

Zirkonyum esaslı tam seramik restorasyonlarda simantasyon öncesi yüzey hazırlıkları

Surface preparations of zirconia based full ceramic restorations before cementation

Altay Uludamar, DDS, PhD,^a Buket Akalın, DDS, PhD,^b Yasemin Kulak Özkan, DDS, PhD^b

^aMedikodent Ağız ve Diş Sağlığı Merkezi, Ankara.

^bMarmara Üniversitesi, Diş Hekimliği Fakültesi, Protetik Diş Tedavisi AD, İstanbul.

Received: 25 January 2011 Accepted: 21 March 2011

ÖZET

Tam seramik restorasyonların uzun dönem başarısı, uygun bir simanla yapıştırılmasına bağlıdır. Çinko fosfat simanlar ve modifiye cam iyonomer simanlar zirkonyum oksit restorasyonların simantasyonunda kullanılabilirler. Fakat, resin simanlar tutuculuk özelliklerinin daha iyi olması, marjinal uyumsuzluk problemlerinin daha az olması ve kırılma dayanıklılığının yüksek olmasından dolayı daha fazla tercih edilmektedir. Son zamanlarda geliştirilen zirkonyum oksit seramik restorasyonlar ve resin simanlar arasındaki bağlantının artırılması hala devam eden bir sorundur. Zirkonyum oksit seramik restorasyonların üzerinde, asitleme işlemleri ve silan uygulaması yeterli bir bağlantı kuvveti sağlamamaktadır. Zirkonyum oksit restorasyonların resin simanlarla bağlantı dayanımını arttırmak için uygulanan farklı yüzey işlemleri hakkında literatürde yeterli bilgi mevcut değildir. Bu makalede zirkonyum oksit restorasyonlar ve resin simanlar arasındaki bağlantı kuvvetini arttırmak için uygulanan çeşitli yüzey işlemlerinden bahsedilecektir.

Anahtar kelimeler: Zirkonyum oksit restorasyonlar, yüzey pürüzlülük metodları.

ABSTRACT

Longevity of all ceramic restorations in the oral environment is related to successful bonding of ceramic restorations on the tooth surface via appropriate luting cement. Zincphosphate or modified glass ionomer cements can be utilized for the cementation of zirconium oxide restorations. However, resin luting cements are preferred due to their superior retentive properties, better seal of marginal discrepancies and increased fracture strength. Establishing a reliable bond in the interface of the recently developed zirconium oxide ceramic restorations and resin cements is still an ongoing problem. Application of ceramic etching acids and silane compounds on zirconium oxide ceramic restorations is not adequate for the bond strength. There are currently not sufficient information concerning surface treatment methods for zirconium oxide restorations and their efficiency. Various surface treatment methods to improve the bonding between the zirconium oxide ceramic restoration and resin luting cement had been described in this article.

Key words: Zirconium oxide restorations, surface treatment methods.

GİRİŞ

Tam seramik restorasyonların ağız ortamında uzun dönem başarıyla hizmet edebilmeleri seramik, yapıştırma ajanı ve

diş yapıları arasındaki bağlanmanın başarısına bağlıdır. Zirkonyum restorasyonların simantasyonu çinko fosfat ya da modifiye cam iyonomer simanlarla yapılabilir. Fakat marjinal açıklıkları daha iyi kapatmaları, tutuculuklarının daha fazla olması ve restorasyonun kırılma direncini arttırmaları gibi avantajlarından dolayı resin yapıştırma simanlarının kullanımı tercih edilmektedir. Adeziv simantasyon ile tutuculuk artmakta, marjinal bütünlük

Altay Uludamar
Filistin cad. Kader sok. No: 6
Kat: 1, D: 1
Gaziosmanpaşa
Ankara/ TÜRKİYE
E-mail: a.uludamar@superonline.com

sağlanmakta, mikro sızıntı azaltılmakta ve sekonder çürük riski önlenerek daha başarılı, uzun ömürlü restorasyonların yapımına imkân sağlanmaktadır. Adeziv rezin siman ile seramik ve diş arasında daha iyi bir bağlantı sağlandığı için hem restorasyonun dayanıklılığı artmakta hem de alttaki destek diş güçlenmektedir. Bunların yanında diş renginde transparan simanların kullanılması, opak konvansiyonel simanların yanında estetik avantaj sağlamaktadır. Bağlantı oluşturması restorasyonun başarısında çok önemli bir etkidir. Son yıllarda geliştirilen yüksek dayanıklılıktaki zirkonyum dioksit esaslı seramiklerle rezin simanlar arasında güvenilir bir bağlanma elde edilmesindeki problemler halen devam etmektedir. Zirkonyum dioksit esaslı seramiklerin yüzeyine asit veya silan uygulaması yaparak bağlantı dirençlerinin artırılması mümkün olamamaktadır. Hangi yöntemlerle daha iyi bir bağlantı elde edilebileceği konusunda yeterli bilgi henüz mevcut değildir. Zirkonyum dioksit içerikli tam seramiklerin bu problemlerinin giderilebilmesi için farklı yüzey işlemleri uygulamaları gerekmektedir. Bu makalede zirkonyum esaslı tam seramik restorasyonların rezin simanlara olan bağlantısının artırılması için uygulanan yüzey işlemlerinden bahsetmektedir.

Üstün fiziksel özellikleri ve hem anterior hem de posterior bölgede kullanılabilirliği nedeniyle, zirkonyumdan üretilen tam seramik restorasyonların diş hekimliğinde kullanımı gün geçtikçe yaygınlaşmaktadır. Tam seramik restorasyonların estetik ve metal destekli seramik kronların da kırılma direnci avantajını bünyesinde toplayan yttrium oksit ile stabilize edilen zirkonyum tam seramik restorasyonlar çok üyeli posterior köprülerin yapımı için metal alaşımlarına iyi bir alternatif oluşturmaktadırlar. Zirkonyum tam seramik restorasyonlar gösterdikleri yüksek kırılma direncinin yanı sıra biyolojik uyumları nedeniyle

günümüzde ilgiyi üzerlerine çekmektedirler. Zirkonyum oksit esaslı seramikler, feldspatik porcelene göre yaklaşık altı kat, kırılma ve esneme direnci bakımından ise aluminadan yaklaşık iki kat daha güçlüdür. Cam infiltre alüminaya % 35 oranında parsiyel stabilize zirkonya ilave edilmesiyle sertliği ve dayanıklılığı başlangıçtaki materyale göre daha yüksek bir alt yapı seramiği (In-Ceram Zirconia) elde edilmiştir. Tam seramik restorasyonlar için ideal alt yapı materyali arayışında geline son nokta yttriyum tetragonal zirkonya polikristal (Y-TZP) esaslı seramiklerdir.^{1,2} Diş hekimliğinde, hazır blokların bilgisayar destekli üniteler ile aşındırıldığı CAD-CAM tekniklerin gelişmesiyle, zirkonyum oksit esaslı seramiklerin alt yapı materyali olarak kullanımı artış göstermiştir.²⁻⁴

Sabit protetik restorasyonların başarısında simantasyon işlemi ve kullanılan yapıştırma simanı önemli rol oynar. Simantasyon işlemine bağlı kron retansiyonunun kaybı, sabit protetik restorasyonların başarısızlık nedenlerinin değerlendirildiği çalışmalarda en önde gelen sebeplerden birisi olarak belirtilmiştir.⁵ Yapıştırma simanları sabit restorasyonlarla diş arasında mikrobiyal sızıntıya engel olmalı, diş ve restorasyon arasındaki yüzeyi mekanik, kimyasal veya bu ikisinin kombinasyonu bir mekanizma ile tamamen örtmelidir. İdeal bir dental siman;

