

Farklı Primerlerin ve Universal Adeziv, Zirkonya ve Self Adeziv Resin Siman Arasındaki Makaslama Bağlanma Dayanımı Üzerine Etkisi

The Effect of Different Primer and Universal Adhesive on Shear Bond Strength Between Zirconia and Self Adhesive Resin Cement

Necla DEMİR^a(ORCID-0000-0003-0927-6962), Sema Nur ÖZTÜRK^a(ORCID-0009-0008-9416-903X), Çiğdem ÇEBİ TÜYSÜZ^a(ORCID-0000-0002-6569-4918),
Meryem Gülce SUBAŞI^b(ORCID-0000-0002-2510-9745)

^aSelçuk Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Protetik Diş Tedavisi AD, Konya, Türkiye

^cSelçuk University Faculty of Dentistry, Department of Prosthodontics, Konya, Türkiye

^bKütahya Sağlık Bilimleri Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Protetik Diş Tedavisi AD, Kütahya, Türkiye

^dKütahya Health Sciences University Faculty of Dentistry Department of Prosthodontics, Kütahya, Türkiye

ÖZ

Amaç: Bu çalışmanın amacı, alüminyum oksit partikülleriyle kumlama sonrası kullanılan farklı primerlerin ve universal adezivin, termal yaşlandırma sonrasında zirkonya ile self adeziv resin siman arasındaki makaslama bağlanma dayanımı üzerindeki etkisini değerlendirmektir.

Gereç ve Yöntem: Çalışmamızda CAD/CAM zirkonya bloklardan boyutları 2 mm x 11 mm x 11 mm olacak şekilde 20 adet dörtgen örnek hazırlanmıştır. Tüm örneklerin yüzeyine 50 µm Al₂O₃ partikülleri yüzey pürüzlendirme işlemi uygulanmıştır. Hazırlanan örnekler farklı primer ve adeziv uygulamalarına göre 4 alt gruba ayrılmıştır (n=5). Kontrol: Herhangi bir primer veya universal adeziv uygulanmamıştır. Kerr Silane Primer (Negatif Kontrol): MDP içeriği bulunmayan seramik primeri uygulanmıştır. Ceramica-S ve Nova Compo-B Plus: Ceramica-S primer ve Nova Compo-B Plus universal adeziv karıştırılarak uygulanmıştır. Clearfil Ceramic Primer Plus: Clearfil Ceramic Primer Plus uygulanmıştır. Yüzey uygulamalarını takiben self adeziv resin siman seramik yüzeylerine polimerize edilmiştir. Ardından örnekler 5000 devir termal döngü işlemine tabi tutulmuştur. Örneklere universal test cihazında makaslama bağlanma dayanımı testi uygulanmıştır. Yüzey işlemlerine göre Fmax (N) ve Mpa değerlerinin karşılaştırılmasında Tek Yönlü Varyans Analizi kullanılmıştır.

Bulgular: Farklı primer ve adeziv kullanımına göre Fmax (N) ortalama değerleri istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık göstermiştir (p<0,001). Ceramica S ve Nova Compo-B Plus ile elde edilen değer diğer tüm primer gruplarından farklılık göstermiştir ve daha yüksektir (p<0,001). Clearfil Ceramic Primer Plus ile elde edilen değer diğer gruplardan farklılık göstermiştir (p<0,001). Kontrol grubu ve Kerr Silane Primer gruplarında elde edilen Fmax (N) değerleri benzerlik göstermektedir (p>0,001).

Sonuç: Mevcut limitasyonlar dahilinde, self adeziv resin simanın herhangi bir primer uygulaması olmaksızın veya MDP içermeyen bir primer uygulanmasının, zirkonya seramik yüzeyine bağlanma gücünü artırmak için yeterli olmadığı sonucuna varılabilir. MDP içeren ve kumlama sonrası uygulanan primerler veya adezivler, zirkonyaya bağlanma için ideal bir seçenek olarak görünmektedir.

Anahtar Kelimeler: Primer, Universal adeziv, Zirkonya

ABSTRACT

Background: The aim of this study was to evaluate the effect of different primers and universal adhesive used after sandblasting with aluminum oxide particles on the shear bond strength between zirconia and self-adhesive resin cement after thermal aging.

Material and Methods: Twenty rectangular samples were prepared from CAD/CAM zirconia blocks with dimensions of 2 mm x 11 mm x 11 mm. Surface roughening of 50 µm Al₂O₃ particles was applied to the surface of all samples. Prepared samples were divided into 4 subgroups according to different primer and adhesive applications (n=5). Control: No primer or universal adhesive was applied. Kerr Silane Primer (Negative Control): Ceramic primer without MDP content was applied. Ceramica-S and Nova Compo-B Plus: Ceramica-S primer and Nova Compo-B Plus universal adhesive were mixed and applied. Clearfil Ceramic Primer Plus: Clearfil Ceramic Primer Plus has been applied. Following the surface treatments, the self-adhesive resin cement was polymerized on the ceramic surfaces. Then, the samples were subjected to 5000 cycles of thermal cycling. Shear bond strength test was applied to the samples in a universal testing device. One-Way Analysis of Variance was used to compare the Fmax (N) and Mpa values according to the surface treatments.

Results: According to the use of different primers and adhesives, the mean Fmax (N) values showed a statistically significant difference (p<0,001). The value obtained with Ceramica S and Nova Compo-B Plus differed from all other primer groups and was higher (p<0,001). The value obtained with Clearfil Ceramic Primer Plus also differed from the other groups (p<0,001). The Fmax (N) values obtained in the control group and Kerr Silane Primer groups were similar (p<0,001).

Conclusions: Within the current limitations, it can be concluded that the application of self-adhesive resin cement without any primer or a primer without MDP is not sufficient to improve the bond strength to the zirconia ceramic surface. Primers or adhesives containing MDP and applied after sandblasting appear to be an ideal option for bonding to zirconia.

