uzatır.¹³ Ancak sağlam kısım ile tamir için eklenen kompozit rezin arasında dayanıklı ve güvenilir bir bağ oluşturmak zor olabilir. Yapılan bir çalışma, RNC'lerin ağız içi tamirinde başarı oranının %89 olduğunu göstermiştir.¹⁴

Tamir edilmesi planlanan restorasyon yüzeyinde farklı yüzey işlemleri uygulanarak mikromekanik ve

kimyasal bir bağ elde edilebilir.¹⁵ Tamir kompoziti ile RNC arasındaki bağlantıyı optimize etmek için Al₂O₃ partikülleri ile kumlama, frezle pürüzlendirme gibi mekanik ve silan gibi kimyasal yüzey işlemleri önerilmiştir.^{16,17} Bununla birlikte RNC'lerin tamiri için ideal yüzey işlemleri konusunda fikir birliği mevcut değildir. Literatürde RNC'lerin tamirinde, Al₂O₃ partikülleri ile kumlama ve frezle pürüzlendirme işlemlerini karşılaştıran sınırlı sayıda çalışma vardır.¹⁸ Ayrıca bildiğimiz kadarıyla, RNC'lerin tamirinde frezle pürüzlendirme ve kumlama işlemlerini ilave silan uygulamasıyla birlikte karşılaştıran hiçbir çalışma bulunmamaktadır.

Bu çalışmanın amacı, RNC materyale uygulanan farklı yüzey işlemlerinin ve silan uygulanmasının kompozit rezin ile tamir bağlanma dayanımı [repair bond strength (RBS)] üzerine etkisini değerlendirmektir. Test edilen birinci sıfır hipotezi, farklı yüzey işlemlerinin tamir RBS değerlerini iyileştirmeyeceği, ikinci sıfır hipotezi ise ilave silan uygulamasının RBS değerlerini etkilemeyeceği şeklindedir.

GEREÇ VE YÖNTEMLER

Örneklem büyüklüğü, önceki örneklem büyüklüğü hesaplamalarına dayalı olarak GPower (Universität Düsseldorf, Almanya) sürüm 3.1.9.2 kullanılarak hesaplanmıştır ve 6 grupta %95 güven aralığı ve 0,05 anlamlılık düzeyinde toplam 60 örnek gerekliydi (n=10).

Çalışmada, RNC blok (CeraSmart, GC Corp., Tokyo, Japonya) kullanılarak hassas kesici (Mecatome T180, Presi SA, Angonnes, Fransa) ile toplam 60 adet örnek (2×7×12 mm) hazırlandı. Çalışmada kullanılan materyallere ait bilgiler Tablo 1'de gösterilmiştir.

Örnekler, silindir şeklinde bir kalıbın tam ortasına yerleştirildi ve kimyasal olarak polimerize olan akrilik rezin üretici firmanın önerdiği oranlarda karıştırılarak kalıbın içine dolduruldu. Sertleşen akrilik rezin kalıptan çıkarıldı. Örnek yüzeyleri standart yüzey pürüzlülüğü elde etmek amacıyla su soğutması altında 200, 400 ve 600 gritli silisyum karbür kâğıt (3M ESPE) kullanılarak bitirildi. Tüm örnekler tamirden önce termal yaşlandırma (30 sn'lik bekleme süresiyle 5 °C ile 55 °C arasında 5.000 termal siklus)

TABLO 1: Çalışmada kullanılan materyaller.

Ürün adı	Üretici firma	İçerik
CeraSmart	GC Corp., Tokyo, Japonya	%71 wt silika ve baryum cam doldurucu içeren nanopartikül doldurucu rezin (UDMA, DMA)
Clearfil Majesty Posterior (A ₂)	Kuraray Noritake Dental Inc., Osaka, Japonya	Silanlanmış cam seramikler Alümina mikro doldurucular Bis-GMA Trietilenglikol dimetakrilat hidroforik aromatik dimetakrilat
Cobra Alüminyum oksit	Renfert GmbH, Hilzingen, Almanya	50 µm Al ₂ O ₃
Clearfil Ceramic Primer Plus	Kuraray Noritake Dental Inc., Osaka, Japonya	3-MPS (3-metakriloksipropiltrimetoksi silan), 10-MDP, etanol
Clearfil Tri-S Bond	Kuraray Noritake Dental Inc., Osaka, Japonya	10 MDP, Bis-GMA, HEMA, hidroforik-dimetakrilat, etil alkol, kamforokinon, su, silanize koloidal silika

