

DERLEME

Simantasyon Öncesi Zirkonya Seramiklere Uygulanan Yüzey İşlemleri

Özge Genç(0000-0002-7048-1415)^α, Necla Demir(0000-0003-0927-6962)^α

Selcuk Dent J, 2022; : 300-308 (Doi: 10.15311/selcukdentj.815274)

Başvuru Tarihi: 23 Ekim 2020
Yayına Kabul Tarihi: 25 Aralık 2020

ÖZ

Simantasyon Öncesi Zirkonya Seramiklere Uygulanan Yüzey İşlemleri

Zirkonya seramiklerin yüksek estetik ve mekanik özellikleri ve biyouyumlu olmaları sebebiyle diş hekimliğinde kullanımları giderek artmaktadır. Restorasyonların klinik başarısındaki önemli faktörlerden birisi seramik, yapıştırma ajanı ve diş yapıları arasındaki bağlanma dayanımıdır. Adezyon, güçlü bir bağlanma dayanımı için gerekli faktörlerden biridir. Adezyon iki dental materyalin fizikokimyasal olarak yapışmasını ifade eder ve bu kavram diş hekimliğinde büyük önem taşır. Zirkonya restorasyonların simantasyonu için genellikle adeziv sistemler tercih edilmektedir. Adeziv simantasyon kimyasal ve mikromekanik bağlantı ile restorasyonun dental dokulara yapışmasını sağlar. Adeziv simantasyon ile tutuculuk artar, marjinal bütünlük sağlanır, mikro sızıntı azalır, restorasyonun kırılma direnci artar ve sekonder çürük riski önlenerek daha başarılı, uzun ömürlü restorasyonlar elde edilir. Kimyasal olarak stabil, silika içeriği olmayan zirkonya seramiklerin aside karşı direnci olması sebebiyle silika bazlı seramiklere uygulanan yüzey işlemleri zirkonya seramikler için uygun olmamaktadır. Bu nedenle zirkonya seramiklerle rezin simanlar arasında güvenilir bir bağlantı elde edilmesinde problemler yaşanmaktadır. Zirkonya seramikler ve rezin simanlar arasındaki bağlantıyı geliştirmek için çeşitli yüzey işlemleri yöntemleri geliştirilmeye devam etmektedir. Bağlantıyı artırmak için seramik yüzeyine mekanik, kimyasal veya mekanik ve kimyasal yüzey işlemlerinin kombinasyonu şeklinde olan işlemler uygulanabilir. Uygulanan yüzey işlemleri sayesinde materyal yüzeyindeki temas alanı, materyalin yüzey enerjisi ve ıslanabilirliği artmış olur. Bu makalede rezin simanlar ve zirkonya seramikler arasındaki bağlanma dayanımını artırmak için uygulanan yüzey işlemlerinden bahsedilmiştir.

ANAHTAR KELİMELER

Zirkonya, Adezyon, Yüzey İşlemleri

ABSTRACT

Surface Treatments Applied To Zirconia Ceramics Before Cementation

Zirconia ceramics are increasingly used in dentistry due to their high aesthetic and mechanical properties and their biocompatibility. One of the important factors in the clinical success of restorations is the bond strength between ceramics, bonding agents and tooth structures. Adhesion is one of the necessary factors for a strong bond strength. Adhesion refers to the physicochemical adhesion of two dental materials and this concept is of great importance in dentistry. Adhesive systems are generally preferred for the cementation of zirconia restorations. Adhesive cementation provides the adhesion of the restoration to the dental tissues with chemical and micromechanical connection. With adhesive cementation, retention increases, marginal integrity is achieved, micro-leakage is reduced, the fracture resistance of the restoration is increased, and more successful and long-lasting restorations are obtained by preventing the risk of secondary caries. Surface treatments applied to silica-based ceramics are not suitable for zirconia ceramics, as chemically stable zirconia ceramics without silica content are acid-resistant. Therefore, there are problems in obtaining a reliable connection between zirconia ceramics and resin cements. Various surface treatment methods continue to be developed to improve the connection between zirconia ceramics and resin cements. Mechanical, chemical, or a combination of mechanical and chemical surface treatments can be applied to the ceramic surface to increase the bonding. Thanks to the surface treatments applied, the contact area on the material surface increases, the surface energy and wettability increase. In this article, surface treatments applied to increase the bond strength between resin cements and zirconia ceramics are discussed.

KEYWORDS

Zirconia, Adhesion, Surface Treatments

Son yıllarda estetik diş hekimliğinde zirkonya seramiklerin kullanımı hızla artmıştır.¹ Zirkonya seramikler yüksek dayanım gücü, biyolojik olarak uyumlu olması ve renk uyumu gibi avantajlarıyla posterior bölgede yapılan restorasyonlar için metal alaşımlara alternatif haline gelmiştir. Yapılan incelemelerde kırılma ve esneme direncinin feldspatik porselen ve alüminaya göre daha fazla olduğu görülmüştür.² Restorasyonların klinik başarısını etkileyen önemli faktörlerden birisi restorasyonların simantasyondur. Simantasyon işleminin başarısı restorasyonların retansiyonu, dayanıklılığı ve marjinal sızdırmazlığı üzerinde etkili olup klinik başarıyı artırır.³ Seramik, diş yapıları ve yapıştırma ajanı arasındaki bağlantıyı sağlayan gerekli faktörlerden birisi

adezyondur. Adezyon iki dental materyalin fizikokimyasal olarak yapışmasını ifade eder ve bu kavram diş hekimliğinde büyük önem taşır.⁴ Adeziv simantasyon işlemi kimyasal ve mikromekanik bağlantı ile restorasyonun dişe adezyonunu sağlar.⁵ Adeziv simantasyon sayesinde retansiyon ve marjinal adaptasyon artar, mikro sızıntı ve dolayısıyla sekonder çürük riski azaltılmış olur. Restorasyonların başarısı ve ömrü artar.⁶ Adeziv simantasyonda diş yüzeyi ile siman arasında ve siman ile seramik yüzeyi arasında bağlantı gerçekleşir.⁷ Tam seramik restorasyonların simantasyonu için kimyasal yolla, ışıkla ya da hem ışık hem de kimyasal yolla polimerize olan rezin simanlar kullanılmaktadır.⁸

^α Selçuk Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Protetik Diş Tedavisi Anabilim Dalı, Konya, Türkiye

Tam seramik restorasyonların uzun dönem klinik başarısı restorasyon ve diş yüzeyi arasındaki bağlantının güçlü olmasıyla artar. Simantasyon öncesinde yüzey işlemleri uygulaması yüzeyin temas alanını, enerjisini ve ıslanabilirliğini artırır.⁹ Yüzey işlemlerinin farklı seramik türlerinde aynı değişimlere sebep olmadığı, pürüzlendirilmiş seramiklere uygulanan yüzey analizleri ve yapısal analizler sonucunda gösterilmiştir.¹⁰

Zirkonya seramikler ve rezin simanlar arasında adezyonda başarısızlıklar görülmektedir. Kimyasal olarak stabil ve silika içeriği olmayan zirkonya seramikler aside karşı dirençlidir ve silika bazlı seramiklere uygulanan yüzey işlemleri zirkonya seramikler için uygun olmamaktadır.¹¹

Bağlantıyı artırmak için seramik yüzeyine mekanik, kimyasal veya mekanik ve kimyasal yüzey işlemlerinin kombinasyonu şeklinde olan işlemler uygulanabilir.