Keywords: Primer, Universal Adhesive, Zirconia

GİRİŞ

Son yıllarda diş hekimliğinde artan estetik ihtiyaçlar, metal-seramik restorasyonların yerine metal içermeyen tam seramik restorasyonlara odaklanılmasına yol açmıştır. Tam seramik restorasyonlar yüksek estetik gereksinim duyulan klinik durumlarda metal seramik restorasyonlara kıyasla daha etkili bir yöntemdir. İtiryumla stabilize edilmiş zirkonya (Y-TZP), yüksek kırılma dayanımı ve kimyasal kararlılığı nedeniyle günümüzde en sık kullanılan materyallerden biridir. Giderek daha önemli bir rol üstlenen Y-TZP seramikler kök postları, implant abutmentleri veya indirekt seramik restorasyonlar gibi çok çeşitli klinik uygulamalar sunmaktadır.^{1,2} 700-1200 MPa eğilme mukavemeti, 2000

N'dan fazla kırılma direnci ve 7-10 MPa kırılma tokluğu ile diğer yüksek mukavemetli seramiklere kıyasla en uygun mekanik özelliklere sahiptir.³⁻⁶ Bununla birlikte, klinik uygulamalarda sadece materyalin dayanıklılığı değil, restorasyonun simantasyonu da oldukça etkin rol oynar. Simanın hem diş dokularına hem de restoratif materyale adezyonu, restorasyonların uzun vadeli başarısı için kritik öneme sahiptir.⁷

Y-TZP zirkonya seramiklerin, aside dayanıklı ve silika içermeyen polikristalin yapısı nedeniyle resin simanlara bağlantısı zordur.⁸ Hidroflorik asit ile pürüzlendirme ve silan uygulaması yalnızca cam seramik materyallere bağlanma için etkili olurken bu teknikler Y-TZP

Gönderilme Tarihi/Received: 11 Ağustos, 2023

Kabul Tarihi/Accepted: 2 Ekim, 2023

Yayınlanma Tarihi/Published: 26 Nisan, 2024

Atıf Bilgisi/Cite this article as: Demir N, Öztürk SN, Çebi TÜYSÜZ Ç, Subaşı MG. Farklı Primerlerin ve Universal Adezivin, Zirkonya ve Self Adeziv Resin Siman Arasındaki Makaslama Bağlanma Dayanımı Üzerine Etkisi. Selcuk Dent J 2024;11(1): 10-16 Doi: 10.15311/selcukdentj.1341590

Sorumlu yazar/Corresponding Author: Sema Nur ÖZTÜRK

E-mail: semanrozturk@gmail.com

Doi: 10.15311/selcukdentj.1341590

seramikler için yetersiz kalmıştır.⁹ Zirkonya restorasyonların bu bağlanma problemini çözmek için mekanik ve kimyasal yaklaşımlarla alternatif yüzey işlemleri yöntemleri denenmiştir. Bu yaklaşımlar, döner aletle pürüzlendirme, kumlama, lazer ile pürüzlendirme, selektif infiltrasyon asitleme ve 10-metakriloksidesil dihidrojen fosfat (MDP) gibi asidik yapışkan monomerlerle primer uygulanmasından oluşur.^{10, 11} Kumlama zirkonya seramikler için en çok tercih edilen yüzey pürüzlendirme yöntemidir.^{12,13} Bu yöntem yüzey enerjisini ve ıslanabilirliği artırır ancak zirkonya yüzeyinde mikroçatlaklar oluşturarak seramiği zayıflatabilir. Bununla birlikte, rezin simanın kumlama ile oluşturulan küçük yüzey kusurlarını iyileştirdiği ve seramiği güçlendirdiği gösterilmiştir.¹³

Adeziv bağlama sistemlerinin türleri ve kimyasal bileşimleri, farklı yüzeylerde kimyasal bağlanma başarısını ve dolayısıyla bağ dayanıklılığını da etkiler.¹⁴⁻¹⁶ Sonuç olarak, kimyasal bağlanma sağlamak için primer veya adeziv seçimi yapılandırılacak restoratif materyale bağlıdır, yani silika bazlı seramiklerin yapıştırılmasında kullanılan adezivler zirkonya seramik için kullanılanlardan farklıdır. Silika bazlı seramikler, yüzeylerine bağlanmak için bir silan bağlama maddesi gerektirir.¹⁷⁻¹⁹ Silanın silanol grubu, silikat-seramik yüzeyin hidroksil grubu ile bağlanır.²⁰ Silanlar zirkonyaya dayanıklı kimyasal bağlanma sağlayamazken, zirkonya seramiği kimyasal bağlanma için 10-metakriloksidesil-dihidrojenfosfat (MDP) gibi bir fosfat monomeri gerektirir.^{13, 16, 17, 21} MDP ve zirkonya arasındaki güçlü kimyasal bağ, MDP'nin fosfat ester grubu ile zirkonya yüzeyindeki hidroksil grupları arasındaki kimyasal etkileşim sayesinde gerçekleşir.²⁰⁻²² MDP ve bisfenol-A-diglisidil-metakrilat içeren bir primer uygulandığında (bis-GMA), MDP'nin metakrilat grubu, yapıştırma simanının rezin matrisine bağlanır.²² Bu nedenle, MDP içeren primer kullanımı, bis-GMA rezin simanlarının zirkonyaya bağlanma gücünü artırabilir.^{23, 24}

Çok çeşitli primerlerin varlığı, klinisyenlerin belirli klinik durumlar için doğru sistemi seçmesini zorlaştırmaktadır. Basitleştirilmiş bir strateji izlenerek, birden fazla restoratif materyalle kullanılmak üzere yeni universal adezivler geliştirilmiştir. Bileşimlerinde hem silan hem de fosforik monomerler bulunur. Bu tür kimyasal ajanlar silika ve/veya metalik oksitlere dayalı yüzeylere yapışmayı teşvik edebilir. Bu yaklaşım hem zirkonya hem de porselen yüzeylere bağlanmak için tek bir ajan kullanılabilirliğinden, veneerli zirkonya kronlardaki onarımlar için özellikle ilginçtir.²⁵

Çok aşamalı resin siman kullanma tekniği zaman alıcı ve karmaşık olduğundan, son zamanlarda self adeziv resin simanlar geliştirilmiştir. Self adeziv resin simanların klinik kullanımındaki artışa rağmen, en güvenilir tekniği belirlemek için Y-TZP restorasyonların adeziv simantasyonu ile ilgili daha fazla kanıt gereklidir. Bununla birlikte, yeni geliştirilen zirkonya primerler ve self adeziv resin simanlarla zirkonya seramiklere makaslama bağlanma dayanımı hakkında veri eksikliği vardır.²⁶

Son yıllarda üreticiler farklı adeziv monomerler içeren çeşitli yapıştırma ajanları geliştirmişlerdir. Mevcut primerlerin ve adezivlerin çok çeşitli olması, klinisyenlerin belirli klinik durumlar için doğru sistemi seçmesini zorlaştırmaktadır.²⁵ Primer ve adeziv karşılaştırmalarını rapor eden az sayıda çalışma mevcuttur. Bu çalışmanın amacı, alüminyum oksit partikülleriyle kumlama sonrası kullanılan farklı primerlerin ve universal adezivin, termal yaşlandırma sonrasında zirkonya ile self adeziv resin siman arasındaki makaslama bağlanma dayanımı üzerindeki etkisini değerlendirmektir. Çalışmamızın sıfır hipotezi, zirkonyaya farklı primer/adeziv uygulamalarının siman bağlantısını etkilemeyeceğidir.

GEREÇ VE YÖNTEMLER

Makaslama bağlanma dayanımı için test materyali olarak itriyumla stabilize edilmiş zirkonyum dioksit (Vita YZ HT, Vita Zahnfabrick, Bad Sackingen, Almanya) kullanılmıştır. Çalışmamızda kullanılan materyaller Tablo 1'de gösterilmiştir.

