

Termal Olmayan Plazma Uygulamalarının Monolitik Zirkonya ile Rezin Siman Arasındaki Makaslama Bağlanma Dayanımına Etkisi

Tuba Yılmaz Savaş(0000-0002-6516-276X)^α, Ceyda Akın(0000-0001-9704-3100)^β

Selçuk Dent J, 2022; 9: 458-464 (Doi: 10.15311/selcukdentj.1133680)

Başvuru Tarihi: 21 Haziran 2022
Yayına Kabul Tarihi: 25 Temmuz 2022

ÖZ

Termal Olmayan Plazma Uygulamalarının Monolitik Zirkonya ile Rezin Siman Arasındaki Makaslama Bağlanma Dayanımına Etkisi

Amaç: Bu çalışmanın amacı, farklı plazma tipleri (argon ve oksijen), primer ve kumlama uygulamalarının monolitik zirkonya ile self-adheziv rezin siman arasındaki makaslama bağlanma dayanımına etkisinin incelenmesidir.

Gereç ve Yöntemler: Elli adet monolitik zirkonya disk hazırlandı ve sinterlendi. Zirkonya diskler uygulanacak yüzey işlemine göre rastgele beş gruba ayrıldı: Kontrol (herhangi bir yüzey işlemi uygulanmadı), Kumlama (50 µm Al₂O₃ ile kumlama), Primer (universal seramik primer uygulaması), Oksijen Plazma (10 dakika oksijen plazma uygulaması) ve Argon Plazma (10 dakika argon plazma uygulaması). Örnekler dual-cure bir rezin siman uygulandı ve ardından 5500 devir termal siklus işlemi yapıldı. Makaslama bağlanma dayanımı testi 1 mm/dk hızında universal bir test cihazında gerçekleştirildi. Veriler tek yönlü ANOVA ve Tukey HSD post-hoc testleri kullanılarak 0.05 anlamlılık düzeyinde analiz edildi.

Bulgular: Gruplar arasındaki ortalama makaslama bağlanma dayanımı değerleri arasında istatistiksel olarak anlamlı fark bulundu (P<0.001). Kumlama ve Primer grupları diğer gruplara kıyasla en yüksek bağlanma dayanımı değerlerini gösterdi ancak aralarında fark bulunmadı (P>0.05). Oksijen ve Argon Plazma grupları Kontrol grubuna göre daha yüksek ancak Kumlama ve Primer gruplarına kıyasla daha düşük bağlanma dayanımı değerleri gösterdi (P<0.001). Plazma grupları arasında anlamlı bir fark bulunmadı (P>0.05).

Sonuç: Plazma uygulaması rezin ile zirkonya arasındaki bağlantıyı arttırmıştır ancak bu artış kumlama ve primer uygulamaları seviyesinde olmamıştır. Primer ve kumlama uygulamaları birbirine alternatif yöntemler olarak kullanılabilir.

ANAHTAR KELİMELER

Yüzey işlemi, Plazma, Kumlama, Primer, Zirkonya

ABSTRACT

Effect of Non-Thermal Plasma Treatments on Shear Bond Strength Between Monolithic Zirconia and Resin Cement

Background: The aim of this study was to investigate the effects of different plasma gases (argon and oxygen), primer, and sandblasting applications on the shear bond strength between monolithic zirconia and self-adhesive resin cement.

Methods: Fifty monolithic zirconia discs were prepared and sintered. The zirconia discs were randomly divided into five groups according to surface treatments: Control (no surface treatment was applied), Sandblasting (sandblasting with 50-µm Al₂O₃), Primer (a universal ceramic primer application), Oxygen Plasma (10 minutes oxygen-plasma treatment) and Argon Plasma (10 minutes argon-plasma treatment). A dual-cure resin cement was applied to the specimens, and a thermal cycling process was done for 5500 cycles. The shear bond strength test was performed on a universal testing machine at a speed of 1 mm/min. Data was analyzed using one-way ANOVA and Tukey HSD post-hoc tests with a significance level of 0.05.

Results: A statistically significant difference was found between the mean shear bond strength values among the groups (P<0.001). Sandblasting and Primer groups had the highest bond strengths in comparison to the other groups, although there was no significant difference between them (P>0.05). Oxygen and Argon Plasma groups showed higher bond strength values compared with the Control group (P<0.001), however, showed lower values than the Sandblasting and Primer groups (P<0.05). No significant difference was found between the plasma groups (P>0.05).

Conclusion: Plasma application significantly improved the bonding between resin and zirconia, but this improvement was not at the level of sandblasting and primer applications. Primer and sandblasting treatments can be utilized as alternatives to each other.

