



## REVIEW ARTICLE

# New approaches in ceramic repair systems: Review

Gülfem Ergün, DDS, PhD, Ayşe Seda Ataoğlu, DDS

Department of Prosthodontics, Faculty of Dentistry, Gazi University, Ankara, Turkey

### ARTICLE INFO

*Article history:*

Received 02-April-2015

Accepted 13-August-2015

*Keywords:*

Ceramic fracture,  
Surface treatment,  
Silica coating,  
Composite,  
Ceramic repair

### ABSTRACT

Veneering porcelain fracture is a complication which is seen in all dental ceramic systems containing all ceramic and metal-ceramic restorations. Repairing the fractured veneering porcelain is important for the maintenance of restoration. The repair process is important in terms of maintenance of the restoration and can be performed intra-orally or extra-orally. Until a more durable ceramic systems have been developed, direct repair techniques are a practical solution for both the patient and the clinician. Nowadays, the focused topics to provide adhesion for ceramic repair is to create mechanical and chemical connection. In order to ensure satisfactory adhesion between the repair material and the fractured surface, certain surface treatments should be applied. The composition differences of exposed surfaces in the fracture area also cause differences in surface treatment to be applied. In this review, studies involving current ceramic repair methods, surface treatments and the differences between the materials have been discussed. Online search of the dental literature in Pubmed and Cochrane Library from 2000 to 2015 is performed with ceramic, fracture, repair, bonding, hydrofluoric acid, air abrasion, laser, silica coating, composite, silane and different combinations of these keywords. After reading the summaries of the screening of publications, 100 researches have been considered appropriate to review within the subject area. It is observed that the type of the material which is exposed on the fracture surface play an important role and to choose the ideal surface treatment method to be used in the repair process is an important factor directly on the success of the fracture repair.



## GÖZDEN MAKALESİ

# Seramik tamir sistemlerinde güncel yaklaşımlar: Derleme

Gülfem Ergün, DDS, PhD, Ayşe Seda Ataoğlu, DDS

Gazi Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi, Protetik Diş Tedavisi Anabilim Dalı, Ankara, Türkiye

### MAKALE BİLGİ

*Makale geçmişi:*

Alınan 02-April-2015

Kabul 13-August-2015

*Anahtar Kelimeler:*

Seramik kırığı,  
Yüzey işlemi,  
Silika kaplama,  
Kompozit,  
Seramik tamiri

### ÖZET

Veneer porseleninde kırık oluşumu tam seramikler ve metal destekli porselen restorasyonları içeren tüm dental seramik sistemlerde görülen bir komplikasyondur. Tamir işlemi restorasyon idamesi açısından önemlidir ve ağız içinde ya da ağız dışında gerçekleştirilebilmektedir. Daha dayanıklı seramik sistemler geliştirilene kadar direk tamir teknikleri hem hasta hem de klinisyen için pratik bir çözüm oluşturmaktadır. Günümüzde seramik tamirinde adhezyonun oluşturulabilmesi için odaklanılan konu mekanik ve kimyasal bağlantının sağlanmasıdır. Tamir materyali ile kırık yüzeyi arasında tatmin edici adhezyonun sağlanabilmesi için tamir edilecek yüzeye belirli yüzey işlemlerinin uygulanması gerekmektedir. Kırık hattında açığa çıkan materyallerin kompozisyon farklılıkları uygulanacak yüzey işlemlerinde de farklılık oluşturmaktadır. Bu derlemede, güncel seramik tamir yöntemlerini, yüzey işlemlerini ve materyaller arasındaki farklılıkları içeren çalışmalar irdelenmiştir. Pubmed ve Cochrane Library' de 2000 ve 2015 yılları arasında yapılan taramada; seramik, kırık, tamir, bağlantı, hidroflorik asit, hava abrazyonu, lazer, silika kaplama, kompozit, silan ve bu anahtar kelimelerin farklı kombinasyonları kullanılmıştır. Tarama sonucu ulaşılan yayınlardan özetlerin okunması sonrası 100 adet çalışma konu kapsamı dahilinde incelemeye uygun görülmüştür. Kırık hattında açığa çıkan materyal tipinin tamir işleminin seçiminde önemli rol oynadığı ve tamir işleminde kullanılacak ideal yüzey işlem metodunu seçebilmenin tamir işleminin başarısında direk etkili bir faktör olduğu görülmüştür.