Tablo 1. Bu çalışmada kullanılan materyaller ve içerik bilgileri.

Marka	İçerik	Üretici	Lot Numarası
Vita YZ HT	3Y-TZP	Vita Zahnfabrick, Bad Sackingen, Germany	56880
Silane Primer	Ethanol, (1-methylethylidene)bis[4,1-phenyleneoxy(2-hydroxy-3,1-propanediyl)] bismethacrylate, Poly(oxo-1,2-ethanediyli), α, α' -(1-(1-methylethylidene)di-4,1-phenylene)bis[ω -[(2-methyl-1-oxo-2-propen-1-yl)oxy], 2,2'-ethylenedioxydiethyl dimethacrylate, 3-trimethoxysilylpropyl methacrylate	Kerr, ABD	8566336
Ceramica-S	Ethanol, 3-trimethoxysilylpropyl methacrylate	Imicryl, Konya, Türkiye	-
Nova Compo-B Plus	Bis-GMA, HEMA, ethanol, 10-MDP, 4-META, silanated nano silica, initiators, water	Imicryl, Konya, Türkiye	NBP01
Clearfil Ceramic Primer Plus	MDP, g-MPTS, ethanol	Kuraray, Chiyoda, Tokyo, Japonya	3P0053
Nova Resin Cement	dimethacrylates and acid acrylates, barium glass, silicon dioxide, fluoroalumina silicate, catalysts and stabilizers.	Imicryl, Konya, Türkiye	23A724
Al ₂ O ₃ kum	%99.5 Alüminyumoksit	Renfert, Almanya	2177995

Pre-sinterize CAD/CAM zirkonya bloklardan 20 adet dörtgen örnek hassas kesme cihazında (Isomet 1000, Buehler, Lake Bluff, IL, ABD) su soğutması altında elmas separe (Buehler Diamond Wafering Blade, Series 15 LC, Buehler, ABD) kullanılarak hazırlanmıştır. Örnekler bir sinterizasyon fırınında (Protherm PLF 110/6, Protherm Furnaces, Ankara, Türkiye) son boyutları 2 mm x 11 mm x 11 mm olacak şekilde sinterlenmiştir. Zirkonya seramik örnekler makaslama testinin uygulanabilmesi için, Universal test cihazına (Instron Crop., Norwood, MA, ABD) uygun olacak şekilde, 25 mm yüksekliğinde ve 20 mm çapında silikon kalıplar kullanılarak işlem uygulanacak yüzeyi açıkta olacak şekilde kimyasal polimerize olan akrilik rezin içerisine (IQ-15, Imicryl, Konya, Türkiye) gömülmüştür. Yüzeylere sırasıyla 600, 800, 1000 ve 1200 gritlik silikon karbid aşındırıcı kâğıtlar (3M Wetordry, TriMite, Minnesota, ABD) ile su soğutması altında zımpara ve parlatma cihazında (BrightWAY, MTC Metalurji, Türkiye) zımpara yapılmıştır. Daha sonra örnekler, ultrasonik temizleme cihazında (Ultrasonic Cleaner, Hangzhou, Çin) 10 dakika boyunca distile su ile temizlenmiştir. Tüm zirkonya seramik örneklerin yüzeyine 50 μ m Al₂O₃ partikülleri (Renfert, Almanya) ile 2.5 bar basınç altında, 10 mm mesafeden 20 saniye boyunca yüzey pürüzlendirme işlemi uygulanmıştır. Ardından yüzeyde kalan alüminyum oksit partiküllerinin uzaklaştırılabilmesi için örnekler 10 dakika boyunca distile su içerisinde ultrasonik temizleme cihazı ile tekrar temizlenmiştir. Hazırlanan örnekler farklı primer ve adeziv uygulamalarına göre 4 alt gruba ayrılmıştır (n=5).

Kontrol: Herhangi bir primer veya universal adeziv uygulanmamıştır.

Kerr Silane Primer (Negatif Kontrol): MDP içeriği bulunmayan seramik primeri (Silane Primer, Kerr, ABD) bir bond fırçası (Flexible Bond Fırçası RLN37, Imicryl, Konya, Türkiye) yardımı ile 10 sn boyunca uygulanmış, 60 sn bekletilmiş ve hava ile 5 sn kurutulmuştur.

Ceramica-S ve Nova Compo-B Plus: Üretici firmanın talimatları doğrultusunda Ceramica-S primer (Imicryl, Konya, Türkiye) ve Nova Compo-B Plus universal adeziv (Imicryl, Konya, Türkiye) birer damla karıştırılarak bond fırçası (Flexible Bond Fırçası RLN37, Imicryl, Konya, Türkiye) yardımı ile 30 sn boyunca uygulanmış ve 10 sn LED ışık cihazı (Valo, LED, Ultradent Products Inc, ABD) ile polimerize edilmiştir.

Clearfil Ceramic Primer Plus: Üretici firma talimatlarına göre Clearfil Ceramic Primer Plus (Kuraray, Chiyoda, Tokyo, Japonya) bond fırçası (Flexible Bond Fırçası RLN37, Imicryl, Konya, Türkiye) yardımı ile 10 sn boyunca yüzeye uygulanmış, 60 sn bekletilmiş ve 5 sn hava ile kurutulmuştur.

Yüzey uygulamalarını takiben iç çapı 5 mm yüksekliği 3 mm olan ikiye ayrılabılır teflon aparey kullanılarak self adeziv resin siman (Nova Resin, Imicryl, Konya, Türkiye) uygulanarak ve LED ışık cihazı (Valo, LED, Ultradent Products Inc, ABD) kullanılarak polimerize edilmiştir. Daha sonra örnekler 5 \pm 2°C ve 55 \pm 2°C olan ısı banyolarında 5000 devir termal döngü işlemine (Nova, Konya, Türkiye) tabi tutulmuştur. Makaslama bağlanma dayanımı testi öncesi örnekler 37°C sıcaklıkta distile su içerisinde etüv cihazında (Nüve inkübatör EN 120) 24 saat

boyunca bekletilmiştir. Örneklere universal test cihazında (Instron Crop., Norwood, MA, ABD) 1 mm/dk hız ile makaslama bağlanma dayanımı testi uygulanmıştır. Kırılma esnasındaki kuvvet ölçülmüş ve belirtilen formül yardımıyla MPa birimine dönüştürülmüştür: Stress (MPa) = Kırılma Kuvveti (N)/Yüzey Alanı (mm²). Çalışmamızda kullanılan materyaller ve içerik bilgileri Tablo 1 de gösterilmiştir.

İstatistiksel Analiz

Veriler IBM SPSS V23 ile analiz edildi. Normal dağılıma uygunluk Shapiro-Wilk Testi ile incelendi. Yüzey işlemlerine göre normal dağılım gösteren Fmax (N) ve Mpa değerlerinin karşılaştırılmasında Tek Yönlü Varyans Analizi kullanıldı ve çoklu karşılaştırmalar Tukey HSD Testi ile yapıldı. Analiz sonuçları ortalama ± standart sapma ve ortanca (minimum - maksimum) şeklinde sunuldu. Önem düzeyi p<0.050 olarak alındı.