KEYWORDS

Surface Treatment, Plasma, Sandblasting, Primer, Zirconia

Son yıllarda estetik restorasyonlara olan talep gittikçe artmaktadır. Bu talep, bilgisayar destekli tasarım/bilgisayar destekli üretim (CAD/CAM) uygulamalarının ve yeni materyallerin gelişmesine öncülük etmektedir. Metal desteksiz sabit restorasyonlara olan ilginin artması da zirkonyanın diş hekimliği alanındaki kullanımını oldukça arttırmıştır.¹ Zirkonya, biyolojik olarak inert bir materyal olması, anterior ve posterior bölgede geniş endikasyon alanına sahip olması ve beyaz rengi ile

tercih edilmektedir.² Ancak opak rengine bağlı olarak ideal bir estetik görünüm için üzerine bir veneer porseleni ile kullanılması gerekliliği uzun dönem altyapı materyali olarak kullanılmasına neden olmuştur.² Transludent monolitik zirkonyaların geliştirilmesi ile zirkonyanın hem ışık geçirgenliği artmış hem de veneer porseleni kullanılmadan da anterior ve posterior bölgede kullanılmasının öne açılmıştır.³ Ancak geleneksel zirkonya ile rezin siman

^α Selçuk Üniversitesi, Diş Hekimliği Fakültesi, Protetik Diş Tedavisi AD. Konya, Türkiye

^β Necmettin Erbakan Üniversitesi, Diş Hekimliği Fakültesi, Protetik Diş Tedavisi AD. Konya, Türkiye

arasındaki bağlantı problemi monolitik zirkonyada da devam etmektedir.⁴

Zirkonyanın cam ihtiva etmeyen polikristalin yapısı nedeniyle asitle pürüzlendirilememesi alternatif yüzey işlemleri uygulamalarını gündeme getirmektedir. Zirkonyaya uygulanan yüzey işlemleri arasında alüminyum oksit ile kumlama, tribokimyasal silika kaplama, primer uygulama ve çeşitli lazer uygulamaları sayılabilir.⁵⁻⁷ Kumlama bu işlemler arasında en sık kullanılan yöntemler arasındadır.^{8,9} Bu yüzey işleminde sıklıkla 50 µm ila 110 µm alüminyum oksit partikülleri kullanılmaktadır.^{9,10} Kumlama uygulamasının zirkonya ile rezin arasındaki bağlantıyı arttırdığını rapor eden çok sayıda çalışma bulunmaktadır.^{5-7,11-13} Ancak bu işlemin zirkonya üzerinde stres birikimine ve faz dönüşümüne neden olarak materyalin mekanik direncini olumsuz olarak etkilediğine dair çekinceler bulunmaktadır.^{10,12,14} Dolayısı ile araştırmacılar alternatif yüzey işlemleri uygulamalarına yönelmektedir. Bunlardan bir tanesi de farklı kimyasal ajanlar içeren primerlerin kullanılmasıdır.¹⁵⁻¹⁷ Çalışmalar fosfat monomer içeren primerlerin zirkonya ile rezin bağlantısını önemli derecede arttırdığını rapor etmektedirler.¹⁵⁻¹⁹ Bu asidik monomerler zirkonyadaki oksit grupları ile etkileşime girerek rezinle bağlanmayı güçlendirmektedirler.²⁰

Alternatif yüzey işlemleri arayışı termal olmayan plazma uygulamasının da etkisinin araştırılmasına öncülük etmiştir. Termal olmayan plazma işlemleri; iyon, elektron, serbest radikaller ve elektronik olarak indüklenen nötronların bulunduğu iyonize gazın kullanıldığı bir yüzey işlemleri uygulamasıdır.²¹⁻²³ Bu uygulama ile materyalin yüzey enerjisi ve ıslanabilirliği değiştirilerek bağlanma kabiliyeti geliştirilmektedir.^{13,24,25} Plazma uygulaması materyalin yüzey enerjisini değiştirirken materyalin fiziksel ve mekanik özelliklerini değiştirmemektedir.²² Yapılan çalışmalarda plazma uygulamasından sonra zirkonya yüzeyinde faz değişimi gözlenmediği rapor edilmiştir.^{12,14,24,25} Literatürde birçok çalışma plazma uygulamasının zirkonya ile rezin arasındaki bağlantıyı arttırdığını bildirmiştir.^{11,13,17,18,21,25-30} Ancak sadece bir çalışmada argon ve oksijen plazma uygulaması karşılaştırılmıştır.⁹ Zirkonya ile rezin siman arasındaki bağlanma üzerinde argon ve oksijen plazma tiplerinin, kumlama ve primer uygulamalarıyla kıyaslandığı bir çalışmaya literatürde rastlanılmamıştır. Bu nedenle bu çalışmanın amacı; farklı plazma gazları (argon ve oksijen), primer ve kumlama işlemlerinin monolitik zirkonya ile rezin siman arasındaki makaslama bağlanma dayanımına etkisini değerlendirmektir. Çalışmanın sıfır hipotezi; farklı yüzey işlemlerinin monolitik zirkonya ile rezin siman arasındaki makaslama bağlanma dayanımı değerlerini etkilemeyeceğidir.