Veneer porseleninde kırık oluşumu tam seramikler ve metal destekli porselen restorasyonları içeren tüm dental seramik sistemlerde görülen bir komplikasyondur.<sup>1</sup> Güçlendirilmiş seramik sistemlerde restorasyon kaybını bildiren klinik raporların büyük çoğunluğu üst yapı porseleni ile sınırlı kalan porselen kırığı (chipping) ya da altyapının açığa çıktığı kırık ile ilişkilidir.<sup>2,3</sup> Porselen kırıkları, dental çürüklerden sonra restorasyonun yenilenmesini gerektiren ikinci en büyük nedendir.<sup>4</sup>

Restorasyon materyaline göre, klinik olarak gözlenen kırık tipi de değişiklik göstermektedir. (Tablo 1) Kırık tipleri, üst yapı porseleni ile sınırlı kalan porselen kırığı, kor ve veneer arayüzünde kırık ve kor yapının kırılması şeklinde oluşabilmektedir. Cam seramik ve Alümina bazlı restorasyonların esas kayıp sebepleri altyapı kırığıdır.<sup>5-7</sup> Tam seramik restorasyonlardaki kırık modu yüksek dayanıma sahip olan zirkonyum oksit materyallerinin tanıtılması ile değişim göstermiştir. Bu durum; sistemin kırık modunu, kor yapıdan veneer yapıya taşımıştır.<sup>8-10</sup>

Metal destekli porselen restorasyonlara göre tam seramik sabit restorasyonlarda belirgin düzeyde daha yüksek kayıp rapor edilmiştir.<sup>5,8</sup> Özellikle zirkonya altyapılı sabit protezlerde görülen ufak üst yapı porseleni ile sınırlı kalan porselen kırıklarının sebebi olarak alt yapı ve veneer porseleninin termal ekspansiyon katsayısı arasındaki farklılık gösterilmiştir.<sup>5</sup> Ayrıca, zirkonyanın düşük termal iletkenliği ve altyapının anatomik dizayna sahip olmaması da kırık oranında artışa sebep olmaktadır.<sup>8</sup> Bazı araştırmacılar porselen kırıklarının doğal dentisyonda yer alan metal seramik restorasyonlara göre implant destekli protezlerde daha yüksek oranda görüldüğünü bildirmişlerdir.<sup>11,12</sup> Bu farklılığın olası sebebini ise, dental implantta nörolojik geri dönüşün (feed back) ve periodontal

refleks mekanizmasının olmamasına dayandırmışlardır.<sup>11</sup> Ek olarak implant üstü restorasyonun vida tutuculu ya da siman tutuculu olması da restorasyonda görülen porselen kırığı ile ilişkili diğer bir faktördür.<sup>13</sup> Bazı araştırmacılar, vida tutuculu metal restorasyonların merkezinde yer alan vida girişinin, porselen yapıda zayıflamaya neden olduğunu ileri sürmektedirler.<sup>14,15</sup> Stappert ve ark,<sup>7</sup> implant destekli alümina oksit sabit protezlerde iki farklı veneerleme tekniğinin restorasyondaki kırık tipi üzerine etkisini değerlendirdikleri çalışmalarında; presleme tekniği ile veneerlenen grupta baskın kırık tipinin bukkal yüzeyde üst yapı porseleni ile sınırlı kalan porselen kırığı şeklinde oluştuğunu gözlemlerken, manuel olarak veneerlenen grupta ise, veneer porseleninde, alt yapıda ve dayanaklarda kombine kırıkların görüldüğünü bildirmişlerdir.

Çalışmalar genellikle, porselen tamir sistemleri ile restorasyonlar arasında kesme bağlantı dayanımlarını içermektedir.<sup>16-18</sup> Porselen tamir sistemleri ile tam seramik restorasyonlar arasında oluşan kesme bağlantı dayanım değerlerine ilişkin kanıta dayalı veriler sınırlıdır. Cam bazlı seramikler kırılmaya karşı dirençsizdirler (2 MPa kırılma dayanımı, 180 MPa bükülme dayanımı). Bu restorasyonların, prepare diş yüzeyine simante edilmeleri nedeniyle diş dokusuna ya da restorasyona zarar vermeden restorasyonun uzaklaştırılması oldukça zordur. Bu nedenle veneerleme materyalindeki kırığın boyutuna bağlı olarak rezin kompozit ve adheziv tekniklerin kullanıldığı ağız içi tamir tekniklerinin kullanımı önem kazanmaktadır.<sup>19</sup> Daha dayanıklı seramik sistemler geliştirilene kadar direk tamir teknikleri hem hasta için hem de klinisyen için pratik bir çözüm olacaktır. Fakat klinikte en güvenilir sonucu verecek yöntemi seçmek halen tartışma konusudur.<sup>20,21</sup>