BULGULAR

Farklı primer ve adeziv kullanımına göre Fmax (N) ortalama değerleri istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık göstermiştir (p<0.001). Ceramica S ve Nova Compo-B Plus ile elde edilen makaslama bağlanma dayanımı ortalama değer 242.2 N, Clearfil Ceramic Primer Plus ile 156.2 N, kontrol grubu ile 90.4 N ve Kerr Silane Primer ile 95.4 N olarak elde edilmiştir. Burada Ceramica S ve Nova Compo-B Plus ile elde edilen değer diğer tüm primer gruplarından farklılık göstermiştir ve daha yüksektir (p<0.001). Clearfil Ceramic Primer Plus ile elde edilen değer de diğer gruplardan farklılık göstermiştir (p<0.001). Kontrol grubu ve Kerr Silane Primer gruplarında elde edilen Fmax (N) değerleri benzerlik göstermektedir (p>0.001).

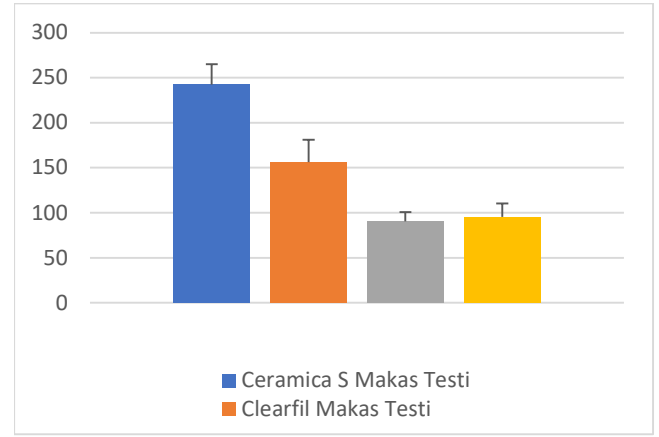
Farklı primer ve adeziv kullanımına göre MPa ortalama değerleri istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık göstermiştir (p<0.001). Ceramica S ve Nova Compo-B Plus ile elde edilen ortalama değer 12.34 MPa, Clearfil Ceramic Primer Plus ile 8.16 MPa, kontrol grubu ile 4.6 MPa ve Kerr Silane Primer ile bu değer 4.86 MPa olarak elde edilmiştir. Burada Ceramica S ve Nova Compo-B Plus grubunda elde edilen değer diğer tüm primer gruplarından farklılık göstermiştir ve daha yüksektir (p<0.001). Clearfil Ceramic Primer Plus ile elde edilen değer diğer tüm gruplardan farklılık göstermiştir (p<0.001). Kontrol grubu ve Kerr Silane Primer gruplarında elde edilen MPa değerleri benzerlik göstermektedir (p>0,001). Elde edilen Fmax ve MPa değerlerinin ortalama ± s. sapma, ortanca (minimum - maksimum) değerleri ve gruplar arası farklılıklar Tablo 2'de sunulmuştur.

Tablo 2. Yüzey işlemlerine göre Fmax (N) ve MPa değerlerinin karşılaştırılması.

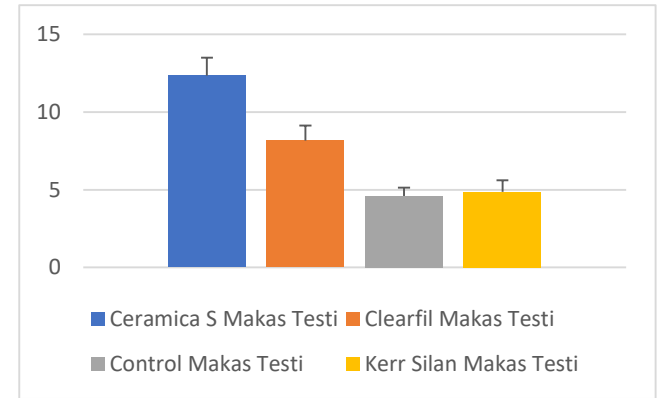
	Primer ve Adeziv				Test ist	p*
	Ceramica S ve Nova Compo-B Plus	Clearfil Ceramic Primer Plus	Kontrol	Kerr Silane Primer (Negatif Kontrol)		
Fmax (N)	242,2 ± 22,9 ^a	156,2 ± 24,91 ^b	90,4 ± 10,26 ^c	95,4 ± 14,81 ^c	68,097	<0,001
	232 (218 - 270)	153 (123 - 185)	95 (77 - 100)	95 (75 - 114)		
MPa	12,34 ± 1,17 ^a	8,16 ± 0,98 ^b	4,6 ± 0,53 ^c	4,86 ± 0,75 ^c	82,513	<0,001
	11,82 (11,11 - 13,76)	7,79 (7,27 - 9,43)	4,84 (3,92 - 5,09)	4,84 (3,82 - 5,8)		

*Tek Yönlü Varyans Analizi; Ortalama ± standart sapma; Ortanca (minimum - maksimum); a-c: Aynı harfe sahip gruplar arasında bir fark yoktur

Elde edilen makaslama bağlanma dayanımı ve standart sapma değerlerinin grafiği Şekil 1 ve Şekil 2'de verilmiştir.



Şekil 1. Farklı primer ve adeziv uygulamasına göre Fmax (N) ve standart sapma değerleri.



Şekil 2. Farklı primer ve adeziv uygulamasına göre MPa ve standart sapma değerleri.

TARTIŞMA

Bu çalışmada, Y-TZP seramik üzerinde kullanılan self adeziv resin simanın makaslama bağlanma dayanımı üzerinde farklı primerlerin ve universal adezivin etkisi araştırılmıştır. Sonuçlar, bağlanmanın farklı içerikli primerler ve universal adeziv uygulamasından önemli ölçüde etkilendiğini ve kumlama ile universal adeziv kombinasyonunun en iyi sonucu gösterdiğini ortaya koymuştur. Zirkonya yüzeyinde farklı primer/adeziv uygulamalarının bağlanma dayanımını değiştirmesi sebebiyle, çalışmamızın sıfır hipotezi reddedilmiştir.

Yüksek dayanımlı zirkonya seramikler diş hekimliğinde yaygın olarak kullanılmaktadır. Zirkonya seramiklerin marjinal adaptasyonunu, retansiyonunu ve kırılma direncini artırmak için bu restorasyonlarda resin siman kullanılması önerilmektedir.³ Zirkonya restorasyonların klinik başarısı büyük ölçüde simantasyon işlemine bağlıdır ve zirkonya seramikler için en etkili bağlanma materyalini bulmaya yönelik çalışmalar devam etmektedir.