10-MDP: 10-metakriloloksidesil dihidrojen fosfat; Bis-GMA: Bisfenol A-glisidil metakrilat.

uygulandı ve ardından örnekler aşağıdaki yüzey işlemlerine göre rastgele 3 gruba ($n=20$) ayrıldı: (1) Kontrol, işlem yapılmamış, (2) Al₂O₃ partikülleri ile kumlama, (3) Frezle pürüzlendirme.

Bağlanma yüzeylerini temizlemek için 5 sn fosforik asit (K-Etchant Syringe, Kuraray Noritake Dental Inc., Tokyo, Japonya) uygulandı ve hava-su spreyi kullanılarak yıkanıp kurutuldu.¹⁹ Bu ön işlemlerden sonra her grup ilave silan uygulamasına göre rastgele 2 alt gruba ayrıldı. ($n=10$)

Daha sonra bağlanma yüzeylerine bir universal adeziv ajan (Clearfil Tri-S Bond, Kuraray Noritake Dental Inc., Japonya) 10 sn boyunca aktif olarak uygulandı ve bir LED ışık cihazı (Elipar S10, 3M ESPE, Seefeld, Almanya) kullanılarak polimerize edildi.¹⁹ Farklı yüzey işlemleri ve ilave silan uygulama prosedürü Tablo 2’de gösterilmiştir.

Tamir işleminin standardizasyonu için özel olarak hazırlanan içi boşluk (çapı 3,5 mm yüksekliği 2 mm) olan teflon kalıp, örnek yüzeyi üzerine sabitlendi ve kompozit rezinle (Clearfil Majesty Posterior, Kuraray Noritake Dental Inc., Japonya) dolduruldu. Kompozit rezinlerin ışıkla polimerizasyonu, LED ışık cihazı kullanılarak üretici firmanın tavsiyeleri doğ-

rultusunda üst yüzeyden 20 sn standart mod kullanılarak gerçekleştirildi. Işık kaynağının gücü her bir grupta, polimerizasyon işlemi öncesinde 2000 mW/cm² ye kadar ölçebilen bir radyometre ile kontrol edilmiştir. Polimerize edilen örnekler 37°C’deki distile suda 24 saat bekletildi.

Makaslama bağlantı testi 1 mm/dk çapraz kafa hızına sahip universal bir test cihazı (Autograph AGS-X, Shimadzu Co, Kyoto, Japonya) kullanılarak gerçekleştirildi (Resim 1). Makaslama bağlantı dayanımı değerleri, kopma anındaki yükün (N) kompozit rezin alanına ($\alpha=P/A$) bölünmesiyle megapaskal (Mpa) cinsinden hesaplandı.

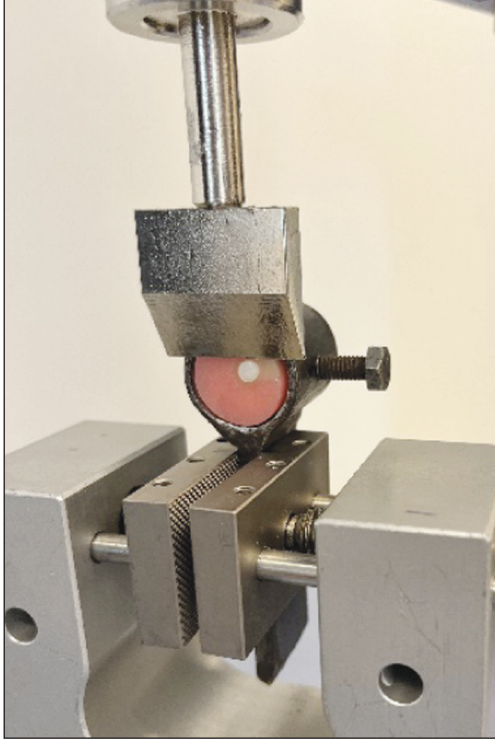
Testi tamamladıktan sonra başarısızlık tiplerini belirlemek amacıyla kopma yüzeyleri bir stereo mikroskop (MP 320; Carl Zeiss, Oberkochen, Almanya) kullanılarak x50 büyütmede analiz edilmiş ve başarısızlık tipleri 3 grup altında incelenmiştir:

Adeziv başarısızlık: CAD/CAM materyali ve tamir materyali arasında adeziv kopma olarak incelendi.