GEREÇ VE YÖNTEMLER

Çalışmada kullanılan materyallerin kimyasal kompozisyonları ve üretici firmaları Tablo 1'de verilmiştir.

Tablo 1.

Çalışmada Kullanılan Materyaller

Materyal Adı	Materyal Türü	Kimyasal Kompozisyon	Üretici Firma
Prettau Anterior	Monolitik zirkonya	ZrO ₂ ana komponent, <9%12 Y ₂ O ₃ , <1% Al ₂ O ₃ , maksimum %0.02 SiO ₂ , maksimum %0.02 Fe ₂ O ₃	Zirkonzahn GmbH, Taufers, İtalya
Monobond N	Üniversal Primer	Silan metakrilat, fosforik asit metakrilat, sülfid metakrilat	Ivoclar Vivadent AG, Schaan, Lihtenştayn
Speed CEM Plus	Self-adeziv rezin kompozit siman	Baz: UDMA, TEGDMA, polietilen glikol dimetakrilat Katalizör: polietilen glikol dimetakrilat, TEGDMA, metakrilatlı fosforik asit ester, UDMA	Ivoclar Vivadent AG, Schaan, Lihtenştayn

TEGDMA: trietilenglikol dimetakrilat; UDMA, üretilen dimetakrilat.

Elli adet 2 mm kalınlığında monolitik zirkonya örnek presinterize zirkonya diskten (Prettau Anterior, Zirkonzahn GmbH, Taufers, İtalya) bir frezeleme cihazı yardımıyla üretildi. Elde edilen örnekler, üretici talimatları doğrultusunda 1500°C'de 8 saat sinterleme fırınında (Zirkonofen 600, Zirkonzahn SRL) sinterlendi. Tüm örneklerin yüzeyleri standardize edilmek amacıyla 600 gritlik silikon karbit aşındırıcı kâğıtlarla su altında zımparalandı. Yüzey işlemlerinden önce tüm örnekler, bir ultrasonik temizleyicide distile su ve etil alkol karışımında 10 dakika süreyle temizlendi. Ardından örnekler uygulanacak yüzey işlemine göre rastgele beş farklı test grubuna ayrıldı (n=10):

Kontrol Grubu: Örnekler herhangi bir yüzey işlemi uygulanmadı.

Kumlama Grubu: Bu gruptaki örnekler, 50 µm boyutunda alüminyum oksit (Al₂O₃) partikülleri (BEGO Korox, Bremen, Almanya) ile 3 bar basınç altında 10 mm uzaktan 15 saniye boyunca kumlandı.

Primer Grubu: Örneklerin yüzeyine üretici talimatları doğrultusunda bir fırça yardımıyla ince bir kat universal primer (Monobond N, Ivoclar Vivadent AG, Schaan, Lihtenştayn) uygulandı ve 60 saniye boyunca beklendi. Ardından örnekler yüzeyde artık kalmaması için 5 saniye süreyle hava spreyi ile kurutuldu.

Oksijen Plazma Grubu: Plazma uygulaması için örnekler düşük basınçlı termal olmayan bir plazma makinesine (Femto PCCE Zahntechnik, Diener Electronic GmbH und Co. KG, Ebhausen, Almanya) yüzeyleri yatay olacak şekilde yerleştirildi. Örneklerin yüzeyi, 13.56 MHz ve 0.50 mbar gaz basıncında çalışan bir radyo frekansı reaktörü kullanılarak 10 dakika süreyle oksijen plazma uygulaması işlemine tabi tutuldu. Kontaminasyonun engellenmesi için örnekler hızlıca hava geçirmeyen kaplara yerleştirildi.

Argon Plazma Grubu: Bu gruptaki örnekler plazma makinesine (Femto PCCE Zahntechnik, Diener Electronic GmbH und Co. KG) yüzeyleri yatay olacak şekilde yerleştirildi. Örneklerin yüzeyi, 13.56 MHz ve 0.50 mbar gaz basıncında çalışan bir radyo frekansı reaktörü kullanılarak 10 dakika süreyle argon plazma uygulaması işlemine tabi tutuldu. Kontaminasyonun engellenmesi için örnekler hızlıca hava geçirmeyen kaplara yerleştirildi.