- Farklı materyaller arasında kalıcı bir bağlantı sağlamalı,
- Gerekli sıkışma ve gerilme direncine sahip olmalı,
- Yeterli kırılma direnci göstermeli,
- Diş ve restorasyon yüzeyini ıslatabilmeli,
- Uygun film tabakası ve viskoziteye sahip olmalı,
- Ağız içinde çözülmemeli,
- Doku uyumu olmalı,
- Yeterli sertleşme ve çalışma süresi olmalıdır.⁶

Tam seramik restorasyonlardan In-ceram ve zirkonyum oksit benzeri yüksek dayanıklılığa sahip restorasyonların yapıştırılmasında klasik simanlardan yararlanılabilir. Çinkofosfat siman yapıştırma simanı olarak kullanılan eski simandır. İdeal özelliklere sahip olmasa da klinik başarısı tatmin edici olmuştur. Bu simanların diş dokusu, özellikle pulpa üzerinde oluşturduğu zarardan dolayı yeni simanlar geliştirilmiştir. Böylece rezin kompozit ve rezin modifiye ya da hibrit cam iyonomer simanlar tanıtılmıştır.⁷ Çinko fosfat simanların kullanımındaki yaklaşım ise, yüksek oranda mikrosızıntı göstermesi ve marjinlerdeki renklenmeler sebebiyle kullanılmaması yönündedir. Cam iyonomer simanlarla klinik olarak başarılı sonuçlar alınmıştır. Cam iyonomer simanların fiziksel özellikleri toz/likit oranına çok hassastır. Bu orandaki küçük değişiklikler dahi bu maddelerin klinik performansını önemli derecede etkilemektedir. Cam iyonomer simanların su ve nem ile sertleşmeden önceki erken teması da önemli sorunlar yaratabilmektedir. Bu nedenle iyi bir tükürük kontrolü şarttır. Eğer kullanılacaksa dozu önceden ayarlanmış kapsül şeklindeki formunun seçilmesi karıştırma nedeniyle yaşanabilecek problemlerin önüne geçebilir.⁸

Polikarboksilat simanların kullanımı da yetersiz fiziksel özellikleri nedeniyle önerilmemektedir.⁹ Poliasit modifiye rezin simanlar (kompomerler), rezin ve cam iyonomer simanların üstün özelliklerini birleştirmek amacıyla geliştirilmişlerdir. Ancak, kompomerlerin tam seramik restorasyonlarda kırıkların oluşmasında rol oynadığı yönünde çalımsalar mevcuttur. Bu simanlarda yüksek oranda hidroksietilmetakrilat (HEMA) bulunmaktadır ve HEMA su ile temas ettiğinde önemli ölçüde genişlemektedir. Bu genişlemenin tam seramik restorasyonlarda mikro çatlakların oluşmasına yol açabileceği düşünülmektedir.^{10,11} Ayrıca kompomer-

lerin klasik simanlara ve rezin simanlara göre 5 kat daha fazla doğrusal genişleme gösterdiği ve bu nedenle tam seramik restorasyonların yapıştırılmasında kullanılmaması gerektiği belirtilmiştir.^{9,12} Rezin simanlar, diş dokuları olan mine, dentin ve porselen yüzeyi gibi farklı yapıdaki maddelere kuvvetle bağlanabilme özelliğine sahiptir. Bu simanlar yüksek dayanım, ağız ortamında düşük çözünürlük, renk uyumundaki üstünlük gibi özelliklerinden dolayı, inley, onley, lamina ve kron-köprü uygulamaları gibi tam seramik sabit protetik restorasyonlar ile indirekt rezin kompozit restorasyonların simantasyonunda tercih edilirler. Başarıları çok aşamalı işlemler gerektirmelerinden dolayı kullanım tekniğine doğrudan bağlıdır.⁶ Diş hekimliğinde kullanılan rezinler polimerlerdir ve polimerler küçük molekülü monomerlerin oluşturduğu çok daha büyük bir molekül olarak tarif edilebilir. Dental polimerler kullanılan rezin tipine, içine katılan dolduruculara ve sertleşme mekanizmasına göre farklılıklar gösterirler.¹³ Rezinlerin polimerizasyonu esnasında kaçınılmaz olarak bir büzülme gözlenir. Bu büzülmeyi azaltmak için rezinlerin içerisine farklı inorganik doldurucular ve bir ön polimerizasyon işlemine tabi tutulup sonra toz haline getirilen polimer tozları ilave edilir.¹⁴ Kompozit, kimyasal olarak en azından iki farklı materyalin; monomer ve inorganik doldurucunun kombinasyonudur ve yapıyı oluşturan materyallerin tek başlarına göstermedikleri özelliklere sahiptir. Monomer ve doldurucu arasındaki kimyasal bağlantı γ -metakriloksipropil trimetoksisilan denilen organik silanize edici bir ajan tarafından sağlanır.¹⁵

Rezin simanlar, büyük ölçüde doldurucu içeren BIS-GMA rezin ve bu rezinin içine ilave edilen ve karışımın pasta veya likit şeklinde kullanımını sağlayan diğer metakrilatların (TEDGMA, UDMA) varyasyonları şeklinde bulunurlar.¹⁶ Rezin simanlar da

dahil olmak üzere tüm kompozitlerin mekanik özellikleri, kullanılan bu maddelerle doğrudan ilişkilidir. Polimerizasyon reaksiyonu temelde 3 asamadan oluşur; başlangıç, ilerleme ve bitim. Reaksiyon; Isı, UV ışık ve peroksitler ile hızlandırılabilir. Her durumda reaksiyon; ısı, kimyasal veya fotokimyasal reaksiyonlarla oluşturulabilen serbest radikallerin açığa çıkarılması ile baslar. Serbest radikaller monomer molekülündeki doymamış çift bağı açarak molekülü aktive eder diğer monomerlerle birleşerek polimer zincirleri oluşturur. Bu işlem ortamda serbest radikal kalmayana kadar devam eder.¹³

Tam seramik restorasyonların simantasyonunda kimyasal, ışıkla ya da dual polimerize olan rezin simanlar kullanılmaktadır. Işıklı polimerize olan rezin simanlar, kimyasal sertleşen rezin simanlara göre daha iyi renk stabilitesine, yüksek mekanik özelliklere sahiptir ve çalışma süreleri daha uzundur.^{17,18} Ancak yapılan araştırmalar, ışıkla ya da dual polimerize olan simanlarda ışığın yeterince gitmediği bölgelerin hiçbir zaman kimyasal sertleşen simanlar kadar sertliğe ulaşamadığını göstermiştir.¹⁹⁻²¹ Yetersiz polimerizasyon, kompozitin renk stabilitesi, su emilimi, sertlik ve dayanıklılık gibi fiziksel özelliklerinin azalmasına neden olur. Tam seramik restoratif materyallerin ışık geçirgenliği üzerine yapılan çalışmalarda zirkonyum alt yapıların ışık geçirgenliğinin, test edilen tüm alt yapılar içinde en düşük olduğu bildirilmiştir.^{22,23} Bu nedenle zirkonyum esaslı restorasyonların simantasyonunda, ışıkla polimerizasyon mekanizmasına sahip olan simanlar opsiyonel olmalarına rağmen, zirkonyum alt yapıların ışık geçirgenliğinin çok düşük olmasından dolayı kimyasal yolla sertleşen simanların kullanılması önerilmektedir. Hem ışık hem de kimyasal olarak polimerize olan simanlarda ışığın yeterince ulaşamadığı

bölgelerde polimerizasyonun tamamlanması için gerekli olan süre yaklaşık 24 saattir.¹ Tam seramik restorasyonların uzun dönem ağız ortamında başarıyla hizmet edebilmeleri, seramik, yapıştırma ajanı ve diş yapıları arasındaki bağlanmanın başarısına bağlıdır. Zirkonyum restorasyonların simantasyonu diğer seramiklerin aksine çinko fosfat ya da modifiye cam iyanomer simanlarla yapılabilir. Fakat marjinal açıklıkları daha iyi kapatmaları, tutuculuklarının daha fazla olması ve restorasyonun kırılma direncini arttırmaları gibi avantajlarından dolayı rezin yapıştırma simanlarının kullanımı tercih edilmektedir.²⁴