Koheziv başarısızlık: CAD/CAM materyali ve kompozitin kendi içindeki koheziv kopma olarak incelendi.

TABLO 2: Yüzey işlemleri ve ilave silan uygulama prosedürü.

Yüzey işlemi	Uygulama prosedürü
Al ₂ O ₃ kumlama	Yüzeye 10 mm mesafeden Al ₂ O ₃ parçacıklarıyla 2,5 bar basınçta 10 sn kumlama işlemi gerçekleştirildi. ¹⁹
Elmas frezle pürüzlendirme	Yüzey 3 sn boyunca su soğutması altında yüksek hızda yeşil bantlı elmas frez (125 µm; 856/018, Diattech Diamant AG, İsviçre) ile pürüzlendirildi.
Clearfil Ceramic Primer Plus Silan	Silan aplikatör fırçasıyla uygulandı ve 60 sn bekledikten sonra hava-su spreyi ile 5 sn kurutuldu. ¹⁹



RESİM 1: Makaslama bağlanma testi.

Karışık başarısızlık: Adeziv ve koheziv kopmanın bir arada görüldüğü başarısızlık tipi olarak incelendi.

Farklı yüzey işlemleri için hazırlanan ilave örnekler 10 nm dalga boyunda 20-25 mA'da 1 dk boyunca altın-paladyum ile kaplandı ve taramalı elektron mikroskobu [scanning electron microscope (SEM)] (Hitachi, SU-1510, Japonya) altında incelendi.

Tüm analizler SPSS istatistik yazılımı (SPSS Versiyon 26.0, IBM, Chicago, IL, ABD) kullanılarak yapıldı ve $p < 0,05$ istatistiksel olarak anlamlı kabul edildi. Ortalama ve standart sapmalar hesaplandı, veri

dağılımının normalliği Shapiro-Wilk testi kullanılarak incelendi. Farklı yüzey işlemlerinin ve ilave silan uygulamasının etkilerini ve bu 2 faktörün bağlantı dayanımı değerleri üzerindeki etkileşimini belirlemek için veriler iki yönlü varyans analizi [analysis of variance (ANOVA)] kullanılarak analiz edildi. İkili analizler ise “post hoc” Tukey testi kullanılarak yapıldı.

BULGULAR

Yüzey işlemlerinin, ilave silan uygulamasının ve bu iki değişken arasındaki etkileşimin makaslama bağlantı dayanımı değerleri üzerine etkisi Tablo 3'te gösterilmiştir. İki yönlü ANOVA'ya göre farklı yüzey işlemlerinin ve ilave silan uygulamasının makaslama bağlantı dayanımı üzerine etkisi istatistiksel olarak anlamlıdır ($p=0,000$).

Farklı yüzey işlemlerinin ve ilave silan uygulamasının makaslama bağlantı dayanımı değerleri üzerine etkisi ortalaması ve standart sapma olarak Tablo 4'te gösterilmiştir. Bağımsız t-testinin sonuçları, ilave silan uygulamasının önemli ölçüde daha yüksek makaslama bağlantı dayanımı değerleri sağladığını ortaya çıkardı. “post-hoc” analize göre ise farklı yüzey işlemi uygulanmış gruplar, işlem görmemiş kontrol grubuna göre daha yüksek makaslama bağlantı dayanımı gösterdi. En yüksek makaslama bağlantı dayanımı değerleri Al_2O_3 ile kumlama uygulanan grupta görülmesine rağmen frezle pürüzlendirme işlemi uygulanan grupla arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark görülmemiştir. Bununla birlikte ilave silan uygulanan gruplarda daha fazla makaslama bağlantı dayanımı değerleri görülmüştür.