Tablo 1

Zirkonya-rezin siman bağlantısını artırmak için yüzey işlemleri

Yüzey İşlemi	Mekanik	Kimyasal	Mekanik+Kimyasal
Elmas döner aletler ile pürüzlendirme	X		
Kumlama	X		
Asitle pürüzlendirme	X		
Lazerle pürüzlendirme	X		
SIE yöntemi			X
Plazma sprey yöntemi	X		
Silan uygulaması		X	
Primer uygulaması		X	
Pirokimyasal silika kaplama			X
Tribokimyasal silika kaplama			X
Vitrifikasyon tekniği (Glaze-On)			X
Silika nanofilm uygulaması		X	

Elmas Döner Aletlerle Pürüzlendirme

Zirkonya seramiklerin yüzeyini mekanik olarak pürüzlendirmek için kalın grenli elmas frezler kullanılabilir. Materyal yüzeyinin frezle aşındırılması ile yüzeyin topografyası, pürüzlülüğü ve enerjisi değişir.¹² Uygulanan frezin gren boyutları, uygulama basıncı, süresi ve hızı yüzey pürüzlülüğü üzerinde etkilidir.¹³ Frezle pürüzlendirilmiş yüzeylerin taramalı elektron mikroskobu (SEM) görüntülerinde gözenekler yerine kazıma izleri tespit edilmiştir. Frezle aşındırma sonucu yüzeyde oluşan stres ve kazıma alanları restorasyonu zayıflatabilir.¹⁴

Kumlama

Kumlama işlemi restoratif materyallerin yüzeylerini temizlemek, bağlantı yüzeyini artırarak mikromekanik bağlantıyı sağlamak için sıklıkla kullanılır. Böylece aktive olan yüzeyde uygulanacak materyalin ıslanabilirliği artar.

Bu yöntem için alüminyum oksit (Al_2O_3) partikülleri kullanılır. Alüminyum oksit partiküllerinin büyüklüğü, uygulanan süre ve basınç, cihazın açısı gibi etkenler kumlama işleminin etkinliğini değiştirir.¹⁵ Zirkonya seramik yüzeylerinin hasar görmesini önlemek için bazı yazarlar keskin ve sert alümina yerine yumuşak, yuvarlak aşındırıcıların kullanılmasını önermişlerdir.¹⁶

Gomes ve ark. yaptıkları çalışmada 110 μm 'den daha büyük boyut ve 2.8 bar veya daha fazla basınçla uygulanan alümina partiküllerinin rezin siman ve zirkonya seramik arasındaki çekme bağlanma dayanımını artırdığı görülmüştür.¹⁷ Augusti ve ark. ise yaptıkları çalışmada 1 bar basınçla (0.1 MPa) daha az agresif, daha küçük boyuttaki alümina parçacıkları ile yapılan kumlamanın da 2,8 barlık geleneksel kumlama işlemi kadar etkili olduğunu göstermişlerdir.¹⁸ Attia ve Matthias ise yaptıkları bir çalışmada, 0.05 MPa'ya ayarlanan hava basıncı ile yüksek ve dayanıklı bir bağlanma elde ettiklerini ortaya koymuşlardır.¹⁹

Bununla birlikte son çalışmalarda araştırmacılar kumlamanın klinikteki başarısızlıkların gelişimini hızlandırabilen yüzey kusurlarıyla ilgili endişelerini ifade etmişlerdir. Al_2O_3 ile kumlamanın yüksek dayanıklı seramiklerin yüzey bütünlüğüne zarar verebileceğini, bu sebeple kumlama işlemi uygulamamayı ya da düşük basınçla uygulamayı önermişlerdir. Abraziv işlemler sırasında materyal yüzeyinde bulunan tetragonal kristaller monoklinik faza geçip yüzeyin mikron derecesindeki alt tabakalarında baskı kuvveti oluşturabilirler. Faz dönüşümü sonucu yüzeyde oluşan bu tabaka zirkonya seramiklerin mekanik ve aşınma direnci gibi fiziksel özelliklerini artırırken, oluşan bu tabakanın kalınlığının aşırı artması materyalde çatlakların oluşumuna sebep olabilir. Yapılan uzun süreli abraziv işlemler restorasyonun uzun dönem başarısını tehlikeye atabilir.²⁰ Bu faz dönüşümünü yok etmek ya da tersine çevirmek için ya kumlama sonrası zirkonya seramiklere ısı uygulamayı öneren²¹ ya da sinterlemeden önce kumlamanın yapılmasını öneren çalışmalar mevcuttur.^{21,22}

Külünk ve ark. yaptıkları çalışmada zirkonya seramik yüzeyini aşındırmak için sentetik elmas aşındırıcı parçacıklar ve kübik bor nitrür parçacıklar gibi yüksek sertlik değerine sahip materyaller kullanmışlardır. 30-50 μm sentetik elmas aşındırıcı parçacıklar, 60-80 μm kübik bor nitrür parçacıklar ve 110 μm Al_2O_3 ile yapılan aşındırmalarda yüksek bağlantı değerleri elde edilmiştir.²³

Asitle Pürüzlendirme

Tam seramik restorasyonların yüzeyinin mekanik olarak pürüzlendirilmesi için hidroflorik asit (HF), fosforik asit (H_3PO_4), asidüle fosfat florür (APF), amonyum bifluorür (ABF) gibi organik asitler tavsiye edilmektedir. Uygulanan asit seramiğin cam matriksini çözerek seramik yüzeyinin enerjisini artırır, mikromekanik bağlantı alanlarının oluşmasını sağlar.¹⁴

En fazla yüzey pürüzlülüğü % 2,5'dan % 10'a kadar farklı oranlardaki hidroflorik asidin (HF) yüzeye 2–3 dakikalık uygulanması ile sağlanmaktadır. Asit uygulaması cam içerikli seramiklerin pürüzlendirilmesinde başarılı olurken, polikristalin seramiklerden olan zirkonyanın pürüzlendirilmesinde başarılı değildir. Zirkonya hacimce % 15'ten daha az silika oranına sahip olup, küçük bir miktar cam faz içermekte ya da hiç içermemektedir.²⁴ Buna rağmen Qeblawi ve ark. yaptıkları çalışmada % 5 ila % 9.5'lük hidroflorik asit kullanımının zirkonya seramiğinin camsı bileşenini kısmen çözdüğünü, rezin simanla olan bağlantıyı güçlendirecek yüzey pürüzlülüğünü arttırdığını bildirmiştir.²⁵