Tablo 1’de klasik yapıştırma simanları ile rezin simanlar avantaj ve dezavantajları yönünden karşılaştırılmıştır.

Yüksek dayanımlı seramiklerde kırılmaya bağlı başarısızlık oranı % 2.3 - 8 arasındadır. Bu nedenle yapıştırma simanının seramik yüzeyi ile tam bir bağlantı oluşturması restorasyonun başarısında çok önemli bir etkidir.²⁵ Son yıllarda geliştirilen yüksek dayanıklılıktaki zirkonyum dioksit esaslı seramiklerle rezin simanlar arasında güvenilir bir bağlanma elde edilmesindeki problemler halen devam etmektedir. Zirkonyum dioksit esaslı seramiklerin yüzeyine ne asit ne de silan uygulaması yaparak bağlantı dirençlerinin artırılması mümkün olamamaktadır. Hangi yöntemlerle daha iyi bir bağlantı elde edilebileceği konusunda yeterli bilgi henüz mevcut değildir. Zirkonyum dioksit içerikli tam seramiklerin bu problemlerinin giderilebilmesi için farklı yüzey işleme uygulamaları gerekmektedir.

İki dental materyalin fizikokimyasal olarak yapışmasını ifade eden adezyon kavramı diş hekimliğinde büyük önem taşır. Esas olarak adezyon, birbiriyle sıkı temas getirilen iki cismin yapışmasına neden olan kuvvettir. Bir maddenin mole-

Tablo 1. Klasik ve rezin simanların özelliklerinin karşılaştırılması.

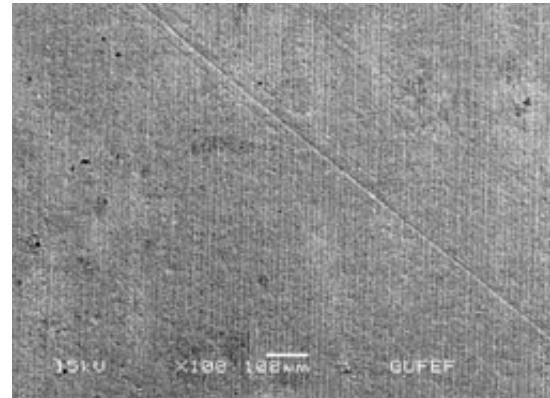
	Klasik simanlar	Rezin simanlar
Avantajları	- kolay uygulama - fazlalıkların kolay uzaklaştırılması -restorasyonun gerektiğinde kolay çıkarılması	- minimal invaziv preparasyon - dişe mükemmel adezyon - stabilite - ağız içinde düşük çözünürlük - düşük abrazyon - estetik
Dezavantajları	- retantiv preparasyon - suda çözünürlük -diş yapısına kısıtlı adezyon - yüksek abrazyon - yetersiz estetik	-fazlalıklar güç uzaklaştırılır - ihtiyaç duyulduğunda restorasyonun çıkarılması zor

külleri diğerinin moleküllerine doğru çekilir ve yapışır. Bu çekim kuvveti farklı moleküller arasında ise adezyon aynı tür moleküller arasında ise kohezyon olarak tanımlanır.²⁶ Tam seramik restorasyonların adeziv simantasyonu diş-siman bağlantısı ve siman-seramik bağlantısı olmak üzere iki farklı yüzeyde gerçekleşmektedir.^{26,27}

1-Diş-Rezin Bağlantısı: Rezin yapıştırıcı simanın dişe olan bağlantısı mine veya dentinin asitle pürüzlendirilmesi ve dentin adezivlerinin kullanımı ile elde edilmektedir. Buonocore 1955 yılında mineye asit uygulayarak minenin asitle pürüzlendirilmesi tekniğini ilk geliştiren kişi olmuş ve adeziv diş hekimliğine büyük katkıda bulunmuştur. Monomerlerin demineralize dentin matriksine penetrasyonu ve bunu takiben meydana gelen hibrit tabakası oluşumu ile mikro mekanik bağlantıyı sağlar.²⁸

2-Seramik-Rezin Bağlantısı: Seramik ve rezin arasındaki mikro mekanik tutuculuğun en iyi şekilde sağlanabilmesi için tam seramik restorasyonun iç yüzü bazı işlemlerle hazırlanmalıdır. Rezin siman ve porselen arasında tutuculuk sağlamak üzere yapılan bu işlemler ayrıca porselen laminate, porselen inley, onley restorasyonların simantasyonunda ve

porcelen tamirinde de uygulanması gereken yüzey işlemleridir. Adeziv tekniklerdeki gelişmeler sayesinde simanın dişe bağlanması konusundaki problemler en aza indirgenmiştir. Ancak çeşitli restoratif materyaller ve rezinler arasındaki adezyonu arttırmaya yönelik çabalara rağmen yapışmama veya kırıklarda halen adeziv ve/veya koheziv başarısızlıklar örülmektedir.²⁶ Restorasyonun yapışma yüzeyine simanın yeterli adezyonunu sağlamak amacıyla farklı yüzey hazırlık yöntemleri kullanılmaktadır (Resim 1). Resim 1’de yüzey işlemi uygulanmamış zirkonyum oksit seramiğin yüzeyinin SEM görüntüsü verilmiştir.

**Resim 1:** Yüzeyine herhangi bir işlem uygulanmayan zirkonyum oksit seramiğin yüzeyinin SEM görüntüsü (x100).⁴³

SİMANTASYON ÖNCESİ YÜZEY HAZIRLIKLARI

Rezinin sıkı bir şekilde seramik yüzeye yapışması, mikromekanik bir yüzey kilitlenmesine ve seramik yüzeyin aktivasyonu ile kimyasal bağlantı sağlanabilmesine bağlıdır.¹ Seramik iç yüzeyine uygulanan işlemler mekanik, kimyasal ve mekanik ve kimyasal olmak üzere üç ana grup altında toplanabilir.