Pubmed ve Cochrane Library' de 2000 ve 2015 yılları arasındaki seramik tamir

**Tablo 1.** Restorasyon kayıp tipleri

Araştırmacı/Yıl	Materyal	Restorasyon Kayıp Tipleri
Sailer ve ark, 2006	36 hasta, 46 zirkonya altyapılı sabit protez incelenmiş (3 yıllık klinik takip)	%13 veneer porseleninde kopma şeklinde kırık
Raigrodski ve ark, 2006	Zirkonya seramik (3 yıllık klinik takip)	Restorasyonun yenilenmesi gereksinimi oluşturmayan minimal kopma şeklinde kırık Alt yapı kırığı görülmemiş
Sailer ve ark, 2007	Metal destekli ve tam seramik restorasyonlar kıyaslanmış (3-5 yıllık klinik takip çalışmaları derlenmiş)	Alümina ve zirkonya restorasyonlarda klinik başarı (%88.6), metal destekli restorasyonlarda (%94.4) belirgin düzeyde daha düşüktür. Cam seramik ya da cam infiltre seramik restorasyonlarda kayıp sebebi altyapı ya da veneer seramiğinde kırık Alümina seramiklerde altyapı kırığı/Zirkonya seramiklerde veneer porseleninde kopma şeklinde kırık daha sık Metal destekli sabit restorasyon: Alt yapı kırığı: %1.6 Veneer Kırığı: %2.9 Tam seramik sabit restorasyon: Alt yapı kırığı: %6.5 Veneer Kırığı: %13.6
Heintze ve Rousson, 2010	Zirkonya ve metal destekli sabit protezler üzerine sistematik derleme (en az 2 yıllık klinik takip çalışmaları incelenmiş)	Çalışmalarda zirkonya sabit protezler için bildirilen veneer porseleninde kırık oranı: %54 Çalışmalarda metal destekli porselen protezler için bildirilen veneer porseleninde kırık oranı: %34
Stappert, Baldassarri, Zhang, Hanssler, Rekow ve Thompson, 2012	36 adet implant destekli CAD/CAM alümina seramik alt yapı (konvansiyonel-manuel veneerleme ve preslenerek veneerleme kıyaslanmış)	Manuel veneerleme tekniğinde kayıp tipleri: Veneer kırığı, alt yapı kırığı ve dayanak kırığı Presleme tekniğinde kayıp tipleri: Bukkal alanda üst yapı porseleni ile sınırlı kalan porselen kırığı Manuel veneerleme tekniğinde daha yüksek direnç ve daha düşük üst yapı porseleni ile sınırlı kalan porselen kırığı oranı
Stappert, Baldassarri, Zhang, Stappert ve Thompson, 2012	Alümina kor üzerine manuel veneerleme ve preslenerek veneerleme kıyaslanmış	Alümina restorasyonlarda yüksek oranda altyapı kırığı Manuel yığma tekniğinde, preslemeye göre daha az kırık

sistemleri ile ilişkili dental literatür taramasında; seramik, tamir, bağlantı, HF asit, hava abrazyonu, lazer, silika kaplama, kompozit, silan ve bu kelimelerin farklı kombinasyonları kullanılmıştır. Tarama sonucu ulaşılan yayınlardan özetlerin okunması sonrası 100 adet yayın konu kapsamı dahilinde incelemeye uygun görülmüştür. Seçilen yayınların 82'si in vitro çalışma, 10'u in vivo çalışma ve 8'i zirkonyanın klinik kullanımı, rezin-seramik bağlantısı, metal destekli ve zirkonya destekli sabit protezlerin klinik başarısı, ağız içi tamir sistemleri, tamir işleminde kimyasal bağlantının etkisi ve metal destekli protezlerde kırık sebepleri konuları üzerine derlemelerdir. Seçilen in vitro çalışmaların büyük bir kısmı (60) farklı seramik materyaller ile rezin bağlantısının sağlanabilmesi için kullanılabilir farklı yüzey şartlandırma metodlarına ve kimyasal bağlantıyı sağlayan farklı ajanlara ilişkin veri sağlamaktadır. 10 in vivo çalışmanın; 6'sı prospektif çalışma, 1'i vaka raporu ve 3'ü retrospektif çalışmadır.

### **Restorasyon kırık sebepleri**

Çalışmalarda; klinik, laboratuvar ve travma gibi nedenlerin yer aldığı restorasyon kaybına sebep olan faktörler Tablo 2'de yer almaktadır. Termal ekspansiyon katsayısı, termal iletkenlik, faz geçişi, altyapı tasarımı ve veneerleme yöntemi literatürde yer alan veneer porseleninin kaybına ilişkin öne çıkan sebeplerdir.<sup>5,8</sup>

### **Termal ekspansiyon katsayısı**

Kor ve veneer materyalinin termal ekspansiyon katsayısı arasındaki farklılık nedeniyle oluşan termal rezidüel stres klinik olarak önem taşımaktadır.<sup>22</sup> Araştırmacılar termal ekspansiyon katsayısı uyumsuzluğu nedeniyle oluşan rezidüel gerilim stresinin hem veneer hem de kor materyalini olumsuz etkilediğini belirtmişlerdir.<sup>23</sup> Özellikle zirkonya

altyapılı restorasyonlarda fonksiyon sırasında görülen kırılmaların zirkonya ve veneer materyali arasında oluşan gerilim stresine bağlı olabileceği belirtilmiştir.<sup>24</sup> Fakat diğer yandan zirkonya kordan daha düşük termal ekspansiyon gösteren veneer porseleni ile zirkonya kor arasından oluşan uyumsuzluk, porselen yüzeyinde kompresif stres oluşumuna neden olabilmektedir. Bu kompresif stresin kırılma materyallerin başarısızlığı için gerekli olan kuvveti arttırdığı bilinmektedir.<sup>19</sup>