Yüzey işlemlerinin ardından tüm örneklerin yüzeyine üç parçadan oluşan özel yapılmış bir teflon kalıp (2.8 mm çap, 3 mm yükseklik) yardımıyla dual-cure bir rezin siman (SpeedCEM Plus, Ivoclar Vivadent AG) uygulandı. Rezin simanlar bir LED (Light Emitting Diode) ışık tabancası (Bluephase, Ivoclar Vivadent AG) ile 40 saniye süreyle üretici talimatları doğrultusunda polimerize edildi. Tüm örnekler teflon kalıptan dikkatlice çıkarıldıktan sonra 37°C distile suda 24 saat bekletildi. Ardından tüm örnekler 5°C ile 55°C arasında, 30 saniye bekletme süresiyle 5500 devir termal siklus işlemine tabi tutuldu. Literatürde 5000 devir termal siklus işleminin 6 aylık in-vivo kullanıma tekabül edeceği bildirilmiştir.³¹

Termal siklus işlemi uygulan örnekler, makaslama bağlanma dayanımı testi için özel yapılmış bir metal kalıba yerleştirildi. Termal siklus sonrası Kontrol grubundaki 3 örnekte test öncesi kopma (pre-test failure) meydana geldi. Bu örneklerin kırılma dayanımı 0 MPa olarak kabul edilip istatistiksel analize dâhil edildi. Makaslama bağlanma dayanımı testi için, universal bir test cihazında (Marestek, Mares Mühendislik, İstanbul, Türkiye) zirkonya ile rezin siman ara yüzüne bıçak sırtı şeklinde uç ile kuvvet 1 mm/dk hızında uygulandı. Newton (N) cinsinden elde edilen makaslama bağlanma dayanımı değerleri, bağlanma alanına bölünerek Mega Paskal (MPa) değerlerine çevrildi.

Örneklerin kırılma yüzeyleri bir stereomikroskop (Olympus SZ 40, SZ-PT, Olympus Corp., Tokyo, Japonya) ile 40x büyütme altında incelendi. Kırık tipleri adeziv (rezinin zirkonya yüzeyinden tamamen ayrılması), koheziv (rezin simanın kendi içinde kopması) veya karma (zirkonya yüzeyinde hem adeziv hem de koheziv tip kırığın birlikte görülmesi) olarak sınıflandırıldı.

İstatistiksel Analiz

Elde edilen verilerin istatistiksel analizi bir bilgisayar programı (SPSS v26, IBM Corp., ABD) yardımıyla yapıldı. Verilerin normal dağılımı Shapiro-Wilk testiyle kontrol edildi. Ardından gruplar arasında fark olup olmadığının incelenmesi için tek yönlü ANOVA testi ve Tukey HSD post-hoc testleri kullanıldı. İstatistiksel analizler % 95 güven aralığında gerçekleştirildi.

BULGULAR

Gruplara ait ortalama, standart sapma, minimum, maksimum makaslama bağlanma dayanımı değerleri **Tablo 2**'de verilmiştir.

Tablo 2.

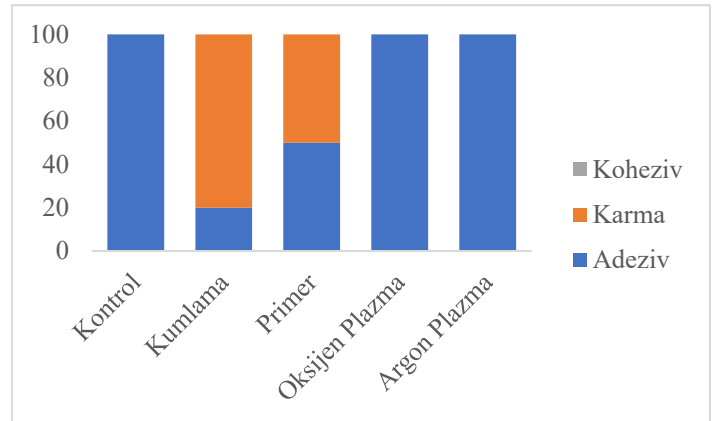
Grupların Ortalama, Standart Sapma, % 95 Güven Aralığı, Minimum ve Maksimum Makaslama Bağlanma Değerleri (MPa).

Gruplar	Ortalama	Standart Sapma	% 95 Güven Aralığı		Minimum	Maksimum
			Alt Sınır	Üst Sınır		
Kontrol	0.19a	0.17	0.07	0.32	0.00	0.44
Kumlama	12.47c	3.42	10.02	14.92	8.05	17.53
Primer	11.76c	3.80	9.04	14.49	4.79	17.48
Oksijen Plazma	7.46b	1.98	6.04	8.87	4.46	11.20
Argon Plazma	6.87b	1.76	5.61	8.12	3.76	9.00

Tukey HSD testine göre aynı sütun içindeki farklı üst karakter harfler arasında istatistiksel olarak fark vardır ($P < 0.05$).