Araştırmacılar yüzey morfolojisini değiştiren ve adezyonu destekleyen sıcak asitleme tekniği adı verilen yeni bir teknik öne sürmüşlerdir. Metanol, hidroklorik asit ve ferrik klorürün oluşturduğu asit çözeltisini (metanol: 800 mL; 37% hidroklorik asit: 200 mL; ferrik klorür 2 g 100 °C) kullanmışlardır. Bu yöntem ilk olarak rezin siman zirkonya seramiğine mikroçökme bağlanma dayanımı üzerine farklı yüzey işlemlerinin etkisini inceleyen Casucci ve ark. tarafından rapor edilmiştir.²⁶ Bu uygulamanın zirkonya seramiklerin yüzey pürüzlülüğünü ve böylece mikromekanik bağlantıyı artırdığı görülmüştür.²⁷

Zirkonya seramiklere bağlanmayı arttırmak için kullanılan diğer bir seçenek Piranha çözeltisinin kullanımıdır (sülfürik asit ve hidrojen peroksit karışımı). Başka bir örnek ise yüzeye % 40 HF asit uygulanmasıdır. Bu iki uygulama da zirkonya seramikler ve rezin siman arasındaki bağlanma değerlerini artırmıştır. Bu uygulamalar esas olarak tehlikeli maddeler içermesi nedeniyle klinik kullanım için uygun değildir.²⁸

Lazer ile Pürüzlendirme

Lazer cihazları çeşitli frekanslardaki ışığı görünür kromatik ışına dönüştürürler. Lazer ışığı elde edilme yöntemleri nedeniyle diğer ışıklardan ayrılır. Tek renkli (monokromatik) ve doğrusal (collimated) olması, aynı fazda fotonların ışığı oluşturması (koherans) lazer ışınlarının özellikleridir. Bu sayede lazer ışınları güçlü fakat kontrol edilebilirdir. Tek renkli olması tıp ve diş hekimliğinde kullanılmasını sağlayan özelliğidir.²⁹

1965 yılında Goldman ve ark. ruby lazerin diş hekimliğindeki potansiyel kullanımını araştırmışlardır. Yüzey altı demineralizasyonu azaltmada ruby lazerinin olası kullanımını araştırmak için diş sert dokuları üzerinde lazer çalışmaları yapmışlardır. Lazer uygulamasından sonra asit demineralizasyonuna karşı mine geçirgenliğinde azalma bulmuşlardır.³⁰

1970 ve 1980'lerde diş sert dokularıyla daha iyi etkileşime sahip olduğu düşünülen Karbondioksit (CO₂) ve Neodmiyum atomu katkılandırılmış yttrium alüminyum garnet kristali (Nd:YAG) gibi diğer lazer çeşitleri üzerine çalışmalar yapılmıştır. Frame, Pecaro ve Pick oral yumuşak doku lezyonlarında ve

periodontal işlemlerde CO₂ lazer tedavisinin faydalarını belirtmişlerdir.³¹ 1997 yılında Erbiyum yttrium alüminyum garnet lazer (Er: YAG) (2.94 µm) dental tedaviler için FDA (Food and Drug Administration) tarafından onaylanmıştır. 1990'ların sonunda ise Erbiyum, kromiyum: yttrium skandiyum galyum garnet (Er, Cr: YSGG) lazer sert ve yumuşak periodontal dokularda kullanılabilen, güvenli ve etkili dalga boyulu (λ= 2.780 nm) bir lazer sistemi olarak tanıtılmıştır.³²

Zirkonya seramik yüzeyine lazer işlemi uygulanarak mekanik olarak yüzey pürüzlülüğü elde edilmesi ve bu sayede bağlanmanın artırılması amaçlanmış ve bu doğrultuda çalışmalar yapılmıştır. Zirkonya seramikler diş dokusu gibi su içermeyen için lazerin bu materyaller üzerindeki etki mekanizması farklıdır. Zirkonya seramiklerin yüzeyine uygulanan lazer enerjisi absorbe edilir, yüzeydeki materyal erir ve ardından tekrar sertleşir. Zirkonya seramiklerin yüzey topografyasındaki bu değişiklikler yüzeyde mikroretatif alanların meydana gelmesini sağlar.³³

Asadzadeh ve ark. Nd:YAG lazer uygulamasının zirkonya yüzeyinin rezin ve cam iyonomer simanla olan bağlanma dayanımına olan etkisini incelemiştir. Neodmiyum atomu katkılandırılmış yttrium alüminyum garnet kristali (Nd:YAG) lazer uygulaması rezin siman ve zirkonya arasındaki bağlanma dayanımını önemli derecede artırmıştır.^{13,34}

Gomes ve ark. yaptıkları çalışmada Er: YAG lazer uygulamasının bağlanma dayanımını artırdığını fakat kumlamanın Er: YAG lazerden daha üstün olduğunu göstermiştir.¹⁷

Ural ve ark. zirkonya seramik yüzeyine uygulanan CO₂ lazerin seramik yüzeyi ve kompozit arasında mekanik tutulmayı indüklediğini ve çekme bağlanma kuvvetini artırdığını bulmuşlardır.³⁵

Femtosecond (FS) lazer ultra kısa ışık atımları nedeniyle endüstriyel üretim, bilgi ve iletişim teknolojileri ve yaşam bilimleri gibi çoklu uygulamalar için kullanılabilen yenilikçi bir lazer teknolojisidir. Femtosecond lazer darbeleri lazer görüntüleme ve ablasyon sırasında çevredeki alanda minimum termal ve mekanik hasar oluşturur. Bu özellikler onları diş hekimliği uygulamalarında kullanım için iyi bir aday yapar.³⁶

Kara ve ark. yaptıkları çalışmada FS, Nd:YAG ve Er:YAG lazerlerin iki farklı zirkonya seramiğinin yüzeyinde oluşturdukları pürüzlülüğü ve rezin simanla olan bağlanma dayanımına etkilerini karşılaştırmışlardır. Femtosecond lazer uygulanan örnekler diğer gruplardan önemli ölçüde daha yüksek yüzey pürüzlülüğü ve bağlanma dayanımı değerleri göstermiştir. Nd:YAG lazer ve Er:YAG lazer grupları arasında anlamlı bir fark bulunmamıştır.³⁷