### **Termal iletkenlik**

Zirkonya esaslı restorasyonlardaki üst yapı porseleni ile sınırlı kalan porselen kırığı sıklığına ilişkin önem taşıyan diğer bir konu zirkonyanın düşük termal iletkenliğidir. Soğutma sırasında soğuk dış yüzey ile kopinge komşu ılık iç yüzey arasında ısı değişimi nedeniyle veneerleme porseleninde rezidüel stres oluşmaktadır.<sup>10</sup> Bu durum veneer materyalinin bünyesinde gerilim stresi ve kırık oluşumunu hızlandırmaktadır.<sup>25-27</sup> Kırık görülme sıklığının özellikle porselen veneer kalınlığının arttırılması ve hızlı soğutma oranı ile ilişkili olduğu belirtilmektedir.<sup>28</sup>

### **Faz geçişi**

Zirkonyum oksit kristallerinin stabilizasyon oksitlerinin (CaO, MgO, Y<sub>2</sub>O<sub>3</sub> ya da CeO<sub>2</sub>) çözünmesi zirkonyum oksit kristallerinin tetragonal konfigürasyonunda lokal değişikliklere sebep olabilmektedir. Sonuç olarak kristaller tetragonal fazdan daha stabil olan monoklinik faza geçiş gösterirler.<sup>29</sup> Bu durum hacimce %4 - 4.5'lük artış ile ilişkilidir.<sup>30</sup> Stresle indüklenen bu faz transformasyonunun stabilizasyon ajanları ile kontrol edilebilmesi, kırık ilerlemesini önlemek için bir sertleştirici mekanizma olarak görev yapmaktadır. Bu özellik zirkonyanın yüksek bükülme dayanımını ve sertliğini sağlamaktadır.<sup>30,31</sup> Ancak; yüzey

**Tablo 2.** Restorasyon kaybına neden olan faktörler

Restorasyon kaybına sebep olabilecek faktörler	Araştırmacı/Yıl
Travma	Chung ve Hwang, 1997; Özcan, 2003
Okluzal uyumsuzluk	Chung ve Hwang, 1997; Özcan, 2003
Parafonksiyonel alışkanlıklar	Özcan, 2003; Blum ve ark, 2012
Metal yapının bükülme yorgunluğu	Ozcan ve Niedermeier, 2002
Porselen ve metal yapı arasındaki termal ekspansiyon katsayısı arasındaki uyumsuzluk	Swain, 2009; Göstermeyer, 2012
Adheziv bağlantı kaybı	Özcan, 2003
Uygun olmayan diş preparasyonu	Chung ve Hwang, 1997; Özcan ve Niedermeier 2002
Porselen bünyesindeki porözite	Blum ve ark, 2012
Üretim sırasında oluşan rezidüel stres	Taskonak ve ark, 2005; Swain, 2009; Wady ve ark, 2014
Uygun olmayan altyapı tasarımı	Chung ve Hwang, 1997; Özcan, 2003; Özcan ve Niedermeier, 2002; Silva ve ark, 2011; Marchack ve ark, 2008
Termal iletkenlik	Swain, 2009; Taskonak ve ark, 2005; Baldassarri, Stappert, Wolff, Thompson ve Zhang, 2012
Faz geçişi	De Kler ve ark, 2007
Veneerleme yöntemi	Stappert, Baldassari, Zhang, Hanssler, Rekow ve Thompson, 2012; Baldassari, Zhang, Thompson, Rekow ve Stappert, 2011; Beuer, Schweiger, Eichberger, Kappert, Gernet ve Edelhoff, 2009

özelliklerinin değişimi gerilim streslerinin orjini olabilmekte ve porselen zirkonya arayüzünde oluşan faz transformasyonu veneer porseleninin tabanında gerilim stresleri oluşturabilmektedir. Bu durum kırık için başlangıç alanı oluşturmaktadır. Fakat; çalışma sonuçları zirkonyanın porselen ile veneerlenmesi ile oluşan gerilim streslerinin, ara yüzde genel faz değişimine neden olmak için oldukça düşük olduğunu göstermektedir.<sup>32</sup>

### **Altyapı tasarımı**

Üst yapı porseleni ile sınırlı kalan porselen kırığını etkileyen diğer bir faktör altyapı tasarımı ve altyapı kalınlığının veneer porselen kalınlığına oranıdır. Standart koping kalınlığı (0.5 mm), kişisel anatomik kron ya da sabit protez boyutları ile ilişkili değildir. Bu durum veneer porselen kalınlığında geniş varyasyona ve kor kalınlığının veneer

porselen kalınlığına oranındaki değişimlere sebep olmaktadır.<sup>33</sup> Wakabayashi ve Anusavice,<sup>34</sup> bu varyasyonun veneerlenmiş oksit seramik yapıların dayanımları ve kırık oluşum başlangıçlarında etkili olduğunu rapor etmişlerdir. Araştırmacılar anatomik tasarıma sahip altyapıların üst yapı porseleni ile sınırlı kalan porselen kırığını azaltmakta daha başarılı olduğunu göstermişlerdir.<sup>35,36</sup> Birçok araştırmacı veneer porselen kalınlığının her yerde tutarlı kalınlıkta olmasının materyal bünyesindeki rezidüel stresin daha iyi yayılması ile sonuçlanacağını rapor etmişlerdir.<sup>9,37,38</sup>