Farklı yüzey işlemleri ve ilave silan uygulaması sonrası başarısızlık yüzdeleri dağılımı Tablo 5'te lis-

TABLO 3: Farklı yüzey işlemlerinin ve ilave silan uygulamasının makaslama bağlantı dayanımı değerleri üzerine etkisi.

Kaynak	Tip III kareler toplamı	Serbestlik derecesi	Kareler ortalaması	Frekans	Anlamlılık düzeyi (p)
Sabit	14482,038	1	14482,038	6300,402	0,000*
Yüzey işlemi	683,240	2	341,620	148,622	0,000*
Silan	229,869	1	229,869	100,004	0,000*
Yüzey işlemi* Silan	5,290	2	2,645	1,151	0,324

* $p < 0,001$; İki yönlü varyans analizi.

TABLO 4: Farklı yüzey işlemlerinin ve ilave silan uygulaması sonucu makaslama bağlantı dayanımı değerlerinin ortalama ve standart sapma olarak karşılaştırılması.

Yüzey işlemi	Silan uygulanmamış	Uygulanmış	*p değeri
Kontrol	9,24±1,04 ^a	12,32±1,03 ^a	<0,001*
Al ₂ O ₃ ile kumlama	15,84±2,86 ^b	20,35±3,08 ^b	<0,001*
Frezle pürüzlendirme	15,68±2,99 ^b	19,81±2,93 ^b	<0,001*
p değeri	0,000	0,000	

*p<0,001; Aynı sütundaki aynı küçük harf istatistiksel olarak anlamlı bir fark olmadığını gösterir (p>0,05); Bağımsız t-testi.

TABLO 5: Farklı yüzey işlemleri ve ilave silan uygulaması sonrası başarısızlık yüzdeleri.

Yüzey işlemi	Silan	Adeziv	Koheziv	Karışık
Kontrol	Hayır	80	-	20
	Evet	70	10	20
Al ₂ O ₃ kumlama	Hayır	50	10	40
	Evet	50	20	30
Frezle pürüzlendirme	Hayır	60	-	40
	Evet	50	10	40

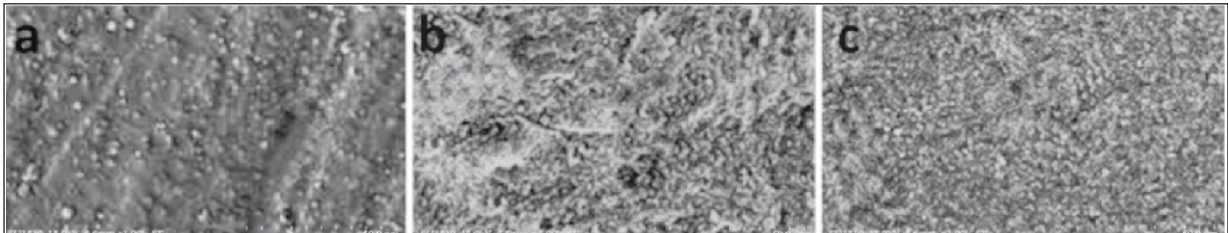
telenmiştir. Tüm yüzey işlemlerinde en çok adeziv başarısızlık görüldü (%60). Yüzey işlemi uygulanan gruplarda karışık başarısızlık oranında artış gözlemlendi (%10). Al₂O₃ ile kumlama işleminin frezle pürüzlendirme işlemine göre daha fazla koheziv başarısızlığa neden olduğu görüldü (%15). Ek olarak, ilave silan uygulanan alt gruplarda daha fazla koheziv başarısızlık gözlemlendi (%13,3).

Kontrol grubu ve farklı yüzey işlemlerine ait SEM görüntülerine göre rezin nanoseramik yüzeyleri yüzey işlemlerinden önce kontrol grubunda pürüzsüzdü. Ancak farklı yüzey işlemlerinden sonra yüzeydeki çıkıntılar ve oyuklar kolaylıkla gözlemlendi. Frezle pürüzlendirme uygulamasının pürüzlü bir yüzey oluşturduğu görülse de Al₂O₃ kumlama işleminde pürüzlü yüzeyin daha düzenli olduğu gözlemlendi (Resim 2).