Çalışmamızda seramik yüzeyler alüminyum oksit partikülleri ile pürüzlendirilmiştir. Al₂O₃ kumu ile pürüzlendirme, alümina ve zirkonya seramikler gibi yüksek mukavemetli seramik materyaller için tercih edilen yüzey işlemi yöntemi olarak önerilmiştir.^{13,27,28} Kumlama işlemi seramik üzerinde pürüzlü bir yüzey oluşturur ve yüzeyde düzensizlikler meydana getirir,²⁹ bu da resinin mikromekanik kenetlenmesini teşvik eder. Bu yüzey alanı bağlanma, yüzey enerjisi ve ıslanabilirlik için yüzey alanını artırabilir,¹³ böylece polimerin (rezin kompozit) yüzeye akmasına izin verir.³⁰ Bu çalışmanın sonuçları, Al₂O₃ partikülleri ile kumlanarak aşındırılmış zirkonyum dioksit seramik restorasyonlara MDP içeren bir adeziv/primer bağlayıcı ajan karışımının uygulanmasının üstün bir makaslama bağlanma dayanımı sağlayabileceğini gösteren çalışmalarla uyumludur.^{3,31} Bu sonuçlar, adeziv/primer ajan karışımı ve kimyasal bağlanmanın varlığı nedeniyle pürüzlü zirkonya yüzeyinin ıslanabilirliğinin artması ile açıklanabilir. Ayrıca, bazı

yazarlar MDP içeren bir rezin siman ve MDP içeren bir adeziv/primer bağlayıcı ajan karışımının kumlamayla aşındırılmış zirkonya ve alüminyum oksit seramik restorasyonlara güçlü bir rezin bağlantısı sağladığını bildirmiştir.³

Çalışmamızın sonuçlarına göre zirkonya seramik yüzeylerine MDP içerikli primer ve adeziv uygulaması, makaslama bağlanma dayanımlarını kontrol ve negatif kontrol gruplarına kıyasla önemli ölçüde iyileştirmiştir. Spesifik primerler veya universal adezivler ile zirkonya arasındaki bağlantı, organofosfat monomerlerinin (10-MDP) zirkonya yüzeyindeki hidroksil grupları ile etkileşimine dayanır.³² MDP moleküllerindeki fonksiyonel fosfat ester grubu doğrudan zirkonya yüzeyine bağlanır.³³ Önceki çalışmalar da MDP bazlı yapıştırma ajanlarının kullanımının zirkonya yüzeylerine yüksek bağlanma gücü ile sonuçlandığını göstermiştir.³⁴⁻³⁶ Inokoshi ve Van Meerbeek, 10-MDP içeren primer kullanımının, zirkonyaya başka bir primer uyguladığı veya hiçbir kimyasal ön işlem yapılmadığı durumlara kıyasla daha yüksek bir öngörülebilir bağlanma mukavemeti ortaya çıkardığını doğrulamıştır.³⁷ Primerlerdeki fosfat monomerlerinin varlığı, zirkonya yüzeyine kovalent bağ oluşumuna ve foto aktivasyon ile rezin simanlardaki metakrilat gruplarına kopolimerizasyona izin verir.^{35, 38} Al₂O₃ partikülleri ile air abrazyon sonrası pürüzlendirilmiş yüzeyler ve primerler arasındaki etkileşim, zirkonya ve rezin siman arasındaki adezyonu geliştirmiştir. Bu sonuçlar, Al₂O₃ partikülleri ve primerler arasındaki pürüzlülük ve/veya kimyasal etkileşimdeki artıştan kaynaklanıyor olabilir, çünkü kontrol ve negatif kontrol grubu hariç kullanılan primerler ve universal adeziv daha önce açıklandığı gibi metalik oksitlere afinitesi olan MDP içermektedir. Geleneksel primer formülasyonu ve MDP'nin bağlanma mukavemeti üzerindeki etkilerini birbirinden ayırmak amacıyla benzer çalışmalarda olduğu gibi^{39, 40} MDP içermeyen bir primer olan Kerr Silane Primer, çalışmamız için negatif kontrol görevi görmüştür.

Laboratuvar testleri ve klinik sonuçları içeren oksit seramiklere bağlanma üzerine yakın zamanda yayınlanan sistematik bir literatür taraması, fosfat monomer içeren bir primer veya adeziv rezin ile Al₂O₃ partikülleri ile orta basınçta kumlanmanın klinik koşullar altında yüksek mukavemetli seramiklere uzun süreli dayanıklı bağlanma sağladığına dair güçlü klinik kanıtlar ortaya koymuştur.²² Bununla birlikte, yeni nesil universal bağlayıcı sistemler kullanılarak zirkonya seramiklere bağlanmanın uzun süreli dayanıklılığına ilişkin veriler literatürde nadirdir.^{17,41} Bonding sistemleri diş hekimliğinde tekniğe çok duyarlıdır ve dental piyasada metal alaşımlar, silikat seramikler veya zirkonya seramikler gibi farklı dental materyaller için çok çeşitli farklı bağlayıcı ajanlar mevcuttur. Üreticiye göre universal bağlayıcı sistemler, farklı dental materyaller için kullanılabilir ve mineye olduğu kadar dentine de bağlanabilir.^{42, 43} Zirkonya seramiğin nasıl başarılı bir şekilde yapıştırılabileceği birçok farklı araştırmadan zaten bilinmesine rağmen, klinisyenlerin universal bağlayıcı sistemlerinin zirkonya seramik için de geçerli olup olmadığını öğrenmeleri çok önemlidir. Çalışmamızın sonuçlarına göre en yüksek makaslama bağlanma dayanımı değerleri universal adeziv kullanılan grupta elde edilmiştir. Kimyasal adezyon tekniklerinin etkinliğiyle ilgili olarak çalışmamızın sonuçları, Seabra ve arkadaşları tarafından bildirilen sonuçlarla tutarlıdır; bu çalışmada, yeni multimod MDP içeren adezivlerin, seramik primerlere kıyasla, kompozit rezin ve zirkonya arasındaki bağlanmayı arttırmak için etkili bir şekilde kullanılabilmesi sonucuna varılmıştır.⁴⁴ Ural ve arkadaşları, farklı primerler ve bir adeziv kullanarak rezin simanın zirkonya yüzeyine bağlanma gücü üzerindeki etkisini test etmiştir. Elde ettikleri sonuçlar, en yüksek makaslama bağlanma dayanımı değerlerinin bonding ajan ile elde edilmesi bakımından çalışmamız ile kısmen uyumludur, ancak bu bulgu çalışmamızda olduğu gibi yapay yaşlandırma koşulları altında elde edilmemiştir.⁴⁵ Universal adeziv ve zirkonya primerinin, zirkonya seramiklerde makaslama bağlanma dayanımının incelendiği başka bir çalışmada da universal adeziv kullanımı, primer kullanımına kıyasla bağlanma dayanımını önemli ölçüde arttırmıştır.⁴⁶ Çelik ve arkadaşları, zirkonya tamerinde universal adeziv kullanımının primer kullanımına kıyasla daha etkili olduğunu bildirmiştir.⁴⁷ Kim ve arkadaşları, MDP içerikli universal adezivlerin, yine MDP içerikli primer kullanımına göre zirkonyaya bağlanma dayanımını arttırdığı sonucuna varmıştır. Bunun sebebini, universal adezivlerin rezin simanın daha kolay akmasını sağlayabilecek ve rezin simanla kopolimerize olarak arayüzey tabakasını güçlendirebilecek rezin yapıştırıcı bileşenlere sahip olmasına bağlamışlardır.³⁹ Lima ve arkadaşları tarafından yapılan bir sistematik derlemenin sonucuna göre universal adezivler,