Tek yönlü ANOVA testi sonuçlarına göre gruplar arasındaki fark istatistiksel olarak anlamlıdır ($F=36.291$, $df=4$, $P < 0.001$). En düşük ortalama makaslama bağlanma değeri Kontrol grubunda olmuştur ve diğer gruplardan istatistiksel olarak farklıdır ($P < 0.001$). Kumlama ve Primer gruplarının ortalama makaslama bağlanma değerleri arasında istatistiksel olarak bir fark bulunmazken ($P=0.972$), Kontrol ($P < 0.001$) ve Plazma gruplarından ($P < 0.005$) anlamlı derecede yüksek makaslama bağlanma değerleri sergilemişlerdir. Oksijen ve Argon Plazma grubu arasında istatistiksel bir fark bulunmamıştır ($P=0.986$). Ancak Plazma grupları Kontrol grubundan anlamlı derecede yüksek ortalama makaslama bağlanma dayanımı göstermişlerdir ($P < 0.001$).

Kırık tipleri ve yüzdesel dağılımları **Şekil 1**'de gösterilmiştir.



Şekil 1.

Grupların kırık tiplerinin oransal görünümü

Kontrol, Oksijen ve Argon Plazma gruplarının hepsinde adeziv tipte kırık gözlenmiştir. Kumlama grubunda % 80 karma tipte kırık tipi gözlemlenirken, Primer grubunda % 50 oranında karma tip kırık tipi görülmüştür. Hiçbir grupta koheziv tipte kırılma görülmemiştir.

TARTIŞMA

Bu çalışmada farklı yüzey işlemlerinin (kumlama, primer, argon ve oksijen plazma) monolitik zirkonya ile dual-cure self adeziv rezin siman arasındaki makaslama dayanımına etkisi incelendi. Çalışmadan elde edilen bulgular

doğrultusunda, grupların ortalama makaslama bağlantı dayanımları arasındaki fark istatistiksel olarak anlamlı bulundu. Bu nedenle çalışmanın sıfır hipotezi reddedildi.

Monolitik zirkonya seramikler, üstün mekanik dayanımları yanında, artmış ışık geçirgenliği, veneer seramiği kullanılmamasına bağlı olarak seramik ufalanması veya ayrılması gibi riskleri de elimine ettiği için son zamanlarda klinisyenlerin tercih ettiği bir restoratif materyal haline gelmiştir.^{2,3,32} Ancak monolitik zirkonyanın da geleneksel zirkonya gibi cam ihtiva etmemesi, rezin simanlarla olan bağlantısı konusunda sorun yaratabilmektedir.⁶ Yüzey işlemleri uygulamalarından kumlama diş hekimleri ve dental teknisyenler tarafından sıklıkla tercih edilmektedir. Kumlama işleminin kolay, ulaşılabilir ve teknisyenlerin aşına olduğu bir uygulama olması, bu işlemin tercih sebepleri arasında sayılabilir.¹⁰ Ancak kumlamanın zirkonya yüzeyinde bir takım kimyasal değişimlere ve tetragonal fazdan monoklinik faz dönüşümüne neden olabileceği literatürde birçok çalışmada gösterilmiştir.^{12,14,24,25} Zirkonyanın faz dönüşümü, materyalin mekanik direncinde azalmaya neden olabileceğinden arzu edilmeyen bir durumdur.¹⁰ Önceki çalışmalar, faz dönüşümün önüne geçilmesi için Al_2O_3 partiküllerinin en fazla 110 μm boyutlarda ve 2 ila 4 bar basınç altında kullanımını önermektedir.^{9,10} Bu doğrultuda bu çalışmada da Al_2O_3 partikülleri 50 μm boyutta 3 bar basınç ile uygulanmıştır. Birçok çalışma kumlama uygulamasının zirkonya ile rezin siman arasındaki bağlantı dayanımını arttırdığını rapor etmiştir.^{5-7,11-13} Bu çalışmada da önceki çalışmalarla uyumlu olarak kumlama uygulaması zirkonya ile rezin siman arasındaki bağlantı dayanımını önemli ölçüde arttırmıştır. Çalışmalarda, kumlamada kullanılan Al_2O_3 partiküllerinin zirkonya yüzeyinde mikromekanik alanlar oluşturduğu; bu sayede yüzey alanını ve ıslanabilirliği artırarak bağlantı dayanımını arttırdığı vurgulanmıştır.^{5-7,11-13}