TARTIŞMA

Bu *in vitro* çalışmada, RNC materyale uygulanan farklı yüzey işlemlerinin ve ilave silan uygulamasının kompozit rezin ile RBS üzerine etkisi araştırıldı. Çalışmamızın bulguları incelendiğinde, yüzey işlemlerinin makaslama bağlantı dayanımı değerlerini artırdığı görülmüştür. Bu nedenle farklı yüzey işlemlerinin RBS değerlerini iyileştirmeyeceği yönündeki ilk hipotez reddedildi. Öte yandan ilave silan uygulamasının tek başına silan içeren universal adeziv uygulamasına göre daha iyi makaslama bağlantı dayanımı değerleri sağladığı görülmüştür. Böylece, ilave silan uygulamasının RBS değerlerini etkilemeyeceği şeklindeki ikinci hipotez de reddedilmiştir.

Bağlanma dayanımını test etmek için makaslama veya çekme bağlantı dayanım testleri öneril-



ŞEKİL 1: Taramalı elektron mikroskopu görüntüleri. (a) Kontrol, (b) Frezle pürüzlendirme, (c) Al₂O₃ kumlama.

mekle birlikte; makaslama bağlanma testi, kompozit rezinle RBS'yi değerlendirmek için yaygın olarak kullanılan testtir.^{20,21} Her ne kadar arayüzdeki gerilimlerin eşit olmayan bir şekilde dağılmasına yol açabilmesi nedeniyle çekme bağlantı dayanım testinden daha az güvenilir olduğu bildirilmiş olsa da bu testin avantajları örnek hazırlamanın kolay olması ve test protokolünün basit olmasıdır.^{22,23} Bu nedenle çalışmamızda da makaslama bağlanma testi tercih edilmiştir.

Restorasyonun tamirini gerektiren hasarlar genellikle belirli bir klinik kullanım süresinden sonra ortaya çıkar. Bu nedenle RBS inceleyen laboratuvar çalışmalarında, materyallerin tamirden önce yaşlandırılması ağız koşullarını taklit etmek için önemlidir. CAD/CAM materyallerin yaşlandırılması için altın bir standart bulunmamasına rağmen çalışmaların çoğunda termal siklus uygulanmaktadır.^{24,25} Çalışmamızda da ağız ortamını talit etmek için örnekler 5°C ile 55 °C arasında 5.000 termal siklusa tabi tutuldu.

RNC blokların polimerizasyon derecesi kompozit rezinlerden daha fazla olduğundan reaksiyona girmemiş monomer içerik daha düşüktür; dolayısıyla pürüzlendirme gibi yüzey işlemleriyle yüzey enerjisinin artırılmasına ihtiyaç vardır.^{26,27} Önceki çalışmalarda kompozit rezinin 15-25 MPa bağlanma dayanımının RNC'ler için yeterli bir değer olduğu rapor edilmiştir.^{14,28} Çalışmamızda da kontrol grubu dışındaki yüzey işlemi uygulanan tüm gruplarda >15 MPa'lık bağlanma dayanımı değerleri, yüzey işleminin yapılması gerektiğini göstermektedir.

Al₂O₃ kumlama ve frezle pürüzlendirme işlemlerinin RNC'lerin RBS değerleri üzerine etkilerini karşılaştıran önceki çalışmalarda farklı sonuçlar bulunmuştur. Güngör ve ark. RNC'lerin tamirinde frezle pürüzlendirme işleminin, Al₂O₃ kumlama işlemine göre daha yüksek RBS değerleri gösterdiğini bildirmişlerdir.¹⁸ Çalışmamızda ise en yüksek RBS değerleri Al₂O₃ kumlama işleminde görülmekle birlikte frezle pürüzlendirme işlemiyle arasında anlamlı bir fark bulunamamıştır. Bu sonuçta uygulanan termal yaşlandırma işlemindeki farklılık etkili olmuş olabilir. Güngör ve ark. çalışmalarında yaşlandırma işlemini 10.000 termal siklusla uygularken çalışmamızda 5.000 termal siklus uygulanmıştır.¹⁸ Yapılan bir çalışmada, farklı yüzey işlemlerinin RNC'lerin