SIE Yöntemi

Selektif İnfiltrasyon Etching yöntemi zirkonya seramik yüzeyinde nano pöröz alanlar oluşturarak zirkonya seramiklerin adeziv rezinlerle bağlantısını artırmayı

sağlayan yeni bir tekniktir. Ağırlıkça % 65 silika, % 15 alümina, % 10 sodyum oksit, % 5 potasyum oksit ve % 5 titanyum oksit içeren özel bir cam infiltrasyon ajanı kullanılır. Materyal camı geçiş sıcaklığının üzerinde ısıtıldığında cam eriyerek zirkonya yüzeyine dağılır, zirkonyanın gren sınırları değişir. Asit uygulanarak cam uzaklaştırıldıktan sonra zirkonya yüzeyinde nano poröziteler oluşur. Böylece seramik yüzey rezinle nanomekanik bağlantı kurmak için hazır hale getirilir. Rezin siman nanoporözitelere sızar ve polimerize olur.³⁸ Seçici İnfiltrasyon Etching yöntemi pürüzsüz, düşük enerjili zirkonya yüzeylerini oldukça reaktif, yüksek enerjili yüzeylere dönüştüren kalıcı bir yöntemdir.²⁶ Bu yeni teknik kullanılarak μ TBS'nin, hızlandırılmış yapay yaşlanmaya (10.000 termo döngü ve 37 ° C'de 104 hafta su depolama) rağmen nispeten kararlı (44.1 MPa) olduğu bulunmuştur. 10- metakriloksidesil dihidrojen fosfat (MDP) ile kullanımı halinde bağlantı değerlerinin arttığı görülmüştür.³⁸ Selektif İnfiltrasyon Etching yönteminde kumlama sonucu zirkonya seramik yüzeyinde görülen stres konsantrasyon alanları gibi olumsuz yüzey hasarlarının oluşmadığı bildirilmiştir fakat uygulaması oldukça zordur.³⁹

Plazma Sprey Yöntemi

Plazma sprej iyon, elektron, atom ve nötral parçacıklardan oluşan kısmi iyonize gazdır. Yüksek frekanslı bir jeneratör ile gaz iyonize edilerek plazmaya çevrilir. Plazma sprej uygulaması genel olarak temizlik ve yüzey aktivasyonu için kullanılır; bu da tabakanın ıslanabilirliğini ve yüzey enerjisini artırır, bağlanma özelliklerini iyileştirir.⁴⁰ Plazma gazının uygulanması aktif peroksit radikalleri ve zirkonya seramikler gibi inert materyallerin yüzeyinde CO ve COH gibi fonksiyonel grupların oluşumunu artırır. Plazma oksiflorür uygulaması ile zirkonya yüzeyinde 1-3 nm kalınlığında zirkonyum oksiflorür (ZrO_xF_y) tabakası oluşur. Silan ve 10- metakriloksidesil dihidrojen fosfat (MDP) içeren rezin simanlarla birlikte kullanımı bağlantıyı artırmaktadır.²¹ Canullo ve ark. 75 W gücünde ve 10 MPa basıncında argonlu bir plazma reaktörü kullanarak kompozit zirkonya ara yüzünde kontrol grubuna göre anlamlı derecede daha yüksek bağlanma dayanımı gözlemlenmiştir.⁴¹

Silan Uygulaması

Silanlar silisyum atomlarını içeren hidroksil grubu sayesinde seramik yüzeyindeki silikon dioksitlere, organik fonksiyonel grubu sayesinde de rezin organik matrikse bağlanan çift yönlü bileşiklerdir.⁴² Silan uygulaması substratın yüzey gerilimini azaltır böylece simanın ıslanabilirliğini ve kimyasal olarak seramik yüzeyine bağlanmasını artırır. 3- metakriloksipropiltrimetoksisilan veya γ metakriloksipropiltrimetoksisilan dişhekimliğinde en çok kullanılan silanlardır.⁴³ Silika bazlı seramiklerde asitle pürüzlendirilip ardından silan uygulanarak kuvvetli bir bağlantı kuvveti elde edilebilir. Kimyasal olarak stabil olan ve silika içermeyen zirkonya seramiklerde yöntem

başarı sağlamamaktadır. Kabul edilebilir klinik bağlanma kuvveti yani 13-16 MPa elde etmek için başka yüzey işlemleri de uygulanmalıdır.⁴⁴

2009 yılında Piascik ve ark. rezin siman ve zirkonya yüzeyi arasındaki bağlantıyı artırmak için kloro-silan tekniğini geliştirmiştir. Geleneksel silan uygulama işlemlerine yüzey hazırlamak için buhar fazlı tabakalama tekniği kullanılarak zirkonya yüzeyine silikon tetraklorit ($SiCl_4$) içeren su buharı uygulanır, zirkonya yüzeyinde ince bir silika tabakası oluşturulması hedeflenir. Yüzeye su buharı ve $SiCl_4$ karışımının 15 dk boyunca uygulanmasının ardından yüzeyde silika tabakası oluşur ve HCl gazı açığa çıkar. Silika tabakasının kalınlığı bağlantının dayanıklılığında önemlidir. Kalınlık artması uzun dönemde bağlantı dayanıklılığını düşürür.⁴⁵

Primer Uygulaması

Primerler kıymetli ve kıymetsiz metaller ve rezin simanlar arasında kimyasal bağlantı oluşturmak için geliştirilmiştir. Primerlerin yüzeyinde bulunan metal oksit tabakasından dolayı saf metal ve metal alaşımlarıyla güçlü bağlantı sağlarlar. Zirkonya seramik yüzeyi pasif bir oksit tabakasıyla kolayca kaplanmaktadır. Bu sayede metal primerler rezin simanlarla zirkonya arasında güçlü bağlantı sağlarlar.⁴⁶ Rezin simanlar ile silika içermeyen zirkonya yüzeyinin bağlantısını arttırmak için 10- metakriloksidesil dihidrojen fosfat (MDP) organo-fosfat monomerleri içeren bağlantı ajanları veya primerler kullanılır. 10- metakriloksidesil dihidrojen fosfat (MDP) içeren primerlerin, monomerin fosfat ester gruplarının hidroksil grupları ve zirkonya metal oksitleri ile kimyasal olarak bağlanması sayesinde hidrotermal olarak stabil bağlar ürettiği görülmektedir.⁴⁷