Primer ajanlar, içerisinde bulunan asidik monomerler sayesinde zirkonyanın oksit gruplarıyla reaksiyona girerek silika bazlı seramikler ve silanlar arasındaki bağlantıya benzer bir bağlantı oluştururlar.²⁰ Primer ajan uygulamasının zirkonya ile rezin simanların bağlantı dayanımını arttırdığı önceki birçok araştırmada da rapor edilmiştir.¹⁵⁻¹⁹ Önceki çalışmalar ile uyumlu olarak bu çalışmada da primer uygulaması, kontrol ve plazma gruplarına kıyasla bağlantı dayanımını önemli derecede arttırmıştır. Bu çalışmada primer grubuna, fonksiyonel fosforik asit ester ve silan ihtiva eden bir primer uygulanmıştır. Bu yapı hidrolize dirençli olan kararlı bir fosfat bağı oluşturarak zirkonya ile rezin siman arasındaki bağlantıyı artırabilir.¹⁶

Termal olmayan plazma uygulamasının zirkonyada faz değişimine neden olmadığı¹² ve yüzey gerilimini azaltarak zirkonyanın ıslanabilirliğini arttırdığı birçok araştırmacı tarafından rapor edilmiştir.^{13,24,25} Islanabilirliğin

artmasının rezin simanın yüzeye kolayca nüfuz ederek rezin ile zirkonyanın daha iyi bağlanmasını sağladığı bildirilmiştir.¹³ Ayrıca zirkonya üzerinde faz dönüşümüne neden olmaması da plazma uygulamasının kumlamaya kıyasla avantajı olduğu düşünülmektedir.^{24,25} Plazma uygulamasının yüzeyde polar gruplar oluşturmasının bağlanmada etkili olduğu varsayılmaktadır.³⁰ Ayrıca plazma işleminin serbest yüzey enerjisini artırarak zirkonya ile rezin simanın bağlantısını arttırdığı rapor edilmiştir.^{11,13} Zirkonya ile rezin simanların makaslama bağlantı dayanımını inceleyen birçok çalışmada termal olmayan plazma uygulamasının bağlantı dayanımını önemli derecede arttırdığı rapor edilmiştir.^{11,13,17,18,21,25-30} Bu çalışmada da oksijen ve argon plazma uygulaması kontrol grubuna kıyasla makaslama bağlantı dayanımını önemli ölçüde arttırmıştır. Ancak bu artış kumlama ve primer uygulaması düzeyinde olmamıştır. Bazı çalışmalarda zirkonya ile rezin arasındaki bağlantı dayanımının kumlama uygulaması düzeyinde veya kumlama uygulamasından daha fazla olduğu rapor edilmiştir.^{12,18,28} Lumkemann ve ark.¹¹ ise rezin ile zirkonya arasındaki bağlantı dayanımının kumlama uygulamasından daha az olduğunu rapor etmişlerdir. Bu çalışmaya benzer olarak, plazma uygulamasının rezin ile zirkonya arasındaki bağlantıyı kumlama kadar arttırmadığını ancak MDP içeren adeziv ajanların daha iyi klinik sonuçlar elde edilmesinde etkili olduğunu rapor etmişlerdir.¹¹ Bunların yanı sıra bu çalışmada, argon ve oksijen plazması uygulamaları arasında bağlantı dayanımları açısından fark bulunmamıştır. Ancak her iki gazın kıyaslandığı çalışma sayısı oldukça azdır.³³ Tabari ve ark.³³ argon, oksijen ve argon:oksijen karışımı plazmaları kıyasladıkları çalışmalarında, bağlantı dayanımını en fazla argon:oksijen karışımı plazmanın arttırdığını belirtirken; bu çalışmanın aksine oksijen plazma uygulamasının bağlantı dayanımını kontrol gruplarına göre azalttığını rapor etmişlerdir. Çalışmalarda kullanılan plazma cihazlarının, plazma parametrelerinin ve materyallerin farklı olması ortaya farklı sonuçlar çıkmasının nedeni olabilir.

Kontrol ve Plazma gruplarındaki örneklerin tümü adeziv kırılma tipi gösterirken, Kumlama (% 80 karma tip) ve Primer (% 50 karma tip) gruplarındaki örneklerde adeziv kırık tipinin yanı sıra karma tipte kopmalar gözlenmiştir. Vechiato-Filho ve ark.¹⁷ primer ve plazma uyguladıkları gruplarda çoğunlukla karma tip kırıklar gözlemlenmişler ve adeziv tipte kırılmanın termal uygulamasına bağlı olarak arttığını rapor etmişlerdir. Bu çalışmada kullanılan termal siklus işlemi adeziv kırık tipinin baskın olmasının nedeni olabilir. Ancak bağlantı dayanımı en fazla olan Kumlama ve Primer gruplarında görülen karma tip kırıkların yüksek bağlantı dayanımı kaynaklı olduğu söylenebilir. Benzer şekilde Da Silva ve ark.²¹'de plazma ve primer uyguladıkları gruplarda baskın olarak karma tipte kırık gözlemlenmişler; bunun etkili ve yeterli bir bağlantı dayanımı sonucunda olabileceğini belirtmişlerdir.