RBS değerleri üzerine etkisinin yaşanmaya bağlı olabileceği bildirilmiştir.²⁹ Başka bir çalışmada ise Loomans ve ark. 5.000 termal siklus uygulandığında, çalışmamızla benzer şekilde, Al₂O₃ kumlama ve frezle pürüzlendirme işlemleri arasında fark olmadığını bildirmişlerdir.³⁰

Çalışmamızda adeziv protokollerle ilgili olarak ilave silan uygulamasının bağlantı dayanımına etkisi araştırılmıştır. Silan, inorganik dolgu parçacıklarının hidroksil grupları ile reaksiyona giren hidrolize edilebilir bir fonksiyonel grup ve organik matriks ile kopolimerize olan metakrilat grubu içeren 2 işlevli bir monomerdir.^{31,32} Şişmanoğlu ve ark. farklı yüzey işlemlerinin ve universal adeziv uygulamasının CAD/CAM materyalin mikromakaslama bağlantı dayanımı üzerine etkisini değerlendirdikleri çalışmada, tek başına silan içeren universal yapıştırıcıya kıyasla ilave silan uygulamasıyla RNC'lerde en yüksek RBS değerlerinin elde edildiğini bildirmişlerdir.³² Çalışmamızda benzer şekilde ilave silan uygulamasıyla elde edilen yüksek RBS değerleri, universal adezivlerin içerdiği silan miktarının yeterli uyumu sağlamadığını düşündürmektedir. Ayrıca yapılan çalışmalarda, RNC'lerde Al₂O₃ kumlama ve frezle pürüzlendirme işlemlerinin yüzey enerjisini artırarak silanın optimum şekilde ıslanmasını sağladığı belirtilmiştir.^{33,34} Çalışmamızda da en yüksek bağlantı dayanımı değerleri ilave silan uygulamasının Al₂O₃ kumlama veya frezle pürüzlendirme işlemlerinden sonra yapıldığı durumlarda görülmüştür.

Klinik olarak CAD/CAM materyallerinin veya kompozit rezinin koheziv başarısızlığı güçlü bağlanmanın göstergesidir. Bu nedenle, koheziv ve karışık başarısızlık, düşük bağlanma dayanımı değerleriyle ilgili olan adeziv başarısızlığa tercih edilir.³⁵ Çalışmamızda da yüzey işlemi uygulanan gruplardaki daha yüksek bağlantı dayanımı değerleriyle uyumlu olarak adeziv başarısızlıkta azalma, koheziv ve karışık başarısızlıkta ise artma görülmüştür.

Bu çalışmanın sınırlamalarından biri tek tip RNC materyal ve tamir için de tek tip nanohibrit kompozit rezin kullanılmasıdır. Farklı RNC'lerde ve tamir için kullanılan farklı tip kompozit rezinlerde sonuçlar değişebilir. Diğer bir sınırlama ise sadece seçilen yüzey işlemlerinin etkisinin değerlendirilmiş

olmasıdır. CAD/CAM materyalleri üzerinde denenmiş çok sayıda diğer yüzey işlemleri RNC bloklar üzerinde de değerlendirilebilir. Ayrıca mevcut çalışmada tamir prosedürlerinden sonra herhangi bir yaşlandırma işlemi uygulanmamıştır. Daha ileri çalışmalarda, tamir edilen RNC materyallere bir yaşlandırma işlemi daha uygulandıktan sonra bağlantı dayanımları değerlendirilmelidir.