1- Mekanik yüzey işlemleri

Asitle Pürüzlendirme: Asitle pürüzlendirme işleminde elde edilen olumlu sonuçlara bağlı olarak feldspatik ve cam seramikler gibi klasik porselenlere rezin simanın bağlantısı konusunda önemli ilerlemeler kaydedilmiştir.²⁹

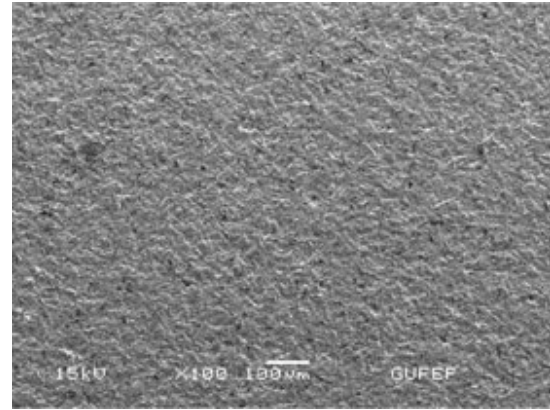
a) *Hidroflorik Asit:* Hidroflorik asit seramiğin cam matrisini çözerek lösit kristalleri çevresinde mikroandırtıkların oluşmasına olanak tanımaktadır. Akışkanlığı yüksek rezin simanlar bu boşlukları doldurarak güçlü bir mikromekanik bağlantı oluşturmaktadırlar. Hidroflorik asit porselen yüzeyinin asitlenmesi için sıklıkla tercih edilen ajandır. % 2.5–10 oranlarındaki konsantrasyon ve 1 dk'dan 3 dk'ya kadar değişen uygulama süreleri porselenin yüzeyinde amorf bir yapı ile çok sayıda gözenek meydana getirerek porselen ile rezin simanın bağlanmasını kuvvetlendirir.^{30,31} Feldspatik porselenlerin yapıştırılmasında rezin yapıştırma simanı ile seramik yüzey arasında en kuvvetli bağlantı hidroflorik asitle pürüzlendirme ve silan ajanı uygulamasıyla elde edilir.¹⁵ Asit uygulaması ile birlikte feldspatik seramiğin cam fazlarından biri çözünmekte ve mikro yapısında değişiklik meydana gelmektedir. Böylece Bağlantı için uygun mikro yapı elde edilmiş olmaktadır.³¹ Hidroflorik asitle seramik yüzeyinde retantif alan elde etmek camsı içeriği zayıf, yüksek kristalin yapıdaki seramiklerde ve saf non kristalin seramiklerde mümkün olamamaktadır. Bu seramiklerde uygun

mekanik kilitlenmeyi sağlayabilmek için ilave yöntemlere ihtiyaç duyulmaktadır.^{1,15,32,33}

b) *Fosforik Asit:* Porselen ya da kompozit yüzeyinin pürüzlendirilmesi için % 36-40 oranlarındaki fosforik asitlerden yararlanılır. Hidroflorik aside göre daha az güçlü bir asittir.^{30,31}

c) *Asidüle Fosfat Florür:* Porselen yüzeyinin güvenli ve etkili asitlenmesinde % 1.23 oranındaki asidüle fosfat florür kullanılır. Porselen yüzeyinde düzgün, homojenize bir yüzey yaratır.^{30,31}

Kumlama: Kumlama yöntemi ile oksitler ve kontamine tabakalar uzaklaştırılarak mekanik bağlantı sağlayacak temiz ve pürüzlü yüzeyler elde edilir.³⁴ Yüksek dayanıklılıktaki seramik materyallerde yüzey pürüzlülüğünün artırılması yüzey enerjisini arttırmakta ve dolayısıyla ıslanabilirliği artırarak rezin simanın bağlanma dayanımını yükseltmektedir.^{1,35,36} (Resim 2). Resim 2 de 110 µ Al₂O₃ ile kumlama yapılan zirkonyum oksit seramiğin yüzeyinin SEM görüntüsü verilmektedir.



Resim 2: 110 µ Al₂O₃ ile kumlama yapılan zirkonyum yüzeyi (SEM görüntüsü x100).⁴³

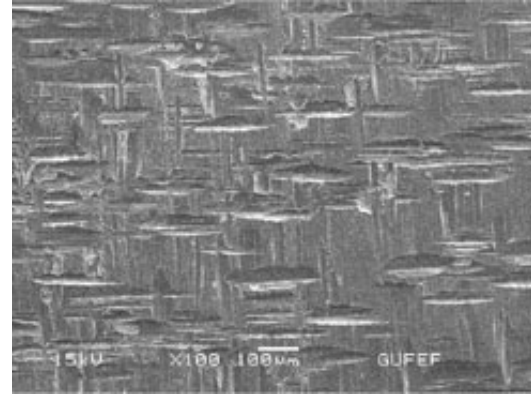
Amaral ve ark.³⁶ artan yüzey pürüzlülüğünün bağlanma yüzeyini arttırdığını, ancak bunun pürüzlü yüzeylere adezyonun genel özelliklerinin sadece bir kısmını açıkladığını ifade

etmişlerdir. Bunun yanında, fiziksel ve kimyasal değişikliklerin yüzeyin enerjisi ve ıslatılabilirliğine etki ederek bağlantı dayanımını arttırabileceğini belirtmişlerdir. Mikroretansiyon alanları yaratmak ve yüzey pürüzlülüğünü arttırmak için en çok kullanılan yöntem Al_2O_3 tanecikleri ile kumlamadır. Seramik veya metal yüzeye alüminyum oksit uygulandığında daha güçlü kompozit rezin bağlantısı sağlayan temizlenmiş pürüzlendirilmiş yüzeyler elde edilir. Al_2O_3 içeren taneciklerin yüzeye hızla çarpması sonucunda belirli elementlerin yüzeyden uzaklaşması veya birikimi ile karmaşık reaksiyonların oluştuğu ve yüzey enerjisinin aktive olduğu belirtilmiştir. Porselen yüzeylerin simantasyondan önce pürüzlendirilmesinde 50, 100, 110 ya da 250 μ partikül büyüklüğünde kum kullanılabilirle beraber çoğunlukla porselen yüzeylerinin pürüzlendirilmesinde 110 μ 'luk Al_2O_3 kullanılmıştır.^{32,34,37-39} Restorasyon yüzeyi ile rezin arasında adeziv bağlantı sağlayan tekniklerin çoğunda bağlantı dayanıklılığını arttırmak için kimyasal bağlantı ajanı yüzeye uygulanmadan önce yüzeyin kumlanması gerektiği vurgulanmaktadır.⁴⁰

Elmas döner aletler ile pürüzlendirme ve bunların kombinasyonları: Seramik yüzeyinin pürüzlendirilmesi için yüksek devirli kesici aletlerden de yararlanılabilir.^{1,33,41,42} Seramik yüzeyinin pürüzlendirilmesinde kalın grenli elmas frezler kullanılabilir (Resim 3). Resim 3 de elmas frezle pürüzlendirilen zirkonyum oksit seramiğin yüzeyinin SEM görüntüsü verilmektedir. Elmas frezler kullanıldığında diğer yöntemlere göre daha pürüzlü yüzeyler elde edilebilir.³³ Elmas frezlerle aşındırılmış yüzeylerin SEM ile incelenmesinde, gözeneklerin oluşmadığı, bunun yerine kazıma izleri ortaya çıktığı, bu yöntemle, seramik yüzeyinde stres ve keskin alanlar oluşabileceği ve bu kısımlardan

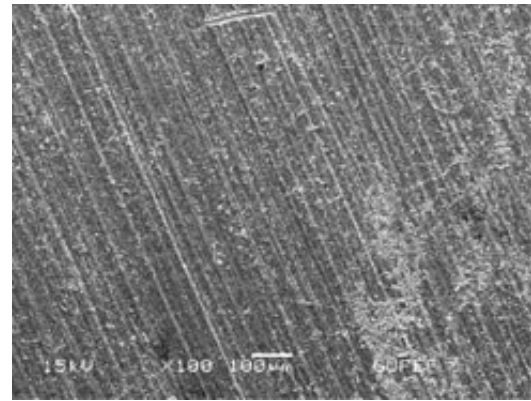
restorasyonun bildirilmiştir.^{30,33}

zayıflayabildiği



Resim 3: Elmas frezle pürüzlendirilen zirkonyum yüzeyi (SEM görüntüsü x100).⁴³

Awliya ve ark.⁴¹ ve Uludamar⁴³ yaptıkları çalışmada, sinterlenmiş yüksek oranda alumina içeren porselen yüzeylerde en iyi bağlanma dayanımını kumlama yapılan yüzeylerde bulurken bunu elmas frezle pürüzlendirme yapılan yüzeylerin takip ettiğini bildirmişlerdir.