Bu çalışmada tek tip zirkonya ve tek tip siman kullanılması çalışmanın limitasyonlarından biridir. Ayrıca örneklerin tümüne termal siklus işlemi uygulandığından termal siklusun etkisi tek başına değerlendirilememiştir. Örneklerin anatomik formda hazırlanamaması da bir diğer limitasyondur. Farklı tip siman, zirkonya ve plazma parametrelerinin zirkonya ile rezin arasındaki bağlanma dayanımına etkisinin incelendiği *in-vitro* ve *in-vivo* çalışmalara ihtiyaç vardır.

SONUÇ

Bu çalışmanın limitasyonları dâhilinde aşağıdaki sonuçlar çıkarılmıştır:

1. Kumlama ve primer uygulaması rezin simanın zirkonyaya bağlanma dayanımını en fazla arttıran yüzey işlemi uygulaması olmuştur. Primer işlemi kumlama uygulamasına alternatif olarak uygulanabilir.
2. Argon ve oksijen plazma uygulamaları rezin simanın zirkonyaya bağlanma dayanımını, kontrol grubuna kıyasla önemli ölçüde arttırmıştır ancak kumlama ve primer uygulamalarında görülen bağlanma dayanımından daha az olduğu sonucu ortaya çıkmıştır.

KAYNAKLAR

1. Denry I, Kelly JR. State of the art of zirconia for dental applications. *Dent Mater.* 2008;24:299-307.
2. Tabatabaian F. Color in zirconia-based restorations and related factors: A literature review. *J Prosthodont.* 2018;27:201-11.
3. Tabatabaian F. Color aspect of monolithic zirconia restorations: A review of the literature. *J Prosthodont.* 2019;28:276-87.
4. Ghoveizi R, Parsirad R, Tavakolizadeh S, Beyabanaki E. Effect of different Nd:YAG laser power outputs on bond strength of resin cement to zirconia in comparison to sandblasting. *J Lasers Med Sci.* 2021;12:e6.
5. Moon J-E, Kim S-H, Lee J-B, Han J-S, Yeo I-S, Ha S-R. Effects of airborne-particle abrasion protocol choice on the surface characteristics of monolithic zirconia materials and the shear bond strength of resin cement. *Ceram Int.* 2016;42:1552-62.
6. Elsaka SE. Influence of surface treatments on the bond strength of resin cements to monolithic zirconia. *J Adhes Dent.* 2016;18:387-95.
7. Mahmoodi N, Hooshmand T, Heidari S, Khoshro K. Effect of sandblasting, silica coating, and laser treatment on the microtensile bond strength of a dental zirconia ceramic to resin cements. *Lasers Med Sci.* 2016;31:205-11.
8. Liu YC, Hsieh JP, Chen YC, Kang LL, Hwang CS, Chuang SF. Promoting porcelain-zirconia bonding using different atmospheric pressure gas plasmas. *Dent Mater.* 2018;34:1188-98.
9. Okada M, Taketa H, Torii Y, Irie M, Matsumoto T. Optimal sandblasting conditions for conventional-type yttria-stabilized tetragonal zirconia polycrystals. *Dent Mater.* 2019;35:169-75.
10. Chintapalli RK, Mestra Rodriguez A, Garcia Marro F, Anglada M. Effect of sandblasting and residual stress on strength of zirconia for restorative dentistry applications. *J Mech Behav Biomed Mater.* 2014;29:126-37.
11. Lumkemann N, Eichberger M, Stawarczyk B. Different surface modifications combined with universal adhesives: the impact on the bonding properties of zirconia to composite resin cement. *Clin Oral Investig.* 2019;23:3941-50.
12. Ito Y, Okawa T, Fukumoto T, Tsurumi A, Tatsuta M, Fujii T ve ark. Influence of atmospheric pressure low-temperature plasma treatment on the shear bond strength between zirconia and resin cement. *J Prosthodont Res.* 2016;60:289-93.
13. Vilas Boas Fernandes Junior V, Barbosa Dantas DC, Bresciani E, Rocha Lima Huhtala MF. Evaluation of the bond strength and characteristics of zirconia after different surface treatments. *J Prosthet Dent.* 2018;120:955-9.
14. Hallmann L, Ulmer P, Wille S, Polonskyi O, Kobel S, Trottenberg T ve ark. Effect of surface treatments on the properties and morphological change of dental zirconia. *J Prosthet Dent.* 2016;115:341-9.