SONUÇ

Bu çalışmanın sınırlamaları dâhilinde aşağıdaki sonuçları çıkarmak mümkündür:

1. Al₂O₃ kumlama veya frezle pürüzlendirme işlemleri RNC'lerin tamirinde gereklidir.

2. Yüzey işlemleri sonrasında ilave silan uygulaması RNC'lerin RBS değerlerini önemli ölçüde artırır.

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: Samet Atasoy, Serdar Akarsu; **Tasarım:** Samet Atasoy, Sultan Aktuğ Karademir, Serdar Akarsu; **Denetleme/Danışmanlık:** Samet Atasoy, Serdar Akarsu; **Veri Toplama ve/veya İşleme:** Samet Atasoy, Merve Arıkan; **Analiz ve/veya Yorum:** Samet Atasoy, Merve Arıkan, Serdar Akarsu; **Kaynak Taraması:** Samet Atasoy, Sultan Aktuğ Karademir; **Makalenin Yazımı:** Samet Atasoy, Merve Arıkan; **Eleştirel İnceleme:** Sultan Aktuğ Karademir, Serdar Akarsu; **Kaynaklar ve Fon Sağlama:** Samet Atasoy, Serdar Akarsu; **Malzemeler:** Samet Atasoy, Sultan Aktuğ Karademir, Merve Arıkan, Serdar Akarsu.

KAYNAKLAR

1. Miyazaki T, Hotta Y. CAD/CAM systems available for the fabrication of crown and bridge restorations. Aust Dent J. 2011;56 Suppl 1:97-106. PMID: 21564120.
2. Della Bona A, Nogueira AD, Pecho OE. Optical properties of CAD-CAM ceramic systems. J Dent. 2014;42(9):1202-9. PMID: 25019364.
3. Alshehri SA. An investigation into the role of core porcelain thickness and lamination in determining the flexural strength of In-Ceram dental materials. J Prosthodont. 2011;20(4):261-6. PMID: 21535292.
4. Awada A, Nathanson D. Mechanical properties of resin-ceramic CAD/CAM restorative materials. J Prosthet Dent. 2015;114(4):587-93. PMID: 26141648.
5. Lauvahutanon S, Takahashi H, Shiozawa M, Iwasaki N, Asakawa Y, Oki M, et al. Mechanical properties of composite resin blocks for CAD/CAM. Dent Mater J. 2014;33(5):705-10. PMID: 25273052.
6. Stawarczyk B, Sener B, Trottmann A, Roos M, Ozcan M, Hämmerle CH. Discoloration of manually fabricated resins and industrially fabricated CAD/CAM blocks versus glass-ceramic: effect of storage media, duration, and subsequent polishing. Dent Mater J. 2012;31(3):377-83. PMID: 22673470.
7. Stawarczyk B, Özcan M, Trottmann A, Schmutz F, Roos M, Hämmerle C. Two-body wear rate of CAD/CAM resin blocks and their enamel antagonists. J Prosthet Dent. 2013;109(5):325-32. PMID: 23684283.
8. Tunac AT, Celik EU, Yasa B. Two-year performance of CAD/CAM fabricated resin composite inlay restorations: a randomized controlled clinical trial. J Esthet Restor Dent. 2019;31(6):627-38. PMID: 31631500.
9. Coldea A, Swain MV, Thiel N. Mechanical properties of polymer-infiltrated-ceramic-network materials. Dent Mater. 2013;29(4):419-26. PMID: 23410552.
10. Wady AF, Paleari AG, Queiroz TP, Margonar R. Repair technique for fractured implant-supported metal-ceramic restorations: a clinical report. J Oral Implantol. 2014;40(5):589-92. PMID: 25295889.
11. Batista GR, Kamozaiki MB, Gutierrez NC, Caneppele TM, Rocha Gomes Torres C. Effects of different surface treatments on composite repairs. J Adhes Dent. 2015;17(5):421-6. PMID: 26525006.
12. 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. PMID: 27880011.
13. Hickel R, Peschke A, Tyas M, Mjör I, Bayne S, Peters M, et al. FDI World Dental Federation: clinical criteria for the evaluation of direct and indirect restorations-update and clinical examples. Clin Oral Investig. 2010;14(4):349-66. PMID: 20628774.
14. Elsaka SE. Repair bond strength of resin composite to a novel CAD/CAM hybrid ceramic using different repair systems. Dent Mater J. 2015;34(2):161-7. PMID: 25736259.
15. de Melo RM, Valandro LF, Bottino MA. Microtensile bond strength of a repair composite to leucite-reinforced feldspathic ceramic. Braz Dent J. 2007;18(4):314-9. PMID: 18278302.
16. 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. <https://doi.org/10.1111/ijac.13653>
17. Tatar N, Ural C. Repair success of two innovative hybrid materials as a function of different surface treatments. Int J Prosthodont. 2018;31(3):267-70. PMID: 29723323.