Blatz ve ark. farklı primer ajanları ve rezin siman kombinasyonlarının zirkonya seramiğine bağlanma dayanımlarını karşılaştırmışlardır. MDP (10- metakriloyloksidesil dihidrojen fosfat) içeren bir primer kullanmanın Al_2O_3 partikülleriyle aşındırılmış zirkonya yüzeyinde üstün rezin bağları sağladığı sonucuna varmışlardır.^{13,48} 10- metakriloksidesil dihidrojen fosfat (MDP) haricinde, 6-MHPA (metakriloyloksiheksil fosfonoasetat) gibi diğer asidik monomerlerin de rezin siman ve zirkonya bağlantısını artırdığı ileri sürülmektedir. Fosforik asit monomerleri veya fosfat modifiye rezin simanların adezyonu benzer şekilde hidroksilasyon reaksiyonu göstererek silanlara benzemektedir. Metal/Zirkonya Primer (Ivoclar Vivadent, Schaan, Liechtenstein) ve AZ Primer (Shofu, Kyoto, Japan) fosforik asit monomerleri içeren primerlerdir. Zirkonya ve alumina gibi seramiklerin bağlanma dayanımını artırdığı gösterilmektedir.⁴⁹ Farklı primerlerin ve rezin simanların silika esaslı ve zirkonya seramiklerine bağlanma kuvvetlerinin karşılaştırıldığı çalışmada; silan bağlama ajanı (AZ Primer hariç tüm primerler) içeren primerlerin kullanımı rezin simanların silika bazlı seramiklere bağlanma dayanımını önemli

silika bazlı seramiklere bağlanma dayanımını önemli ölçüde artırmıştır. Zirkonya seramikler için primer kullanımı kontrol gruplarına kıyasla bağlanma kuvvetlerini önemli ölçüde artırmıştır. AZ Primer ve Clearfil Ceramic Primer sırasıyla 6-MHPA ve MDP içerir. Fosforik asit monomeri, 6-MHPA Ni-Cr alaşımı gibi metal yüzey üzerindeki metal okside iyi bir adezyon göstermiştir.⁵⁰

Pirokimyasal Silika Kaplama

Etki mekanizması yüksek sıcaklıktaki silanın kimyasal reaksiyonu ile silikaya dönüşmesi esasına dayanır. Mekanik ve kimyasal yüzey işlemleri bir arada kullanılır. Silicoater Classic, Silicoater MD ve Siloc (Heraeus-Kulzer, Wehrheim, Almanya) gibi sistemler kullanılır. Yüzey kaplama solüsyonu 150-200 °C alevden geçer ve 0.1-1.0 µm kalınlığında silika maddesi ile yüzey kaplanır. Soğuduktan sonra silika kaplanmış alana silan uygulanır. Son yıllarda aynı prensiple çalışan ve hasta başı kullanıma olanak sağlayan Silano-Pen geliştirilmiştir.⁵¹

Tribokimyasal Silika Kaplama

Tribokimyasal silika kaplama yöntemi rezin siman ile zirkonya seramikler arasındaki bağlantı kuvvetini artırmak için uzun yıllardır kullanılmaktadır. Alumina partiküllerinin silika ile modifiye edilmesiyle oluşturulan tribokimyasal silika kum seramik yüzeyine basınçla uygulanır. Silika tanecikleri seramik yüzeyinde 15 µm derinliğe kadar gömülür. Böylece silanla kimyasal bağlantı kurabilecek silika ile modifiye yüzeyler elde edilmiş olur. Kumlama sonucu oluşan yüzey pürüzlülüğü sayesinde mikromekanik retansiyon da elde edilebilmektedir.²¹ Silika kaplama yöntemleri klinikte ve laboratuvarında kullanılabilir.⁶

Cojet Sistemi (3M ESPE) klinikte kullanılabilen bir yöntemdir. Cojet kumu ve silan solüsyonundan (ESPE-Sil) oluşur.⁵² CoJet kumu silika partikülleriyle modifiye edilmiş 30 µm boyutunda alüminyum oksit (Al₂O₃). Restorasyonların ağız içi tamirinde mekanik pürüzlendirme işlemi ve yüzeyin silika kaplanması amacıyla kullanılır.⁶ 30 µm'lik silika ile modifiye edilmiş Al₂O₃ partikülleri yüzeye dik olarak 2-3 bar basınç ile 15 sn boyunca 10 mm uzaklıktan püskürtülür, ardından silan ajanı Espe-Sil uygulanıp 5 dk boyunca sertleştirilir.³⁶ Yüzeye silika ile modifiye edilmiş kumun yüksek enerjile çarpmasıyla yüzey alanı ve mikromekanik retansiyon artmış olur. Yüzeye silan uygulamasıyla da kimyasal tutuculuk elde edilir.⁵²

Cojet sistemi haricinde; Siljet Sistemi (Danville Materials Inc., S. Ramon, CA, ABD) ve Siljet Plus Sistemi (Danville Materials Inc., S. Ramon, CA, ABD) de 30 µm boyutunda silika ile modifiye edilmiş Al₂O₃ içermektedir. Bu sistemlerin farkı silika-alümina oranıdır. Bu üç farklı sistemin zirkonya seramik ve rezin siman bağlantısına olan etkisinin incelendiği çalışmada en yüksek bağlanma değeri Siljet Plus Sistemi'nde görülmüştür.

görülmüştür. Cojet ve Siljet sistemleri de bunu takip etmiştir.⁵³

Rocatec Sistemi (3M ESPE) laboratuvarında kullanılabilen tribokimyasal kaplama yöntemidir. Kumlama ve silan (ESPE-Sil) uygulaması şeklinde iki aşamalıdır. Kumlama işlemi iki aşamada uygulanır. İlk aşamada yüzey temizliğinin ve aktivasyonunun sağlanması amacıyla 100 µm boyutunda Al₂O₃ içeren Rocatec-Pre 0.28 MPa basınçla 10 mm uzaklıktan 10 sn süreyle yüzeye püskürtülür. İkinci aşamada ise 110 µm boyutunda silika ile modifiye edilmiş Al₂O₃ Rocatec-Plus veya 30 µm boyutunda silika ile modifiye edilmiş Rocatec-Soft 0.28 MPa basınç ile yüzeye 10 mm uzaklıktan 13 sn süreyle uygulanır. ESPE-Sil silan ajanı yüzeye uygulanır ve 5 dakika sertleşmesi beklenir.⁵⁴

Zirkonya seramik yüzeyine silika kaplama ve silan uygulaması işlemleriyle sadece kumlamaya göre daha yüksek bağlantı değerleri elde edilir.⁴⁵

Alves ve ark. konvansiyonel ve self adeziv rezin simanlar kullanarak farklı yüzey işlemlerinin zirkonyanın dentine bağlantısına olan etkilerini incelemişlerdir. Uygulanan yüzey işlemleri bağlanma dayanımını önemli ölçüde etkilerken siman türü etkilememiştir. Cojet ve Rocatec sistemleri hem konvansiyonel hem de self adeziv simanda önemli bir fark göstermemiştir.⁵⁵

Vitrifikasyon Tekniği (Glaze-On)