15. Seabra B, Arantes-Oliveira S, Portugal J. Influence of multimode universal adhesives and zirconia primer application techniques on zirconia repair. *J Prosthet Dent.* 2014;112:182-7.
16. Steiner R, Heiss-Kisielewsky I, Schwarz V, Schnabl D, Dumfahrt H, Laimer J ve ark. Zirconia primers improve the shear bond strength of dental zirconia. *J Prosthodont.* 2020;29:62-8.
17. Vechiato-Filho AJ, Matos AO, Landers R, Goiato MC, Rangel EC, De Souza GM ve ark. Surface analysis and shear bond strength of zirconia on resin cements after non-thermal plasma treatment and/or primer application for metallic alloys. *Mater Sci Eng C.* 2017;72:284-92.
18. Ahn J-J, Kim D-S, Bae E-B, Kim G-C, Jeong C-M, Huh J-B ve ark. Effect of non-thermal atmospheric pressure plasma (NTP) and zirconia primer treatment on shear bond strength between Y-TZP and resin cement. *Materials.* 2020;13:3934.
19. Kern M, Barloi A, Yang B. Surface conditioning influences zirconia ceramic bonding. *J Dent Res.* 2009;88:817-22.
20. Seabra B, Arantes-Oliveira S, Portugal J. Influence of multimode universal adhesives and zirconia primer application techniques on zirconia repair. *J Prosthet Dent.* 2014;112:182-7.
21. Da Silva BTF, Trevelin LT, Teixeira FDS, Salvadori MC, Cesar PF, Bona Matos A. Non-thermal plasma increase bond strength of zirconia to a resin cement. *Braz Dent Sci.* 2018;21:210-9.
22. Chen M, Zhang Y, Driver MS, Caruso AN, Yu Q, Wang Y. Surface modification of several dental substrates by non-thermal, atmospheric plasma brush. *Dent Mater.* 2013;29:871-80.
23. Chu PK, Chen J, Wang L, Huang N. Plasma-surface modification of biomaterials. *Mater Sci Eng R Rep.* 2002;36:143-206.
24. Wu CC, Wei CK, Ho CC, Ding SJ. Enhanced hydrophilicity and biocompatibility of dental zirconia ceramics by oxygen plasma treatment. *Materials (Basel).* 2015;8:684-99.
25. Yan M, Yang C-C, Chen Y-H, Ding S-J. Oxygen plasma improved shear strength of bonding between zirconia and composite resin. *Coatings.* 2020;10.
26. Elias AB, Simao RA, Prado M, Cesar PF, Botelho Dos Santos G, Moreira da Silva E. Effect of different times of nonthermal argon plasma treatment on the microtensile bond strength of self-adhesive resin cement to yttria-stabilized tetragonal zirconia polycrystal ceramic. *J Prosthet Dent.* 2019;121:485-91.
27. Park C, Yoo SH, Park SW, Yun KD, Ji MK, Shin JH ve ark. The effect of plasma on shear bond strength between resin cement and colored zirconia. *J Adv Prosthodont.* 2017;9:118-23.

28. Kim DS, Ahn JJ, Bae EB, Kim GC, Jeong CM, Huh JB et al. Influence of non-thermal atmospheric pressure plasma treatment on shear bond strength between Y-TZP and self-adhesive resin cement. *Materials (Basel)*. 2019;12.
29. Hallmann L, Ulmer P, Lehmann F, Wille S, Polonskyi O, Johannes M ve ark. Effect of surface modifications on the bond strength of zirconia ceramic with resin cement resin. *Dent Mater*. 2016;32:631-9.
30. Valverde GB, Coelho PG, Janal MN, Lorenzoni FC, Carvalho RM, Thompson VP ve ark. Surface characterisation and bonding of Y-TZP following non-thermal plasma treatment. *J Dent*. 2013;41:51-9.
31. Gale M, Darvell B. Thermal cycling procedures for laboratory testing of dental restorations. *J Dent*. 1999;27:89-99.
32. Ebeid K, Wille S, Hamdy A, Salah T, El-Etreby A, Kern M. Effect of changes in sintering parameters on monolithic translucent zirconia. *Dent Mater*. 2014:419-24.
33. Tabari K, Hosseinpour S, Mohammad-Rahimi H. The impact of plasma treatment of Cercon zirconia ceramics on adhesion to resin composite cements and surface properties. *J Lasers Med Sci*. 2017;8:S56-S61.

Yazışma Adresi:

Tuba YILMAZ SAVAŞ
Selçuk Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Protetik Diş
Tedavisi AD. Konya, Türkiye
E Posta: tuba-yilmaz@windowslive.com