18. 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. PMID: 27555894; PMCID: PMC4993838.
19. Kuraray Noritake [Internet]. ©2023 Kuraray America, Inc [Cited: March 7, 2024]. Clearfil Ceramic Primer Plus. Available from: <https://kuraraydental.com/product/clearfil-ceramic-primer-plus/>
20. Stawarczyk B, Krawczuk A, Ilie 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(2):299-308. PMID: 24930133.
21. Magni E, Ferrari M, Papacchini F, Hickel R, Ilie N. Influence of ozone on the composite-to-composite bond. *Clin Oral Investig*. 2011;15(2):249-56. PMID: 20054592.
22. Scherrer SS, Cesar PF, Swain MV. Direct comparison of the bond strength results of the different test methods: a critical literature review. *Dent Mater*. 2010;26(2):e78-93. PMID: 20060160.
23. Van Meerbeek B, Peumans M, Poitevin A, Mine A, Van Ende A, Neves A, et al. Relationship between bond-strength tests and clinical outcomes. *Dent Mater*. 2010;26(2):e100-21. PMID: 20006379.
24. Bähr N, Keul C, Edelhoff D, Eichberger M, Roos M, Gernet W, et al. Effect of different adhesives combined with two resin composite cements on shear bond strength to polymeric CAD/CAM materials. *Dent Mater J*. 2013;32(3):492-501. PMID: 23719013.
25. Arpa C, Ceballos L, Fuentes MV, Perdigão J. Repair bond strength and nanoleakage of artificially aged CAD-CAM composite resin. *J Prosthet Dent*. 2019;121(3):523-30. PMID: 30409724.
26. Duarte S, Sartori N, Phark J-H. Ceramic-reinforced polymers: CAD/CAM hybrid restorative materials. *Current Oral Health Reports*. 2016;3(3):198-202. doi:10.1007/s40496-016-0102-2
27. Sismanoglu S, Yildirim-Bilmez Z, Erten-Taysi A, Ercal P. Influence of different surface treatments and universal adhesives on the repair of CAD-CAM composite resins: an in vitro study. *J Prosthet Dent*. 2020;124(2):238.e1-238.e9. PMID: 32376031.
28. 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. PMID: 25649873.
29. 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. PMID: 28174053.
30. Loomans BA, Cardoso MV, Roeters FJ, Opdam NJ, De Munck J, Huysmans MC, et al. Is there one optimal repair technique for all composites? *Dent Mater*. 2011;27(7):701-9. PMID: 21571359.
31. Honda MI, Flório FM, Basting RT. Effectiveness of indirect composite resin silanization evaluated by microtensile bond strength test. *Am J Dent*. 2008;21(3):153-8. PMID: 18686765.
32. Matinlinna JP, Lassila LV, Özcan M, Yli-Urpo A, Vallittu PK. An introduction to silanes and their clinical applications in dentistry. *Int J Prosthodont*. 2004;17(2):155-64. PMID: 15119865.
33. Şişmanoğlu S, Gürçan AT, Yıldırım-Bilmez Z, Turunç-Oğuzman R, Gümüştaş B. Effect of surface treatments and universal adhesive application on the microshear bond strength of CAD/CAM materials. *J Adv Prosthodont*. 2020;12(1):22-32. PMID: 32128083; PMCID: PMC7040451.
34. Tinastepe N, Turkes E, Kazazoglu E. Comparative approach to analyse the effects of different surface treatments on CAD/CAM resin nanoceramics-resin composite repair bond strength. *Biotechnology & Biotechnological Equipment*. 2018;32(1):142-9. <https://doi.org/10.1080/13102818.2017.1392260>
35. Cinar S, Altan B, Akgungor G. Comparison of bond strength of monolithic CAD-CAM materials to resin cement using different surface treatment methods. *Journal of Advanced Oral Research*. 2019;10(2):120-7. <https://doi.org/10.1177/2320206819862062>