Son zamanlarda geliştirilen bir başka teknik seramik yüzeyine ince bir camsı porselen tabakasının (az füzyonlu porselen tabakası, vitrifikasyon tabakası) uygulanmasıdır. Uygulanan bu tabaka camsı porselen (yüksek silika içeriği, amorf matris veya SiO₂) ve pigmentlerden (metalik oksitler) oluşur. Zirkonya yüzeyinde HF asit ile aşındırılabilen ve silan uygulanabilen yüzey oluşmuş olur.⁵⁶ Hidroflorik asit (HF) ile aşındırma yapıştırıcı madde ile seramik arasındaki temas alanını artırır ve oluşan düzensizliklerin sayısı ve boyutu aşındırma işleminin süresiyle ilişkilidir. Fakat çok uzun süre HF asit uygulandığında yüzeydeki camsı porselen tabakası tamamen uzaklaşabilir.⁵⁷ Bu yöntemde yüzeyde oluşturulan camsı porselen tabakasının standardizasyonu zordur, bu durum marjinal boşluğu artırabilir. Camsı porselen tabakanın ince bir şekilde uygulanması aşındırma süresine bağlı olarak değişken bağlanma dayanımı sonuçları göstermiştir; bu nedenle camsı porselen tabaka kaplı zirkonya seramikler ile ilgili daha ileri çalışmalar yapılmalıdır.⁵⁸

Silika Nanofilm Uygulaması

Araştırmacılar silika nanofilmlerin zirkonya yüzeyinde biriktirilmesini incelemiştir. Zirkonya yüzeyinde plazma işleme (reaktif magnetron püskürtme) yoluyla silika nanofilm tabakası biriktirilir ve bu işlem zirkonyayı kimyasal olarak daha reaktif hale getirir.

Nanofilm birikiminden sonra yapılan silan uygulaması zirkonya ile siman arasındaki bağlanma kuvvetini artırır.⁵⁹ Bu teknikte homojen bir film tabakası oluşturulur ve kimyasal adezyon sağlanır.⁶⁰

Wandscher ve ark. tribokimyasal silika kaplama (Cojet yöntemi, 15mm uzaklık, 10saniye, 2.8 bar), vitrifikasyon tekniği (glaze-on) ve silika nanofilm uygulamasının zirkonya seramikler ve rezin siman arasındaki bağlanma değerlerine olan etkisini incelemiştir. Tribokimyasal silika kaplama ve nanofilm uygulaması en yüksek bağlanma değerlerini göstermiştir. Bunları sırasıyla 15 dakika, 10 dakika ve 5 dakika HF asit uygulanan vitrifikasyon tekniği izlemiştir.⁶¹

Silika nanofilm uygulaması, vitrifikasyon yöntemi ile karşılaştırıldığında silika nanofilminin püskürtme yoluyla çökmesi hızlıdır ve filmin kalınlığı ve kimyasal bileşimi kontrol edilebilir. Ancak maliyetlidir ve kullanım için özel eğitim ve ekipman gerektirir.⁶⁰

Restorasyonların klinik provaları sonrasında seramik yüzey tükürük veya kan ile kontamine olabilir. Tükürük kontaminasyonu restorasyonun dış yüzeyine adezyonunun azalmasının ana nedenlerinden biridir.⁶²

Zirkonya, tükürük ve diğer sıvılarda bulunan fosfata karşı güçlü bir afinite gösterir. Restorasyonun iç yüzeyindeki kontaminatları temizlemek için su, alkol (% 70-% 96 izopropanol), fosforik asit (% 35 -% 37), sodyum hipoklorit (NaOCl), Al₂O₃ ile kumlama uygulanabilir.⁶³ Son zamanlarda Ivoclar Vivadent AG firması tarafından sodyum hidrosit ve zirkonyum oksit parçacıkları içeren yeni bir temizlik materyali geliştirilmiştir. Üretici bu materyalin kontamine olmuş zirkonya yüzeyini temizlediğini iddia etmektedir.⁶⁴

Yoshida ve ark. yaptıkları çalışmada alüminyum oksitle kumlanmış zirkonya seramik örnekleri tükürükle kontamine etmiş, kontamine örnekleri temizlemek için hava-su spreyi, fosforik asit, Ivoclean jel, NaOCl ve ilave alüminyum oksitle kumlama işlemlerini uygulamışlardır. Temizleme sonrası zirkonya seramik örneklerle rezin siman arasındaki bağlanma değerlerini ölçmüşlerdir. En yüksek bağlanma değerleri ilave alüminyum oksit ve NaOCl uygulanan örneklerde bulunmuştur.⁶⁵

Samran ve ark. ise tükürükle kontamine edilmiş zirkonya seramik örnekleri temizlemek için alkol ve Ivoclean kullanmıştır. Tükürük kontaminatlarını uzaklaştırdıktan sonra örneklerin rezin siman ile olan bağlantısını incelediklerinde, Ivoclean kullanılan örneklerde daha yüksek bağlanma değerleri bulunmuştur.⁶⁴

SONUÇ

Zirkonya seramiklerin inert yapısı sebebiyle rezin simanlarla güçlü bir bağlantı kurması zordur. Yeni yüzey modifikasyon tekniklerinin araştırılmasıyla zirkonya yüzeyine uygulanabilecek yüzey işlemleri seçenekleri artmıştır. Alüminablast ile kumlama, primer uygulaması, tribokimyasal kumlama gibi yöntemler zirkonya

seramikler ve rezin simanlar arasındaki bağlanma kuvvetini artırdığı için uzun süredir uygulanmaktadır. Yeni yöntemlerden olan SIE ümit verici görünmekte olup uygulaması zordur. Aynı şekilde vitrifikasyon yönteminin de bağlantı değerlerini artırdığı görülmüştür. Fakat bu yöntemle ilgili yeterli çalışma mevcut değildir. İn vitro ortam, rezin siman ve zirkonya seramikler arasında uzun vadeli bağlantı kuvvetini değerlendirmek için karmaşık oral ortamı gerçek anlamda yansıtamaz. Farklı zirkonya yüzey işlemleri yöntemlerinin performansının değerlendirilmesinde uzun vadeli klinik araştırmalar çok önemlidir. Alternatif yeni yüzey işlemleri yöntemleri umut verici sonuçlar gösterse de in vitro ve in vivo çalışmalarla desteklenmelidir.

Literatürde zirkonya seramiklere uygulanan yüzey işlemleriyle ilgili çok sayıda çalışma olmasına rağmen hangi yöntemin klinik bağlantıyı daha çok artırdığına yönelik fikir birliği bulunmamaktadır.