Resim 4: Lazerle pürüzlendirilen zirkonyum yüzeyi (SEM görüntüsü x100).⁴³

Lazer ile Pürüzlendirme: Son yıllarda Er:YAG ve Er,Cr:YSGG lazerler kullanılarak mine ve dentin yüzeyinde pürüzlendirme işlemlerinin, çeşitli asitlerle yapılan pürüzlendirme işlemleriyle karşılaştırılması ve bunun

rezin simanların bağlanma gücüne etkisi pek çok araştırmaya konu olmuştur.^{44,45} Lazer enerjisi kullanılarak seramik yüzeylerin pürüzlendirilmesi yöntemi oldukça yenidir (Resim 4). Resim 4 de Lazerle pürüzlendirilen zirkonyum oksit seramiğin yüzeyinin SEM görüntüsü verilmektedir. Seramikler üzerinde lazer kullanımı ile ilgili dental literatürdeki ilk çalışma porselen yüzeyinin düzleştirilmesine yöneliktir.⁴⁶ Lazer enerjisinin temel etkisi, ışık enerjisini ısı enerjisine çevirmesi sonucu oluşur. Lazer ve madde arasındaki en önemli etkileşim lazer enerjisinin emilmesidir. Er:YAG lazer, ablasyon adı verilen mikropatlamalar ve buharlaşma sonucu partikülleri ortadan kaldırmaktadır. Er:YAG lazerin çalışma prensibi; enerjinin doku içeriğindeki su molekülleri tarafından emilmesi ile ani bir ısınmanın ve buharlaşmanın meydana gelmesi şeklindedir. Yüksek buhar basıncı birçok mikro patlamaya sebep olur ve bu mikro patlamalar sonucu madde kaybı oluşur. Sonuç olarak meydana gelen krater ve porlar mikromekanik retansiyona katkıda bulunur.⁴⁷ Gökçe ve ark.⁴⁸, çalışmalarında IPS Empress II seramiğin rezin simanla bağlantısında asit uygulaması ve Er:YAG lazerin farklı enerjilerinin (300, 600, 900 mJ; 20 Hz) etkisini araştırmışlardır. Araştırmacılar, Er:YAG lazer 300 mJ, 20 Hz uygulamasının bağlantıyı arttıran bir yüzey işlemi olduğunu bulmuşlardır. Çalışmada, daha yüksek bağlantı değerleri elde edilmiştir. Öte yandan yüksek enerji değerlerinin (600, 900 mJ) ise bağlantı değerlerini düşürdüğü görülmüştür. Araştırmacılar, yüksek lazer enerjilerinin ısı hasarlı bir tabaka oluşturabileceğini ve bu tabakanın da zayıf bağlantıya sebep olabileceğini belirtmişlerdir. Silveria ve ark.⁴⁹, kumlama, silika kaplama ve Nd:YAG lazer uygulamalarının In-Ceram Alümina seramik ile rezin siman bağlantısına etkisini incelemişlerdir. Cavalcanti ve ark.⁵⁰ yüzey işlemleri ve metal primerlerin Y-TZP seramiklerin rezin

simanlar ile bağlantısı üzerine etkisini inceledikleri çalışmada, kumlama, Er:YAG lazerle pürüzlendirme gibi yüzey işlemlerinin etkisini karşılaştırılmışlardır. Kumlama işleminin test edilen simanlarda bağlantı kuvvetini arttırdığını, bununla birlikte kumlama ve lazer uygulamasının Bis-GMA bazlı rezin simanda MDP- bazlı simandan daha yüksek değerlerde bağlantı kuvveti verdiğini belirtmişlerdir. Metal primerlerin yüzey işlemleri ve rezin simanlara bakılmaksızın bağlantı kuvvetini arttırdığını bildirmişleridir. Van Meerbeek ve ark.⁴⁵ mine ve dentini pürüzlendirmek için elmasla abrazyon, kumlama ve lazer kullanmışlardır. Çalışmalarında Er:YAG (Fotona) lazer cihazını, kullanarak, mine yüzeyine en düşük bağlanmayı lazerle pürüzlendirme yönteminde bulmuşlardır. Uludamar⁴³ Y-TZP seramiklerin rezin simanlar ile bağlantısı konusunda yaptığı çalışmada, kumlama, Er:YAG lazerle pürüzlendirme gibi yüzey işlemlerinin etkisi karşılaştırılmıştır en düşük bağlanmayı kontrol grubu ve lazerle pürüzlendirme yönteminde bulmuştur.

Plazma Spreyi Yöntemi: İyon, elektron, atom ve nötral parçacıklar ihtiva eden, kısmen iyonize edilmiş gaz olan plazma spreji yöntemi ile de yüksek bağlantı değerleri elde edilebilmektedir.^{51,52} Gazın istenilen şekilde iyonize olabilmesi için vakum koşullarında hazırlanması gerekmektedir. Yüksek frekanslı bir jeneratör gazı iyonize ederek plazmaya çevirir. Bu teknik pek çok materyal ve koşulda geniş bir çalışma alanı bulmuştur.²⁴ Derand ve ark.²⁴ Farklı yüzey işlemleri uygulanan (silan, plazma spreji ve düşük ısılı porselen mikro incileri), zirkonyum dioksit örnekleri karşılaştırmışlar ve plazma spreji ve düşük ısılı porselen mikro incileri uygulanan grupların rezin simanın zirkonyum yüzeyine bağlantı direncini arttırdığını bildirmişlerdir.