konvansiyonel zirkonya primerlerine kıyasla zirkonya seramiklerde daha yüksek bağlanma dayanımı sağlamaktadır.⁴⁸ Başka çalışmalarda da, universal adezivlerin bağlanma gücü açısından zirkonyaya özgü primerlere iyi bir alternatif olduğu gösterilmiştir.^{17, 25, 49-52}

Universal adeziv, mikroskobik yapısını değiştirmeden zirkonyaya bağlanma gücünü mükemmel şekilde artırabilir. Universal adezivin üstünlüğü, çok çeşitli yüzeyler için kullanılabilmesi ve yapıştırılan yüzeylerin uygun olmayan şekilde hazırlanması riskini ortadan kaldırmasıdır. Ayrıca, uygulama kolaylığı sayesinde klinik prosedürlerde tercih edilebilir ve kırık yüzeylerin onarımı için de kullanılabilir. Böylece, primerlere uygun bir alternatif olarak hizmet edebilir.⁴⁶

Adeziv uygulamalarının uzun vadeli etkinliğini daha iyi değerlendirmek için numuneler, her biri 30 saniye boyunca 5 °C ve 55 °C'de dönüşümlü distile su banyolarını içeren bir termal döngü prosedürüne tabi tutulmuştur. Termal döngü genellikle bir kompozitin hızlı yaşlanmasına neden olmak için kullanılır; yüksek ve düşük sıcaklık banyoları arasında geçiş yapmak kompozitin genleşmesine ve büzülmesine neden olur, bu da ağızdaki yaşlanma koşullarını simüle ederek yapıştırıcı arayüzüne stres uygular. Bu nedenle, termal döngü, rezin kompozit ve zirkonyanın ara yüzey tabakasına su difüzyonu nedeniyle bağlanmanın hidrolitik bozulmasına neden olur ve rezin yapıştırma ajanlarının zirkonyaya bağlanma gücünü azaltır.^{13, 53, 54} Yaşlandırma koşulları ile ilgili olarak Özcan ve Bernasconi, zirkonyaya bağlanmanın stabilitesini test etmek için en az 5000 döngü boyunca termal döngü yoluyla yaşlandırmanın benimsenmesi gerektiğini belirtmiştir.⁷ Bu çalışmada, in vivo işleyişi simüle etmek için 5000 döngü gerçekleştirilmiştir. Resin bazlı materyallerin dental seramiklere bağlanma dayanımının değerlendirilmesi için makaslama, çekme ve mikrotensil testleri gibi çeşitli test metodolojileri önerilmiştir.⁵⁵ Her test yönteminin kendine özgü avantaj ve dezavantajları vardır.⁵⁵ Makaslama bağlanma dayanımı test yönteminin bazı avantajları arasında numune hazırlama ve test protokolünün kolaylığı ve test sonuçlarının hızlı bir şekilde üretilmesi yer almaktadır ve seramik malzemeler üzerindeki bağ dayanımını değerlendirmek için çeşitli çalışmalarda kullanılmıştır.^{56,57} Bu çalışmada, makaslama bağlanma dayanımı testi kullanılmıştır.

Bu çalışmanın bazı limitasyonları bulunmaktadır. Kumlama işlemi, mikro çatlaklar oluşturarak zirkonyanın mekanik özelliklerinde olumsuz değişikliklere neden olabilir ve Y-TZP'nin faz dönüşümünü tetikleyebilir. Bağlanma dayanımı, yüzey temas alanını artıran bu yöntemden önemli ölçüde etkilenmesine rağmen, bu çalışmada XRD analizi ile zirkonyanın faz dönüşümü incelenmemiştir. Faz dönüşümünün zirkonya seramikler üzerindeki uzun vadeli etkileri hala daha fazla araştırma gerektirmektedir. Ayrıca, termal döngü haricinde mekanik streslerin zirkonya üzerindeki adezyona etkisi değerlendirilmemiştir. Diğer ticari silanlar ve metal primerlerin yüzey hazırlığı yapılarak veya yapılmadan uygulandığı daha fazla araştırmaya ihtiyaç vardır. Universal adeziv kullanımı ile sağlanan rezin simana ve seramik bağlantısının dayanıklılığı uzun süreli çalışmalarla değerlendirilmelidir. Ayrıca, universal adezivlerin seramik restorasyonların kompozit rezin ile onarımındaki etkinliği araştırılabilir. Bu çalışmanın klinik anlamı, zirkonya seramik ile rezin siman arasındaki bağlanma gücünün seramik yüzey işleminden etkilendiği ve bunun da primerlerin ve adezivlerin kimyasal yapısına bağlı olduğudur.

SONUÇ

Mevcut limitasyonlar dahilinde, self adeziv rezin simanın herhangi bir primer uygulaması olmaksızın kullanılabilirliği üretici talimatlarına göre uygun görülse de çalışmamız neticesinde MDP içeren bir primer ya da dental adeziv uygulamasının zirkonya seramik yüzeyine bağlanma gücünü arttırmak için gerekli olduğu sonucuna varılmıştır. Kumlama yöntemi ile primer ve universal adezivin birlikte kullanımı, zirkonya seramikler ve self adeziv rezin simanlar arasında güçlü ve dayanıklı bir bağ elde etmek için güvenilir bir yöntem olarak görülmüştür. MDP içeren primerler, rezin simanların zirkonya seramiğe bağlanmasını iyileştirmede etkili olmuştur. Primer olmadan, rezin simanın zirkonya seramiğe bağlanma dayanımı oldukça düşük bulunmuştur. Bu çalışmanın sonucuna göre yeni universal adezivler, geleneksel bağlanma tekniklerine bir alternatif olarak düşünülebilir. MDP fonksiyonel monomeri içeren universal adezivler, zirkonya restorasyonların simantasyonuna yönelik klinik prosedürü daha basit ve verimli hale getirmektedir.

Deęerlendirme / Peer-Review

İki Dış Hakem / Çift Taraflı Körlleme

Etik Beyan / Ethical statement

Bu makale, sempozyum ya da kongrede sunulan bir teblięin içeriği geliřtirilerek ve kısmen deęiřtirilerek üretilmemiřtir.