KAYNAKLAR

1. Al-Amleh B, Lyons K, Swain M. Clinical trials in zirconia: a systematic review. *J Oral Rehabil* 2010;37(8):641-52.
2. Lüthy H, Filser F, Loeffel O, Schumacher M, Gauckler LJ, Hammerle CH. Strength and reliability of four-unit all-ceramic posterior bridges. *Dent Mater* 2005;21(10):930-7.
3. Awad MM, Alqahtani H, Al-Mudahi A, Murayshed MS, Alrahlah A, Bhandi SH. Adhesive Bonding to Computer-aided Design/ Computer-aided Manufacturing Esthetic Dental Materials: An Overview. *J Contemp Dent Pract* 2017;18(7):622-6.
4. Wong ACH, Tian T, Tsoi JKH, Burrow MF, Matinlinna JP. Aspects of adhesion tests on resin-glass ceramic bonding. *Dent Mater* 2017;33(9):1045-55.
5. Vargas MA, Bergeron C, Diaz-Arnold A. Cementing all-ceramic restorations: recommendations for success. *J Am Dent Assoc* 2011;142:20S-4S.
6. Uludamar A, Akalin B, Ozkan YK. Zirkonyum esaslı tam seramik restorasyonlarda simantasyon öncesi yüzey hazırlıkları. *Cumhuriyet Dent J* 2011;14(2):140-53.
7. Qualtrough AJ, Piddock V. Recent advances in ceramic materials and systems for dental restorations. *Dental update* 1999;26(2):65-72.
8. Anusavice KJ, Shen C, Rawls HR. Phillips' science of dental materials, 12th edn. Saunders, 2012. p.571.
9. de Mello CC, Bitencourt SB, dos Santos DM, Pesqueira AA, Pellizzer EP, Goiato MC. The effect of surface treatment on shear bond strength between Y-TZP and veneer ceramic: a systematic review and meta-analysis. *J Prosthodont* 2018;27(7):624-35.
10. Chen J, Matsumura H, Atsuta M. Effect of etchant, etching period, and silane priming on bond strength to porcelain of composite resin. *Oper Dent* 1998;23(5):250-7.
11. Blatz MB, Sadan A, Kern M. Resin-ceramic bonding: a review of the literature. *J Prosthet Dent* 2003;89(3):268-74.
12. Addison O, Cao X, Sunnar P, Fleming GJ. Machining variability impacts on the strength of a 'chair-side' CAD-CAM ceramic. *Dent Mater* 2012;28(8):880-7.
13. Sevmez H, Güngör MB, Yılmaz H. Tam Seramik Restorasyonlarda Uygulanan Yüzey İşlemleri. *EÜ Dişhek Fak Derg* 2018;39(3):148-159.
14. Bona AD, Anusavice KJ. Microstructure, composition, and etching topography of dental ceramics. *Int J Prosthodont* 2002;15(2).
15. Moravej-Salehi E, Moravej-Salehi E, Valian A. Surface topography and bond strengths of feldspathic porcelain prepared using various sandblasting pressures. *J Investig Clin Dent* 2016;7(4):347-54.
16. Hallmann L, Ulmer P, Lehmann F, Wille S, Polonskyi O, Johannes M, et al. Effect of surface modifications on the bond strength of zirconia ceramic with resin cement resin. *Dent Mater* 2016;32(5):631-9.
17. Gomes AL, Castillo-Oyagüe R, Lynch CD, Montero J, Albaladejo A. Influence of sandblasting granulometry and resin cement composition on microtensile bond strength to zirconia ceramic for dental prosthetic frameworks. *J Dent* 2013;41(1):31-41.
18. Re D, Augusti D, Augusti G, Giovannetti A. Early bond strength to low-pressure sandblasted zirconia: evaluation of a self-adhesive cement. *Eur J Esthet Dent* 2012;7(2):164-75.
19. Attia A, Kern M. Effect of cleaning methods after reduced-pressure air abrasion on bonding to zirconia ceramic. *J Adhes Dent* 2011;13(6).
20. Sato H, Yamada K, Pezzotti G, Nawa M, Ban S. Mechanical properties of dental zirconia ceramics changed with sandblasting and heat treatment. *Dent Mater J* 2008;27(3):408-14.
21. Tzanakakis E-GC, Tzoutzas IG, Koidis PT. Is there a potential for durable adhesion to zirconia restorations? A systematic review. *J Prosth Dent* 2016;115(1):9-19.
22. Moon J-e, Kim S-h, Lee J-b, Ha S-r, Choi Y-s. The effect of preparation order on the crystal structure of yttria-stabilized tetragonal zirconia polycrystal and the shear bond strength of dental resin cements. *Dent Mater* 2011;27(7):651-63.
23. Kulunk Ş, Kulunk T, Ural Ç, Kurt M, Baba S. Effect of air abrasion particles on the bond strength of adhesive resin cement to zirconia core. *Acta Odontol Scand* 2011;69(2):88-94.
24. Zarone F, Sorrentino R, Vaccaro F, Traini T, Russo S, Ferrari M. Acid etching surface treatment of feldspathic, alumina and zirconia ceramics: a micromorphological SEM analysis. *Int Dent S Afr* 2006;8(1):20-6.
25. Qeblawi DM, Muñoz CA, Brewer JD, Monaco Jr EA. The effect of zirconia surface treatment on flexural strength and shear bond strength to a resin cement. *J Prosth Dent* 2010;103(4):210-20.
26. Casucci A, Monticelli F, Goracci C, Mazzitelli C, Cantoro A, Papacchini F, et al. Effect of surface pre-treatments on the zirconia ceramic-resin cement microtensile bond strength. *Dent Mater* 2011;27(10):1024-30.
27. El-Korashy DI, El-Refai DA. Mechanical properties and bonding potential of partially stabilized zirconia treated with different chemomechanical treatments. *J Adhes Dent* 2014;16(4):365-76.
28. Menani LR, Farhat IA, Tiozzi R, Ribeiro RF, Guastaldi AC. Effect of surface treatment on the bond strength between yttria partially stabilized zirconia ceramics and resin cement. *J Prosth Dent* 2014;112(2):357-64.
29. Kutsch VK. Lasers in dentistry: comparing wavelengths. *J Am Dent Assoc* 1993;124(2):49-54.
30. Kimura Y, Wilder-Smith P, Matsumoto K. Lasers in endodontics: a review. *Inter Endod J* 2000;33(3):173-85.