### Veneerleme yöntemi

Zirkonyum altyapılar üzerine veneer porseleninin uygulanması için ideal metodun belirlenmesine ilişkin araştırmalar devam etmektedir.<sup>6,9,39</sup> Stappert ve ark,<sup>6</sup> alüminyum oksit seramik yapılar üzerine manuel olarak ve presleme yöntemi ile veneer porseleninin yığılması işlemlerini, kırık modu ve mekanik dayanım açısından kıyaslamışlardır. Gruplar arasında kırık modu açısından anlamlı farklılık görülmemiştir. Ancak, manuel olarak veneerleme yönteminin kullanıldığı grup, presleme yönteminin kullanıldığı gruba oranla daha yüksek mekanik dayanım göstermiştir. Benzer şekilde, Baldassari ve ark,<sup>9</sup> zirkonyum oksit altyapının presleme yöntemi ile veneerlenmesinin, manuel veneerleme yöntemine göre kopma şeklinde porselen kırığına daha yatkın restorasyonların oluşumuna sebep olacağını bildirmişlerdir. Beuer ve ark<sup>40</sup> ise, veneerleme tekniği olarak, presleme, manuel veneerleme ve CAD/CAM ile veneer yapının ayrıca üretilerek zirkonya altyapı üzerine adapte edildiği sinterleme tekniğini kırılma dayanımı açısından kıyaslamışlardır. Diğer çalışmaların aksine; presleme ve manuel veneerleme yöntemi arasında kırılma dayanımı açısından farklılık bildirmemişler, ancak sinterleme tekniğinin mekanik stabilitede ciddi

düzeyde artışa sebep olduğunu rapor etmişlerdir.

### Restorasyonun tamir seçenekleri

Tamir sistemlerindeki hedef; tamir materyali ile restorasyonun fonksiyon ve estetiğini yeniden sağlayabilmektir.<sup>41</sup> Tam seramik ya da metal destekli porselen restorasyonlar için tamir seçenekleri; ağız içi ve ağız dışı tamirlerdir. Hangi tip tamirin seçileceğinin belirlenmesi, hekimin bu yöntemlerin birbirlerine göre avantaj ve dezavantajlarını dikkatlice değerlendirmesi ile mümkün olmaktadır.

### Ağız dışı tamir sistemleri

Restorasyonun ağız dışında tamir edilmesi, restorasyonun ağızdan uzaklaştırılması ve teknisyenin restorasyonu yeniden veneerleyerek fırınlaması işlemidir. Porselen kullanımı ile uygulanan indirek tamir tekniği, klinik ve laboratuvar süreçleri içermektedir. Tamiri yapılan restorasyonun kendi içerisindeki renk uyumunun elde edilmesinde bu teknik oldukça başarılıdır.<sup>42</sup> Bununla birlikte hasar gören restorasyonun ağızdan uzaklaştırılması ve laboratuvara gönderilmesi süreci, hastayı estetik kaygıya düşürmektedir. Kırık hattının tamiri için porselen uygulaması sonrası restorasyonun yeniden fırınlanması seramik restorasyona hasar verebilmektedir.<sup>42,43</sup> Restorasyonlar üretim ve prova aşamalarında glaze işlemi de dahil olmak üzere en az iki kez fırınlanmaktadır. Provaların tekrarlanması gereken durumlarda ise, fırınlama sayısı artabilmektedir. Bu nedenle tamir işlemi için ağız dışı tamir yöntemi seçildiğinde, restorasyonun fırınlanma sayısının da arttırılmış olunacağı gerçeği göz ardı edilmemelidir. Tekrarlayan fırınlamaların seramik materyalinin rengi üzerine olumsuz etkilerine ilişkin birçok verinin<sup>44,45</sup> olmasının yanı sıra, seramiğin kırılma dayanımı<sup>46</sup> boyutsal stabilitesi, dış yapısı üzerine adaptasyonu<sup>47</sup> ve marjinal uyumuna<sup>48</sup>

ilişkin olumsuz etkiler de çalışmalarda gösterilmiştir. Tam seramik restorasyonlar metal destekli restorasyonlara kıyasla ısı değişimlerine ve tekrarlayan fırınlamalara karşı daha hassastır. Estetik avantajının yanı sıra; yüksek tedavi maliyeti, restore edilmiş dişe zarar verilmesi olasılığı, zaman kaybı, restorasyonun çıkarılmasındaki zorluk, hastanın hızlı bir sonuç elde etme talebi ve restorasyonun fırınlama ısısından olumsuz etkilenme ihtimali gibi sebepler; restorasyonun ağız içerisinde tamir edilmesi ihtiyacını oluşturmuştur.<sup>49</sup>