2-Kimyasal yüzey işlemleri

Silan uygulaması: Silika esaslı seramiklerde yüzeye silan uygulanması rezin simanın kimyasal olarak seramik yüzeyine bağlanmasını artırır. Silan molekülü iki fonksiyonludur. Hidroksil grubu ile seramik yüzeyindeki silikon dioksitlere, diğer fonksiyonel grubu ile de rezin organik matrikse bağlanarak kopolimer oluşturur.⁵³ Kimyasal bağlantı için en çok kullanılan ajan silan bağlantı ajanı 3-methacryloxypropyltrimethoxysilane (MPS)'dir. Silan bağlantı ajanı bifonksiyonel bir moleküldür ve silikondioksit ile seramik yüzeyindeki OH-gruplarına bağlanır. Aynı zamanda seramik yüzeyinin ıslanabilirliğini arttıran silan bağlayıcı ajanları rezinin organik matriksi ile kopolimerize olabilen fonksiyonel gruba sahiptirler. İçeriklerindeki zayıf asitler ile siloksan bağlarını yaparlar. Sonuç olarak silika bazlı seramiklerde asitle pürüzlendirmeyi takiben silan bağlantı ajanı uygulaması ile başarılı bir bağlantı sağlanırken, tam tersi kimyasal olarak stabil, silika içermeyen Y-TZP seramikler ile bu yöntemler başarılı olamamaktadır.⁵⁴ Silanizasyon, cam infiltre alüminyum oksit seramiklerde kimyasal bir bağlantı oluşturmaz fakat kumlama sonrası yüzeyin ıslatılmasına yardımcı olur.¹⁵ Kumlama ve silan uygulanan örnekler klasik Bis-GMA rezin simanlar başlangıçta yeterli bağlanma gücü gösterirken bu bağlantının zaman içerisinde ve termosiklus sonrası klinik olarak kabul edilebilir seviyelerin aşağısına indiği gösterilmiştir.⁴⁰ Literatürdeki çalışmalarda, zirkonyum esaslı seramikler gibi silika içermeyen seramiklere silan uygulanmasının, kompozitin seramiğe bağlanmasına katkısı olmadığı ortaya konmuştur.^{24,33,55,56} Chang ve ark.² zirkonyum oksit seramiklerin rezin simanlarla olan bağlantı değerlerini karşılaştırdıkları çalışmalarında Al₂O₃ partikülleri ile kumlama, silan uygulama, elmas frezlerle aşındırma, kumlama ardından silan

uygulama ve elmas frezlerle aşındırma ardından silan uygulama olmak üzere 5 farklı yüzey işlemini karşılaştırmışlardır. Çalışmalarında kumlama ardından silan uygulanan grupta en yüksek bağlantı değerlerini elde ettiklerini bildirmişlerdir.

3-Mekanik ve Kimyasal yüzey işlemleri

Silika Kaplama İşlemi

a-)Pirokimyasal Silika Kaplama

Kollodial silikanın yüksek derecelerde uygulanmasıyla geliştirilen silika kaplama yöntemidir. SilicoaterTM Classic, SilicoaterTM MD ve SilocTM dental laboratuvarlarda kullanılan ve metal ile rezin bağlantısını arttıran sistemlerdir. Yüzey kaplama solüsyonu özel bir alevden geçer ve sonuç olarak 0.1-1.0 µm kalınlığında bir silika tabakası yüzeyi kaplar. Kaplama solüsyonu tetraetoksilan (TEOS) içerir. Son yıllarda üretilen, aynı prensiple çalışan SilanopenTM tüm seramikler için dizayn edilmiştir.⁵⁷ Zirkonyum seramikler için bu sistem kullanılmaktadır.^{58,59}

b-) Tribokimyasal Silika kaplama

Seramik yüzeyine uygulanan yüzey uygulamalarından bir diğeri de tribokimyasal silika kaplama yöntemidir.^{33,54,60} Özel alet gerektiren bu işlem, günümüzde çeşitli sistemler ile gerçekleştirilebilmektedir. Bu sistemlerin esası; porselen yüzeylerinin ince ve camsı karakterde bir silikat tabakası ile kaplanmasına dayanır.⁶¹ Kumlama esnasında çarpmanın etkisiyle silika; seramik yüzeyinde 15 µm derinliğe gömülür ve böylece silika ile modifiye



Resim 5: CoJet sistemi

olan seramik yüzeyler silanla kimyasal bağ kuracak hale gelirler.³⁶ Bu amaçla en yaygın kullanılan iki sistem CoJet ve Rocatec sistemidir (Resim 5, 6). Kompozite ve silana kimyasal bağlanmaya olanak tanıyan tribokimyasal silika kaplama işlemi alüminyum oksit esaslı tam seramiklerde önerilmektedir.



Resim 6: Rocatec sistemi

CoJet Sistemi: Bu sistem; klinikte kullanılabilen bir tribokimyasal kaplama yöntemi olup, kaplayıcı-aşındırıcı bir kum ve silandan oluşur. CoJet kumu, silika partikülleriyle modifiye edilmiş 30 µm boyutunda alüminyum oksit (Al_2O_3) kumudur. Materyalin içeriğinde; %97'den fazla Al_2O_3 , %3'den az amorf silika bulunmaktadır. Dental restorasyonların ağız içi tamir işlemlerinde mekanik olarak pürüzlendirme yapılmasında ve soğuk silika kaplama amacıyla kullanılmaktadır. Silika ile modifiye edilmiş 30 µm çaplı Al_2O_3 partiküllerinin seramik yüzeyine dik bir açıyla 2–3 barlık basınç altında 15 sn boyunca püskürtülmesiyle bölgenin silika ile kaplanması sağlanır. Silikatize kumun yüzeye çok yüksek enerjiyle çarptırılması sonucu; yüzey alanı artırılır ve mikro mekanik tutuculuk elde edilir. Silikatizasyon işleminden sonraki aşama; kimyasal tutuculuk sağlamak amacıyla yüzeyin silanlanmasıdır.^{59,62}

Rocatec Sistemi: Laboratuvarda kullanılabilen bir tribokimyasal kaplama yöntemidir. Rocatec sistemi (3M ESPE)

bu konuda etkili ve kullanımı kolay bir sistemdir. İki aşamalı kumlama ve silan (ESPE-Sil) uygulanması şeklindedir.³² Rocatec Plus silika partikülleriyle modifiye edilmiş 110 µm boyutunda alüminyum oksit (Al_2O_3) kumudur. Materyalin içeriğinde; %95'den fazla Al_2O_3 , %1-5'den az amorf silika veya silisyum dioksit bulunmaktadır. Rocatec sistemi; iki aşamalı bir kumlama sistemi ile çalışmaktadır. İlk aşamada yüzeyin temizlenmesi ve aktive edilmesi amacıyla restorasyonun yüzeyi 110 µm'lik Al_2O_3 kumu ile 2.5 bar basınç altında kumlanır. Bu aşamaya 'Rocatec-Pre' adı verilir. İkinci aşamada ise; yüzeye silika partiküllerinin gömülmesini amacıyla 110 µm'lik SiO_2 kumu 2.5 bar basınç altında püskürtülür. Bu aşamaya ise 'Rocatec-Plus' adı verilir. Kumlamada kumlanacak yüzeyin dik açı oluşturan şekilde ve cihazdan 1 cm uzaklıkta; Rocatec-Pre için 10 sn. Rocatec-Plus için 12 saniye tutulmasına dikkat edilmelidir.⁶³

Zirkonyum oksit seramiklerin yüzeyine silika kaplama ve silan uygulaması işlemleri yapıldığında, sadece kumlama ile elde edilen bağlantı kuvveti değerlerinden daha yüksek değerler elde edilir.³⁵ Rocatec Sisteminin zirkonyum oksit seramiklerinde rezin simanlarla olan bağlantı dayanıklılığının araştırıldığı çalışmalarda Rocatec ile silika kaplama işleminin bağlantıyı arttırdığı bulunmuştur.^{33,37,59,64-67}