Bu çalışma, yüksek lisans ya da doktora tezi esas alınarak hazırlanmamıştır.

Bu çalışmanın hazırlanma sürecinde bilimsel ve etik ilkelere uyulduğu ve yararlanılan tüm çalışmaların kaynakçada belirtildiği beyan olunur.

This article is not the version of a presentation.

This article has not been prepared on the basis of a master's/ doctoral thesis.

It is declared that during the preparation process of this study, scientific and ethical principles were followed and all the studies benefited are stated in the bibliography.

Benzerlik Taraması / Similarity scan

Yapıldı - ithenticate

Etik Bildirim / Ethical statement

ethic.selcukdentaljournal@hotmail.com

Telif Hakkı & Lisans / Copyright & License

Yazarlar dergide yayınlanan çalışmalarının telif hakkına sahiptirler ve çalışmaları CC BY-NC 4.0 lisansı altında yayımlanmaktadır.

Finansman / Grant Support

Yazarlar bu çalışma için finansal destek almadığını beyan etmiştir. | The authors declared that this study has received no financial support.

Çıkar Çatışması / Conflict of Interest

Yazarlar çıkar çatışması bildirmemiştir. | The authors have no conflict of interest to declare.

Yazar Katkıları / Author Contributions

Çalışmanın Tasarlanması | Design of Study: ND (%80), MGS(%20)

Veri Toplanması | Data Acquisition: SNÖ(%90), ÇÇT(%10)

Veri Analizi | Data Analysis: SNÖ (%100)

Makalenin Yazımı | Writing up: ÇÇT(%60), SNÖ (%40)

Makale Gönderimi ve Revizyonu | Submission and Revision: SNÖ(%100)

REFERENCES

- Özcan M, Nijhuis H, Valandro LF. Effect of various surface conditioning methods on the adhesion of dual-cure resin cement with MDP functional monomer to zirconia after thermal aging. *Dental materials journal*. 2008;27(1):99-104.
- Yun J-y, Ha S-r, Lee J-b, Kim S-h. Effect of sandblasting and various metal primers on the shear bond strength of resin cement to Y-TZP ceramic. *Dental Materials*. 2010;26(7):650-8.
- Atsu SS, Kilicarslan MA, Kucukesmen HC, Aka PS. Effect of zirconium-oxide ceramic surface treatments on the bond strength to adhesive resin. *The Journal of prosthetic dentistry*. 2006;95(6):430-6.
- Phark J-H, Duarte Jr S, 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. *The Journal of prosthetic dentistry*. 2009;101(1):29-38.
- Hjerpe J, Vallittu PK, Fröberg K, Lassila LV. Effect of sintering time on biaxial strength of zirconium dioxide. *Dental materials*. 2009;25(2):166-71.
- Kim M-J, Ahn J-S, Kim J-H, Kim H-Y, Kim W-C. Effects of the sintering conditions of dental zirconia ceramics on the grain size and translucency. *The journal of advanced prosthodontics*. 2013;5(2):161-6.
- Özcan M, Bernasconi M. Adhesion to zirconia used for dental restorations: a systematic review and meta-analysis. *J Adhes Dent*. 2015;17(1):7-26.
- Chen L, Suh BI, Kim J, Tay FR. Evaluation of silica-coating techniques for zirconia bonding. *American journal of dentistry*. 2011;24(2):79-84.
- Kern M, Wegner SM. Bonding to zirconia ceramic: adhesion methods and their durability. *Dental materials*. 1998;14(1):64-71.
- Thompson JY, Stoner BR, Piascik JR, Smith R. Adhesion/cementation to zirconia and other non-silicate ceramics: where are we now? *Dental Materials*. 2011;27(1):71-82.
- Foxton RM, Cavalcanti AN, Nakajima M, Pilecki P, Sherriff M, Melo L, et al. Durability of resin cement bond to aluminium oxide and zirconia ceramics after air abrasion and laser treatment. *Journal of Prosthodontics: Implant, Esthetic and Reconstructive Dentistry*. 2011;20(2):84-92.
- Zandparsa R, Talua NA, Finkelman MD, Schaus SE. An in vitro comparison of shear bond strength of zirconia to enamel using different surface treatments. *Journal of prosthodontics*. 2014;23(2):117-23.
- Blatz MB, Sadan A, Martin J, Lang B. In vitro evaluation of shear bond strengths of resin to densely-sintered high-purity zirconium-oxide ceramic after long-term storage and thermal cycling. *The Journal of prosthetic dentistry*. 2004;91(4):356-62.
- Blatz MB, Sadan A, Kern M. Resin-ceramic bonding: a review of the literature. *The Journal of prosthetic dentistry*. 2003;89(3):268-74.
- El-Mowafy O. The use of resin cements in restorative dentistry to overcome retention problems. *Journal-Canadian Dental Association*. 2001;67(2):97-102.
- Kern M, Strub J. Bonding to alumina ceramic in restorative dentistry: clinical results over up to 5 years. *Journal of dentistry*. 1998;26(3):245-9.
- Azimian F, Klosa K, Kern M. Evaluation of a new universal primer for ceramics and alloys. *Journal of Adhesive Dentistry*. 2012;14(3):275.
- Chen L, Shen H, Suh BI. Effect of incorporating BisGMA resin on the bonding properties of silane and zirconia primers. *The Journal of Prosthetic Dentistry*. 2013;110(5):402-7.
- Kern M, Thompson VP. Bonding to glass infiltrated alumina ceramic: adhesive methods and their durability. *The Journal of Prosthetic Dentistry*. 1995;73(3):240-9.
- Palmer D, Barco M, Billy E. Temperature extremes produced orally by hot and cold liquids. *The Journal of prosthetic dentistry*. 1992;67(3):325-7.
- Passia N, Lehmann F, Freitag-Wolf S, Kern M. Tensile bond strength of different universal adhesive systems to lithium disilicate ceramic. *The Journal of the American Dental Association*. 2015;146(10):729-34.
- Kern M. Bonding to oxide ceramics—laboratory testing versus clinical outcome. *Dental Materials*. 2015;31(1):8-14.
- Braden M, Causton E, Clarke R. Diffusion of water in composite filling materials. *Journal of Dental Research*. 1976;55(5):730-2.
- Sailer I, Makarov NA, Thoma DS, Zwahlen M, Pjetursson BE. All-ceramic or metal-ceramic tooth-supported fixed dental prostheses (FDPs)? A systematic review of the survival and complication rates. Part I: Single crowns (SCs). *Dental Materials*. 2015;31(6):603-23.
- Amaral M, Belli R, Cesar PF, Valandro LF, Petschelt A, Lohbauer U. The potential of novel primers and universal adhesives to bond to zirconia. *Journal of dentistry*. 2014;42(1):90-8.
- Yi YA, Ahn JS, Park YJ, Jun SH, Lee IB, Cho BH, et al. The effect of sandblasting and different primers on shear bond strength between yttria-tetragonal zirconia polycrystal ceramic and a self-adhesive resin cement. *Operative dentistry*. 2015;40(1):63-71.
- Wolfart M, Lehmann F, Wolfart S, Kern M. Durability of the resin bond strength to zirconia ceramic after using different surface conditioning methods. *Dental Materials*. 2007;23(1):45-50.
- Awliya W, Odén A, Yaman P, B. Dennison J, E. Razzoog M. Shear bond strength of a resin cement to densely sintered high-purity alumina with various surface conditions. *Acta Odontologica Scandinavica*. 1998;56(1):9-13.
- Ozcan M, Alkumru O, Gemalmaz D. The effect of surface treatment on the shear bond strength of luting cement to a glass-infiltrated alumina ceramic. *International Journal of Prosthodontics*. 2001:335-9.
- Jennings C. Surface roughness and bond strength of adhesives. *The Journal of Adhesion*. 1972;4(1):25-38.
- Orm F. The effect of surface treatment on the shear bond strength of luting cement to a glass-infiltrated alumina ceramic. *The International Journal of Prosthodontics*. 2001;14(4):335-9.
- Comba A, Baldi A, Tempesta RM, Carossa M, Perrone L, Saratti CM, et al. Do Chemical-Based Bonding Techniques Affect the Bond Strength Stability to Cubic Zirconia? *Materials*. 2021;14(14):3920.
- Wegner SM, Kern M. Long-term resin bond strength to zirconia ceramic. *Journal of Adhesive Dentistry*. 2000;2(2).
- Takeuchi K, Fujishima A, Manabe A, Kuriyama S, Hotta Y, Tamaki Y, et al. Combination treatment of tribochemical treatment and phosphoric acid ester monomer of zirconia ceramics enhances the bonding durability of resin-based luting cements. *Dental materials journal*. 2010;29(3):316-23.
- Chen L, Suh BI, Brown D, Chen X. Bonding of primed zirconia ceramics: evidence of chemical bonding and improved bond strengths. *American journal of dentistry*. 2012;25(2):103-8.
- Akgungor G, Sen D, Aydin M. Influence of different surface treatments on the short-term bond strength and durability between a zirconia post and a composite resin core material. *Journal of Prosthetic Dentistry*. 2008;99(5):388-99.
- Inokoshi M, De Munck J, Minakuchi S, Van Meerbeek B. Meta-analysis of bonding effectiveness to zirconia ceramics. *Journal of dental research*. 2014;93(4):329-34.
- Chen L, Suh BI. Bonding of resin materials to all-ceramics: a review. *Curr Res Dent*. 2012;3(1):7-17.
- Kim J, Chae S, Lee Y, Han G, Cho B. Effects of multipurpose, universal adhesives on resin bonding to zirconia ceramic. *Operative dentistry*. 2015;40(1):55-62.
- Klaisiri A, Krajangta N, Thamrongananskul N. The durability of zirconia/resin composite shear bond strength using different functional monomer of universal adhesives. *European Journal of Dentistry*. 2022;16(04):756-60.
- Attia A, Kern M. Long-term resin bonding to zirconia ceramic with a new universal primer. *The Journal of prosthetic dentistry*. 2011;106(5):319-27.
- Yoshida Y, Yoshihara K, Nagaoka N, Hayakawa S, Torii Y, Ogawa T, et al. Self-assembled nano-layering at the adhesive interface. *Journal of dental research*. 2012;91(4):376-81.
- Perdigão J, Sezinando A, Monteiro PC. Laboratory bonding ability of a multi-purpose dentin adhesive. *American journal of dentistry*. 2012;25(3):153.
- Seabra B, Arantes-Oliveira S, Portugal J. Influence of multimode universal adhesives and zirconia primer application techniques on zirconia repair. *The Journal of prosthetic dentistry*. 2014;112(2):182-7.