### Ağız içi tamir sistemleri

Ağız içi tamir teknikleri ile restorasyonun yenilenme ihtiyacı ortadan kalkmakta ve restorasyon ağızda kullanılmaya devam edilebilmektedir. Böylece para ve zaman tasarrufu sağlanmakta aynı zamanda kırık hattında oluşan düzensiz yüzeyin ortadan kaldırılması sayesinde kırık alanına mikroorganizma birikimi de önlenmektedir.<sup>43</sup> Metal ya da seramik kor yapının açığa çıkmadığı ve posterior alandaki ufak üst yapı porseleni ile sınırlı kalan porselen kırıklarında kırık yüzeyinin polisajlanması bir çözüm oluşturabilmektedir.<sup>1</sup> Zirkonya bazlı restorasyonlarda kırık genellikle ufak ve üst yapı porseleni ile sınırlı kalan porselen kırığı şeklinde ve alt çene sabit protezlerde genellikle 2. molar kronlarda görülmektedir. İlave olarak; metal destekli porselen ve zirkonya sabit protezler için polisaj ya da tamir ile giderilebilecek üst yapı porseleni ile sınırlı kalan porselen kırığı sıklığı, restorasyonun çıkartılmasını gerektiren üst yapı porseleni ile sınırlı kalan porselen kırığı sıklığına göre oldukça yüksektir.<sup>8</sup> Bu nedenle çoğu vakada üst yapı porseleni ile sınırlı kalan porselen kırığı restorasyonun fonksiyonunu etkilememekte ve restorasyon kolaylıkla tamir edilebilmektedir.<sup>1</sup>

1. Kayıp porselen parçasının kompozit bazlı rezin yapılar ile tamir edilmesi:

Tamir için ağız içerisinde kırık yüzeye kompozit uygulanması; daha kısa sürede sonuç elde edilmesi, düşük maliyet<sup>13</sup> ve uygulama kolaylığı sağlamaktadır. Dezavantajları ise; düşük dayanım, translusensi yetersizliği, kalan dişler ile renk uyumunun sağlanmasındaki zorluktur. Direk tamir tekniği uzun dönemde başarılı estetik sonuçlar veremeyebilmektedir. Bunun sebebi, kompozit rezinlerin dental porselenler gibi renk stabilitesi gösterememesidir ayrıca bağlantı dayanımı zamanla azalmaktadır.<sup>42</sup>

2. Kırık porselen yapı elde mevcut ise, kırık parçanın rezin siman ile kırık alanına uygulanması<sup>1</sup>
3. Restorasyonun kırık alanına uygulanmak üzere yeni bir veneer tabakasının oluşturulması ve seramik veneerin var olan restorasyon yüzeyine adheziv olarak bağlanması:

Geniş kırık yüzeylerin varlığında ya da estetik sonucun önem taşıdığı anterior bölge kırıklarında kırık parçanın yeniden ilgili alana uygulanması ya da bir veneer tabakasının oluşturulması ve kırık alanın yeni üretilen veneer tabakası ile giderilmesi ideale en yakın sonucu verecektir.<sup>1</sup> Wady ve ark,<sup>13</sup> implant destekli metal-seramik restorasyonun simantasyonundan iki yıl sonra meydana gelen kırık hattının tedavisi için bu tekniği kullanmışlardır. Losit ile güçlendirilmiş cam seramik (IPS Empress e.max) kullanılarak hazırlanan laminate restorasyon ağız içerisinde modifiye edilen kırık yüzeyine simante edilmiştir. Bu teknik ile hem restorasyonun çıkarılması gereksinimi elimine edilmiş hem de porselen kullanımı ile uzun dönem klinik başarı ve estetik sonuç sağlanabilmesi hedeflenmiştir. Kırık parçanın yeni üretilen veneer tabakası ile restore edilmesinin dezavantajları ise tedavi süresinin uzaması ve uygulama alanında yapılan preparasyon nedeniyle geçici gereksiniminin oluşabilmesidir.<sup>13</sup>



### **Ağız içi tamir sistemlerini etkileyen faktörler:**

Yüzey şartlandırma işlemleri  
Tamir için kullanılan rezinin yüzeye adhezyonunu daha başarılı hale getirebilmek için seramik yüzeyine yüzey şartlandırma işlemlerinin uygulanması gerekmektedir.<sup>19</sup> Ağız içi tamir sistemleri mekanik olarak yüzey alanını arttırarak, yüzey gerilimini azaltarak ve ince yapılı yüzey pürüzlülüğü sağlayarak, rezin ile metal ya da seramik yapı arasında mekanik/kimyasal bağlantı sağlamaktadırlar. Kimyasal olarak da cam matriksin çözünmesi ile oluşan fiziksel değişim sonucunda rezinin pöröz yüzeye adhezyonunu sağlamaktadırlar.<sup>50</sup>

#### **1) Mikromekanik retansiyon**

Rezin kompozit ile seramik tamir işleminin yapılabilmesi için mikroretantif seramik yüzeyinin oluşturulması gerekmektedir.<sup>20</sup> Mekanik retansiyon sağlanabilmesi için uygulanabilecek yüzey işlemleri:

- Hidroflorik (HF) asit ile pürüzlendirme
- Fosforik asit ya da asidüle edilmiş fosfat florid ile pürüzlendirme
- Alüminyum oksit ile hava-partikül abrazyonu ile pürüzlendirme
- Elmas frez ile pürüzlendirme
- Lazer uygulaması ile pürüzlendirme.