Derand ve Derand³³ üç farklı rezin simanın (Panavia 21, Twinlook ve Superbond C&B) bağlanma dayanıklılığını, 5 farklı yüzey işlemi uygulanan zirkonyum oksit seramik yüzeylerde incelemişlerdir. Bunlar hiçbir yüzey işlemi yapılmadan bırakılıp Rocatec ile silanlanan kontrol grubu, 50 ve 250 µm'lik Al_2O_3 ile kumlama yapılan gruplar, 50 µm'lik Al_2O_3 ile kumlanıp % 38'lik hidroflorik asit uygulanan grup ve elmas frezle pürüzlendirme yapılan gruplardır. Çalışma sonucunda yüzey işlemlerinden ziyade kullanılan rezin simanın, bağlanma dayanıklılığında daha önemli olduğunu

ancak SEM görüntüleri değerlendirildiğinde en pürüzlü yüzeylerin elmas frezle elde edildiğini ve bunun bağlanma direncini bir miktar arttırdığını belirtmişlerdir. Amaral ve ark.³⁶ InCeram Zirkonyaya uygulanan yüzey işlemlerinden Cojet sistem ve Rocatec Sistemin uygulanmasının ardından MPS Silan bağlayıcı ajanı uygulanan gruplarda bu işlemlerin rezin simanla olan microtensile bağlantı değerlerini arttırdığını bulmuşlardır. Yapılan araştırmalarda, siman-seramik restorasyonların kopma yüzeylerinin makroskopik incelenmesinde tüm örneklerde başarısızlığın rezin siman-seramik ara yüzünde olduğu görülmüştür. Derand ve Derand³³ ve Uludamar⁴³ yaptıkları araştırmalarda, 5 farklı yüzey pürüzlendirme işleminin rezin yapıştırma simanlarının zirkonyum seramiklere yapışmasına etkilerini incelemişlerdir. Tüm örneklerde kopmaların siman-seramik arayüzünde meydana geldiği görülmüştür. Kırılmaların büyük çoğunlukla adeziv başarısızlık sonucu oluşması, rezin siman ve yttrium ile stabilize edilmiş zirkonyum oksit örnekler arasında gerçek anlamda kimyasal bir bağlantının sağlanamadığına işaret etmektedir. Literatürde zirkonyum oksit seramiklere uygulanan çeşitli yüzey işlemleri ve bu işlemlerin rezin simanlarla olan bağlantı direncine etkisinin araştırıldığı çalışmalar mevcuttur. Fakat bugün bu alternatif mekanik ve kimyasal yöntemler konusunda henüz ideal klinik bir fikir birliği bulunmamaktadır ve bu konuda daha kapsamlı araştırmaların yapılması gereklidir.

KAYNAKLAR

1. Blatz MB, Sadan A, Kern M. Resin ceramic bonding: A review of literature. *J Prosthet Dent* 2003;89:268-274.
2. Chong KH, Chai J, Takahashi Y, Wozniak W. Flexural strength of in-ceram alumina and in-ceram zirconia core materials. *Int J Prosthodont* 2002; 15: 183-188.
3. Guazzato M, Albakry M, Ringer SM, Swain MV. Strength, fracture toughness and microstructure of a selection of all ceramic materials: Part II. Zirconia-based dental ceramics. *Dent Mater* 2004;20:449-456.
4. Raigrodski AJ. Contemporary materials and technologies for all-ceramic fixed partial dentures: A review of the literature. *J Prosthet Dent* 2004;92:557-562.
5. Walton JN, Gardner FM, Agar JR. A survey of crown and fixed partial denture failures: length of service and reasons for replacement. *J Prosthet Dent* 1986;56:416-421.
6. Diaz-Arnold AM, Vargas MA, Haselton DR. Current status of luting agents for fixed prosthodontics, *J Prosthet Dent* 1999;81:135-141.
7. El Zohairy AA, De Gee AJ, Mohsen MM, Feilzer AJ. Microtensile bond strength testing of luting cements to prefabricated CAD/CAM ceramic and composite blocks. *Dent Mater* 2003;19:575-583.
8. Li ZC, White SN. Mechanical properties of dental luting cements, *J Prosthet Dent* 1999;81:597-609.
9. McLaren EA. All-Ceramic Alternatives to Conventional Metal Ceramic Restorations, *Compend Contin Educ Dent* 1998;19:307-326.
10. Allen EP, Bayne SC, Becker IM, Donovan TE, Hume WR, Kois JC. Annual review of selected dental literature: report of committee on scientific investigation of the American Academy of Restorative Dentistry. *J Prosthet Dent* 1999;82:27-66.
11. Öztürk AN. Farklı seramik inleylerin direkt, indirekt ve klasik tekniklerle dentine bağlanma dayanımlarının karşılaştırılması 2001; Doktora tezi, Konya.
12. Rosenstiel SF, Land MF, Crispin BJ. Dental luting agents: A review of the

- current literature, *J Prosthet Dent* 1998;80:280-301.
13. Roulet JF. Degradation of Dental Polymers, Karger Publications, Basel; New York. 1987.
 14. Phillips RW. Skinner's Science of Dental Materials, W.B. Saunders Company, 9th Edition, Philadelphia. 1991.
 15. Magne P, Belser U. Bonded Porcelain Restorations in the Anterior Dentition: A Biomimetic Approach. Quintessence Publishing. Chapter 8. 2003.
 16. Öztürk Ö, Uludağ B. Kompozit rezin esaslı yapıştırma simanları ve adeziv simantasyon tekniği *TDBD* 2002;6:33-39.
 17. Ernst C-P, Cohnen U, Stender E, Willershausen B. In vitro retentive strength of zirconium oxide ceramic crowns using different luting agents, *J Prosthet Dent* 2005;93:551- 558.
 18. Ferrari M, Vichi A, Feilzer A. Operatif dişhekimliğinde gelişmeler: güncel pratik uygulamalar, Quintessence yayıncılık, cilt 1, bölüm 2006;8:95-107.
 19. Blackman R, Barghi N, Duke E. Influence of ceramic thickness on the polimerization of light-cured resin cements, *J Prosthet Dent* 1990;63:295-300.
 20. Warren K. An investigation into the microhardness of a light cured composite when cured through varying thicknesses of porcelain, *J Oral Rehabil* 1990;17:327-34.
 21. Hasegawa EA, Boyer DB, Chan DCN. Hardening of dual-cured cements under composite resin inlays. *J Prosthet Dent* 1991;66:187-192.
 22. Haffernan MJ, Aquilino SA, Diaz-Arnold AM, Haselton DR, Stanford CS, Vargas MA. Relative translucency of six all-ceramic systems. Part I: Core materials, *J Prosthet Dent* 2002;88:4-9.
 23. Haffernan MJ, Aquilino SA, Diaz-Arnold AM, Haselton DR, Stanford CS, Vargas MA. Relative translucency of six all-ceramic systems. Part II: Core and veneer materials, *J Prosthet Dent* 2002;88:10-15.
 24. Dérand T, Molin M, Kvam K. Bond strength of composite luting cement to zirconia ceramic surfaces. *Dent Mater* 2005;21:1158-1162.
 25. Libby G, Arcuri MR, La Velle WE, Hel L. Longevity of fixed partial dentures. *J Prosthet Dent* 1997;78:127-131.
 26. Kahvecioğlu S. Bir rezin simanın dört farklı metal alasımına bağlanma dayanımına metal primerlerin etkisi, 2006, Doktora tezi, Konya.
 27. Qualtrough AJE, Piddock V. Recent advances in ceramic materials and systems for dental restorations. *Dental Update* 1999;26:65-72.
 28. Nakabayashi N, Kojima K, Masuhara E. The promotion of adhesion by the infiltration of monomers into tooth substrates. *J Biomed Mater Res* 1982;16:265-273.
 29. Anusavice KJ. Recent developments in restorative dental ceramics. *JADA* 1993;124:72-84.
 30. Della Bona A, Van Noort R. Ceramic surface preparations for resin bonding. *Am J Dent* 1998;11:276-280.
 31. Della Bona A, Anusavice KJ. Microstructure, composition, and etching topography of dental ceramics. *Int J Prosthodont* 2002;15:159-167.
 32. Özcan M, Valittu PK. Effect of surface conditioning methods on the bond strength of luting cement to ceramics. *Dent Mater* 2003;19:725-731.
 33. Derand P, Derand T. Bond strength of luting cements to zirconium oxide ceramics. *Int J Prosthodont* 2000;13:131-135.
 34. Nakamura S, Yoshida K, Kamada K, Atsuta M. Bonding between resin luting cement and glass infiltrated alumina-reinforced ceramics with silane coupling agent. *J Oral Rehabil* 2004;31:785-789.
 35. Blatz MB, Sadan A, Kern M. Resin ceramic bonding: A review of