45. Ural Ç, Külünk T, Külünk Ş, Kurt M, Baba S. Determination of resin bond strength to zirconia ceramic surface using different primers. *Acta Odontologica Scandinavica*. 2011;69(1):48-53.
46. Omid BR, Yeganeh PK, Oveisi S, Farahmandpour N, Nouri F. Comparison of micro-shear bond strength of resin cement to zirconia with different surface treatments using universal adhesive and zirconia primer. *Journal of Lasers in Medical Sciences*. 2018;9(3):200.
47. Celik G, Ismatullaev A, Sari T, Usumez A. Comparison of the effectiveness of bonding composite to zirconia as a repair method. *International Journal of Applied Ceramic Technology*. 2016;13(2):405-11.
48. Lima RBW, Silva AF, da Rosa WLdO, Piva E, Duarte RM, De Souza GM. Bonding Efficacy of Universal Resin Adhesives to Zirconia Substrates: Systematic Review and Meta-Analysis. *The Journal of Adhesive Dentistry*. 2023;25(1):51-62.
49. Dos Santos RA, de Lima EA, Mendonça LS, de Oliveira JE, Rizuto AV, de Araújo Silva Tavares ÁF, et al. Can universal adhesive systems bond to zirconia? *Journal of Esthetic and Restorative Dentistry*. 2019;31(6):589-94.
50. Hajjaj MS, Barboud HM, Almashabi HK, Alzahrani SJ, Abu Haimed TS, Alnoury AS, et al. Evaluation of Different Priming Agents with Conventional and Bioactive Self-Adhesive Resin Cements on Shear Bond Strength to Zirconia. *Applied Sciences*. 2023;13(14):8369.
51. Şahan MH, Peşkersoy C, Kümbüloğlu Ö, Türkün M. Effect of different adhesive systems and silane application on shear bond strength of resin cement to indirect restorations. *Journal of Dental Materials & Techniques*. 2023;12(2):104-10.
52. Moradi Z, Akbari F, Valizadeh S. Effects of universal adhesive on shear bond strength of resin cement to zirconia ceramic with different surface treatments. *International Journal of Dentistry*. 2021;2021.
53. Lung CYK, Matinlinna JP. Aspects of silane coupling agents and surface conditioning in dentistry: an overview. *Dental materials*. 2012;28(5):467-77.
54. Matinlinna JP, Lassila LV. Experimental novel silane system in adhesion promotion between dental resin and pretreated titanium. Part II: Effect of long-term water storage: Rapid communication. *Silicon*. 2010;2:79-85.
55. Valandro LF, Özcan M, Amaral R, Vanderlei A, Bottino MA. Effect of testing methods on the bond strength of resin to zirconia-alumina ceramic: microtensile versus shear test. *Dental materials journal*. 2008;27(6):849-55.
56. Magne P, Paranhos MP, Burnett Jr LH. New zirconia primer improves bond strength of resin-based cements. *Dental materials*. 2010;26(4):345-52.
57. Piascik JR, Swift EJ, Braswell K, Stoner BR. Surface fluorination of zirconia: adhesive bond strength comparison to commercial primers. *Dental Materials*. 2012;28(6):604-8.