31. Coluzzi DJ. Fundamentals of dental lasers: science and instruments. *Dent Clin N Am* 2004;48(4):751-70, v.
32. Hakki SS, Berk G, Dundar N, Saglam M, Berk N. Effects of root planing procedures with hand instrument or erbium, chromium: yttrium–scandium–gallium–garnet laser irradiation on the root surfaces: a comparative scanning electron microscopy study. *Lasers Medical Sci* 2010;25(3):345-53.
33. Liu D, Matinlinna JP, Tsoi JK-H, Pow EH, Miyazaki T, Shibata Y, et al. A new modified laser pretreatment for porcelain zirconia bonding. *Dent Mater* 2013;29(5):559-65.
34. Asadzadeh N, Ghorbanian F, Ahrary F, Rajati Haghi H, Karamad R, Yari A, et al. Bond strength of resin cement and glass ionomer to Nd: YAG laser-treated zirconia ceramics. *J Prosth* 2019;28(4):e881-e5.
35. Ural Ç, Külünk T, Külünk Ş, Kurt M. The effect of laser treatment on bonding between zirconia ceramic surface and resin cement. *Acta Odontol Scand* 2010;68(6):354-9.
36. Atsu SS, Kilicarslan MA, Kucukesmen HC, Aka PS. Effect of zirconium-oxide ceramic surface treatments on the bond strength to adhesive resin. *J Prosth Dent* 2006;95(6):430-6.
37. Kara O, Kara HB, Tobi ES, Ozturk AN, Kilic HS. Effect of various lasers on the bond strength of two zirconia ceramics. *Photomed Laser Surg* 2015;33(2):69-76.
38. Aboushelib MN. Evaluation of zirconia/resin bond strength and interface quality using a new technique. *J Adhes Dent* 2011;13(3):255.
39. Wang H, Aboushelib MN, Feilzer AJ. Strength influencing variables on CAD/CAM zirconia frameworks. *Dent Mater* 2008;24(5):633-8.
40. Derand T, Molin M, Kvam K. Bond strength of composite luting cement to zirconia ceramic surfaces. *Dent Mater* 2005;21(12):1158-62.
41. Canullo L, Micarelli C, Bettazzoni L, Koçi B, Baldissara P. Zirconia-composite bonding after plasma of argon treatment. *Inter J Prosth* 2014;27(3).
42. Kumbuloglu O, Lassila L, USER A, Toksavul S, Vallittu P. Shear bond strength of composite resin cements to lithium disilicate ceramics. *J Oral Rehabil* 2005;32(2):128-33.
43. Lung CYK, Kukkk E, Matinlinna JP. Shear bond strength between resin and zirconia with two different silane blends. *Acta Odontol Scand* 2012;70(5):405-13.
44. Attia A. Bond strength of three luting agents to zirconia ceramic-influence of surface treatment and thermocycling. *J Appl Oral Sci* 2011;19(4):388-95.
45. Piascik J, Swift E, Thompson J, Grego S, Stoner B. Surface modification for enhanced silanation of zirconia ceramics. *Dent Mater* 2009;25(9):1116-21.
46. 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. *Dent Mater* 2010;26(7):650-8.
47. Geramipanah F, Majidpour M, Sadighpour L, Fard M. Effect of artificial saliva and pH on shear bond strength of resin cements to zirconia-based ceramic. *Eur J Prosthodont Restor Dent* 2013;21(1):5.
48. 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. *J Prosth Dent* 2004;91(4):356-62.
49. Kitayama S, Nikaido T, Takahashi R, Zhu L, Ikeda M, Foxton RM, et al. Effect of primer treatment on bonding of resin cements to zirconia ceramic. *Dent Mater* 2010;26(5):426-32.
50. Ikemura K, Tay FR, Nishiyama N, Pashley DH, Endo T. Multi-purpose bonding performance of newly synthesized phosphonic acid monomers. *Dent Mater J* 2007;26(1):105-15.
51. Matinlinna JP, Lung CYK, Tsoi JKH. Silane adhesion mechanism in dental applications and surface treatments: A review. *Dent Mat* 2018;34(1):13-28.
52. Bona AD, Borba M, Benetti P, Cecchetti D. Effect of surface treatments on the bond strength of a zirconia-reinforced ceramic to composite resin. *Braz Oral Res* 2007;21(1):10-5.
53. Pilo R, Dimitriadi M, Palaghia A, Eliades G. Effect of tribochemical treatments and silane reactivity on resin bonding to zirconia. *Dent Mater* 2018;34(2):306-16.
54. Matinlinna J, Vallittu P. Bonding of resin composites to etchable ceramic surfaces—an insight review of the chemical aspects on surface conditioning. *J Oral Rehabil* 2007;34(8):622-30.
55. Alves M, Campos F, Bergoli C, Bottino M, Özcan M, Souza R. Effect of adhesive cementation strategies on the bonding of Y-TZP to human dentin. *Oper Dent* 2016;41(3):276-83.
56. Ntala P, Chen X, Niggli J, Cattell M. Development and testing of multi-phase glazes for adhesive bonding to zirconia substrates. *J Dent* 2010;38(10):773-81.
57. Kukiattrakoon B, Thammasitboon K. The effect of different etching times of acidulated phosphate fluoride gel on the shear bond strength of high-leucite ceramics bonded to composite resin. *J Prosthetic Dent* 2007;98(1):17-23.
58. Bottino M, Bergoli C, Lima E, Marocho S, Souza R, Valandro L. Bonding of Y-TZP to dentin: effects of Y-TZP surface conditioning, resin cement type, and aging. *Oper Dent* 2014;39(3):291-300.
59. Queiroz JRCd, Duarte DA, Fissmer SF, Massi M, Bottino MA. Deposition of SiOx thin films on Y-TZP by reactive magnetron sputtering: influence of plasma parameters on the adhesion properties between Y-TZP and resin cement for application in dental prosthesis. *Mater Res* 2011;14(2):212-6.

60. Druck CC, Pozzobon JL, Callegari GL, Dorneles LS, Valandro LF. Adhesion to Y-TZP ceramic: Study of silica nanofilm coating on the surface of Y-TZP. *J Biomed Mater Res* 2015;103(1):143-50.
61. Wandscher V, Prochnow C, Rippe M, Dorneles L, Callegari G, Baldissara P, et al. Retentive strength of y-tzp crowns: comparison of different silica coating methods on the intaglio surfaces. *Oper Dent* 2017;42(5):E121-E33.
62. Ishii R, Tsujimoto A, Takamizawa T, Tsubota K, Suzuki T, Shimamura Y, et al. Influence of surface treatment of contaminated zirconia on surface free energy and resin cement bonding. *Dent Mater J* 2015:2014-066.
63. Yang B, Lange-Jansen H, Scharnberg M, Wolfart S, Ludwig K, Adelung R, et al. Influence of saliva contamination on zirconia ceramic bonding. *Dent Mater* 2008;24(4):508-13.
64. Samran A, Al-Ammari A, El Bahra S, Halboub E, Wille S, Kern M. Bond strength durability of self-adhesive resin cements to zirconia ceramic: An in vitro study. *J Prosthet Dent* 2019;121(3):477-84.
65. Yoshida K. Influence of cleaning methods on resin bonding to saliva-contaminated zirconia. *J Esthet Restor Dent* 2018;30(3):259-64.

Yazışma Adresi:

Özge GENÇ

Posta Adresi: Selçuk Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi
Protetik Diş Tedavisi Anabilim Dalı 42150 Selçuklu,
Konya

Telefon: 03322231186

E-posta: ozgegnc@gmail.com