#### **a) Asitle pürüzlendirme**

Asitle pürüzlendirme direk ve indirek tamir işlemlerinde önemli bir basamaktır.<sup>51</sup> Asitle pürüzlendirme işlemi, seramiklerin yüzey enerjilerini ve rezinin seramik yüzeyine bağlantı potansiyelini değiştirerek seramik yapının yüzey alanını ve ıslanabilirliğini arttırmaktadır.<sup>52,53</sup>

60 sn süre ile % 2.5 -10 'luk HF asit uygulaması (Porcelain Etchant, %9.5 vs.) kırık yüzeyinin tamir işlemine hazırlanması için klinikte kullanılabilecek en kolay yoldur.

Asite duyarlı lityum disilikat cam seramik yapıların HF asit ile pürüzlendirilebildiği bilinmektedir. Silikat yapılarda bağlantının çözülebilmemesini sağlayabilecek tek asit HF asittir. HF asit, cam matrikste hekzaflorosilikat yapı oluşumunu sağlayan silika içeriğine etki etmektedir.<sup>54</sup> HF asit uygulaması cam matriksi çözerek, kristalin yapının açığa çıkmasına ve böylece mikropörözite oluşturarak rezin ile mekanik kilitlenme (mikro mekanik retansiyon) için uygun yüzey oluşumuna neden olmaktadır.<sup>41,55</sup> Asitle pürüzlendirme ile doygun (sature) olmayan oksijen bağlantıları oluşturulmaktadır. Bu yapılar silan için bağlantı sağlayıcı yapılar olarak görev yapmaktadır. Hooshmand ve ark<sup>56</sup> ve Zogheib ve ark,<sup>53</sup> asitle pürüzlendirmenin cam seramiklerin biaksiyel bükülme dayanımını ciddi oranda azalttığını rapor etmişlerdir. HF asitin silikat seramiklerdeki etkinliğine rağmen mevcut asitlerin; düşük silika içeriğine sahip olan (hacimce <%15) metal ya da oksit seramik materyallerin, metal bağlantısını ya da yoğun ve dayanıklı oksit seramik bağlantısını kırabilecek güçte olmaması nedeniyle bu yapılar asitle pürüzlendirilememektedir.<sup>51</sup> Bununla birlikte; HF asitin ağız içerisinde kullanımı toksik özellikleri nedeniyle tartışmalıdır. Toksik ve yakıcı (kostik) etkisi nedeniyle hekime ve hastaya olası zararlı etkisi kullanımının azaltılması gerekliliği düşüncesini doğurmuştur. Bazı tamir kitlerinde %35-40' lık fosforik asit HF asite alternatif asitleme ajanı olarak kullanılmıştır.<sup>20</sup> Fakat; yapılan bir çalışmada, fosforik asitin seramik morfolojisinde değişim oluşturmadığı ve genellikle mekanik pürüzlendirme sonrasında yüzeyin temizlenmesi için kullanılabileceğinin bildirilmesi nedeniyle, seramik tamirinde kullanımı

tartışmalı olup tamir kitlerinde bulunmaları gereksiz görülmektedir.<sup>57</sup>

#### b) Hava abrazyonu

Kumlama ile yüzeyde ince yapılı pürüzlülük sağlanarak mikromekanik retansiyon oluşturulmaktadır. Kumlama işlemi, toplam yüzey alanını arttırırken, yüzey gerilimini azaltarak rezinin yüzeyi ıslatabilirliğini arttırmaktadır.<sup>58</sup> Uygulayıcılar, ağız içi kumlama cihazları kullanarak minimal güvenlik riski ile etkili yüzey pürüzlülüğü oluşturabilmektedirler. (örn; Microetcher II, Danville, San Ramon, Calif). 2-3 bar basınçla 50 mikrometrelik alüminyum oksit ile hava abrazyonunun yüzeyi temizleyeceği, pürüzlendireceği, genişleteceği ve aktive edeceği bildirilmiştir.<sup>59,60</sup>

Hava abrazyonu uygulamasının en önemli dezavantajı restorasyonun uzun dönem performansını etkileyebilecek olası yüzey hasarıdır. Alüminyum oksit partikülleri yüksek enerji ile yüzeye çarptığında, yüzeyde ufak yüzey bozuklukları oluşturmaktadır. Bu durum materyali olumsuz etkilemese de, dental seramikler gibi kırılabilir materyallerdeki bu yüzey bozukluklarının görüldüğü alanlar genellikle kırıkların başlangıç noktasını oluşturmaktadır.<sup>61</sup>