- literature. J Prosthet Dent 2003;89:268-274.
36. Amaral R, Özcan M, Valandro LF, Bottino MA. Microtensile bond strength of a resin cement to glass infiltrated zirconia-reinforced ceramic: The effect of surface conditioning. Dent Mater 2006;22:283-290.
 37. Kern M, Wegner SM. Bonding to zirconia ceramic: adhesion methods and their durability. Dent Mater 1998;14:64-71.
 38. Wegner S, Kern M. Long-term resin bond strength to zirconia ceramic. J Adhes Dent 2000;2:139-147.
 39. Piwowarczyk A, Ottil P, Lauer HC, Kuretzky T. Clinical report and overview of scientific studies and clinical procedures conducted on the 3M ESPE Lava All-Ceramic System. J Prosthodont 2005;14:39-45.
 40. Kern M, Thompson VP. Sandblasting and silica coating of a glass-infiltrated alumina ceramic: Volume loss, morphology and changes in the surface composition. J Prosthet Dent 1994;71:453-461.
 41. Awliya W, Oden A, Yaman P, Dennison JB, Razzoog ME. Shear bond strength of a resin cement to densely sintered high-purity alumina with various surface conditions. Acta Odontol Scand 1998;56:9-13.
 42. Kosmac T, Oblak C, Jevnikar P, Funduk N, Marion L. The effect of surface grinding and sandblasting on flexural strength and reliability of Y-TZP zirconia ceramic. Dent Mater 1999;15:426-433.
 43. Uludamar A. Zirkonyum oksit seramik restorasyonlarda farklı yüzey hazırlıklarının kompozit yapıştırma simanının bağlanmasına etkilerinin incelenmesi. 2006, Doktora tezi, Konya.
 44. Üsümez A, Aykent F. Bond strengths of porcelain laminate veneers to tooth surfaces prepared with acid and Er,Cr:YSGG laser etching. J Prosthet Dent 2003;90:24-30.
 45. Van Meerbeek B, De Munck J, Mattar D, Van Landuyt K, Lambrechts P. Microtensile bond strengths of an etch&rinse and self-etch adhesive to enamel and dentin as a function of surface treatment. Oper Dent 2003;28:647-660.
 46. Folwaczny M, Mehl A, Haffner C, Hickel R. Polishing and coating of dental ceramic materials with 308 nm XeCl excimer laser radiation. Dent Mater 1998;14:186-193.
 47. Gökçe B, Özpınar B, Dündar M, Çömlekoğlu E, Sen BH, Güngör MA. Bond strengths of all ceramics: Acid vs laser etching. Oper Dent 2007;32:168-173.
 48. Corona SA, de Souza AE, Chinelatti MA, Borsatto MC, Pecora JD, Palma Dibb RG. Effect of energy and pulse repetition rate of Er: YAG laser on dentin ablation ability and morphological analysis of the laser-irradiated substrate. Photomed Laser Surgery 2007;25:6-33.
 49. Silveira BL, Paglia A, Burnett LH, Shinkai RS, Eduardo P, Spohr AM. Micro-tensile bond strength between a resin cement and an aluminous ceramic treated with Nd:YAG laser, rocatec system, or aluminum oxide sandblasting. Photomed Laser Surgery 2005;23:543-548.
 50. Cavalcanti AN, Foxton RM, Watson TF, Oliveira MT, Giannini M, Marchi GM. Bond Strength of Resin Cements to a Zirconia Ceramic with Different Surface Treatments. Oper Dent 2009;34:280-287.
 51. Chan CM, Ko TM, Hiraoka H. Polymer surface modifications by plasmas and photons. Surf Sci Rep 1996;24:1-54.
 52. Denes F. Synthesis and surface modification by macromolecular plasma chemistry. TRIP 1997;5:23-28.
 53. Kumbuloğlu O, Lassila LVJ, User A, Toksavul S, Vallittu PK. Shear bond strength of composite resin cements to

- lithium disilicate ceramics. *J Oral Rehabil* 2005;32:128-133.
54. Yoshida K, Tsuo Y, Atsuta M. Bonding of dual-cured resin cement to zirconia ceramic using phosphate acid ester monomer and zirconate coupler. *J Biomed Mater Res* 2006;77:28-33.
 55. Oh W, Shen C. Effect of surface topography on the bond strength of a composite to three different types of ceramic. *J Prosthet Dent* 2003;90:241-246.
 56. Luthy H, Loeffel O, Hammerle CH. Effect of thermocycling on bond strength of luting cements to zirconia ceramic. *Dent Mater* 2006;22:195-200.
 57. Matinlinna JP, Valittu PK. Silane based concepts on bonding resin composite to metals. *J Contemp Dent Prac* 2007;8:1-8.
 58. Janda R, Roulet JF, Wulf M, Tiller HJ. A new adhesive technology for all-ceramics. *Dent Mater* 2003;19:567-573.
 59. 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. *Dent Mater* 2008;27:99-104.
 60. Kern M, Thompson VP. Sandblasting and silica coating of a glass-infiltrated alumina ceramic: Volume loss, morphology and changes in the surface composition. *J Prosthet Dent* 1994;71:453-461.
 61. Laufer BZ, Nicholls JL, Thownsend JD. SiOX-C coating: A composite to metal bonding mechanism. *J Prosthet Dent* 1988;60:320-328.
 62. Della Bona A, Anusavice KJ, Hood JAA. Effect of ceramic surface treatment on tensile bond strength to a resin cement. *Int J Prosthodont* 2002;15:248-253.
 63. Fischer J, Grohmann P, Stawarczyk B. Effect of Zirconia Surface Treatments on the Shear Strength of Zirconia/Veneering Ceramic Composites. *Dent Mater* 2008;27:448-451.
 64. Hummel M, Kern M. Durability of the resin bond strength to the alumina ceramic Procera. *Dent Mater* 2004;20:498-508.
 65. Matinlinna JP, Heikkinen T, Özcan M, Lassila VJ. Evaluation of resin adhesion to zirconia ceramic using some organosilanes. *Dent Mater* 2006;22:824-831.
 66. Valandro LF, Della Bona A, Bottino MA, Neisser MP. The effect of silica coating a densely sintered alumina ceramic on bonding to a resin cement. *J Prosthet Dent* 2005;93:253-259.
 67. Atsü S, Kılıçarslan MA, Küçükkesmen HC, Aka S. Effect of zirconium oxide ceramic surface treatments on the bond strength to adhesive resin. *J Prosthet Dent* 2006;95:430-436.