Restorasyonun hasar görmemiş yüzeyinin alüminyum oksit partiküllerinden korunması zordur. Bu nedenle kumlama işlemi cam seramik (silikat materyaller) yüzeylerinde önerilmemektedir. Restorasyonun yüksek dayanımı ve gelecekteki klinik performansı açısından; silikat seramik restorasyonlarda hava abrazyonu yerine asitle pürüzlendirme yönteminin kullanılması önerilmektedir. Bununla birlikte, hava abrazyonu oksit seramikler ve metaller için önemlidir. Çünkü asitle pürüzlendirme bu yüzeylerde yeterli pürüzlülüğü oluşturamamaktadır.<sup>62,63</sup>

#### c) Elmas frez ile pürüzlendirme

Elmas frez ile pürüzlendirme bazı tamir posedürlerinde yüzeydeki desteksiz kalan porselen yapının ve ağız içerisinde oluşan smear tabakasının uzaklaştırılması amacıyla kullanılmaktadır.<sup>21,64</sup> Elmas frez ile pürüzlendirme işlemi, keskin yüzey düzensizliği oluşturmaktadır. İlave olarak seramik yüzeyinde stres birikimine neden olan mikro çatlaklar ve takiben oluşabilecek kırıklara sebep olabilmektedir.<sup>65</sup>

#### d) Lazer uygulaması

Teknolojik gelişmeler ile birlikte diş hekimliğinin tüm dallarında lazer kullanımı artmaktadır.<sup>66</sup> Erbium-doped yttrium aluminum garnet (Er-YAG), karbon dioksit (CO<sub>2</sub>) ve Neodymium garnet yttrium aluminum (Nd: YAG) lazerler seramik yüzeylerinde bağlantı sağlamak amacıyla yüzey pürüzlülüğünün elde edilebilmesi için birçok araştırmacı tarafından kullanılmaktadır.<sup>16,67-69</sup>

ER,Cr: YSGG (erbium, chromium: Yttrium-scandium-gallium-garnet) lazer ise diğer bir etkili sert doku lazeridir. ER-YAG ve ER,Cr: YSGG (erbium, chromium: Yttrium-scandium-gallium-garnet) lazer sistemler temel özellikleri bakımından benzerdir. Dalga boyu, mevcut atım (puls) değerleri ve enerji yoğunluğu bakımından ufak farklılıklar göstermektedir.<sup>16,70</sup> Lazer uygulamasının dentin ve mine dokusu üzerine etkisini inceleyen birçok çalışma yapılmasına karşın, yüksek dayanımlı dental seramiklerin resin simana bağlantısında yüzey işlemi olarak kullanılmasına ilişkin veriler<sup>69</sup> ve bu sistemlerin diğer yüzey işlemleri ile birlikte kullanımına ilişkin veri sınırlıdır.<sup>71</sup> Er: YAG lazer mikro patlamalar ile seramik yüzeyinden partikül kaldırarak yüzeye etki etmektedir. Bu işlem ablasyon olarak adlandırılmaktadır. Lazer uygulaması

sırasında oluşan ısınma ve soğuma fazları materyal bünyesinde içsel gerilimler oluşturabilen lokal ısı değişimlerine sebep olabilmektedir.<sup>72</sup> Güncel lazer sistemlerin seramik yapılar üzerindeki yüzey pürüzlülüğünü sağlayabilme kapasiteleri çalışmalarda enerji yoğunluğu değerlerinin değişimi yoluyla test edilmiştir. Çalışmalarda genellikle 0.5-6 W enerji yoğunluğu değerleri değerlendirilmiştir. Fakat klinik olarak önerilebilecek kesin enerji parametrelerini oluşturabilecek yeterli veri henüz literatürde yer almamaktadır. Akhavan ve ark,<sup>16</sup> 4W enerjide CO<sub>2</sub> lazerin zirkonya restorasyonlarda yüzey işlemi olarak kullanılabilceğini ve 3W enerjide Er,Cr: YSGG lazerin 4W enerjide CO<sub>2</sub> lazer ile benzer bağlanma başarısı gösterdiğini bildirmişlerdir. Kasraei ve ark<sup>67</sup> ise 3W enerjide uygulanan CO<sub>2</sub> lazerin, 2W enerjide uygulanan Er: YAG lazere kıyasla zirkonya seramiklerde daha yüksek bağlanma değeri gösterdiğini bildirmişlerdir. Dental seramiklerde yüzey pürüzlülüğünün sağlanması amacıyla Nd: YAG lazeri de kullanan birçok çalışma mevcuttur.<sup>71</sup> Madani ve ark.<sup>66</sup> yaptıkları çalışmada metal seramik restorasyonlara uyguladıkları farklı yüzey işlemleri ile kompozitin yüzeye bağlantı dayanımını değerlendirdikleri çalışmalarında kumlama ya da Nd: YAG lazer ve kumlama işlemlerinin birlikte kullanımının daha başarılı bağlanma dayanımı gösterdiğini bildirmişlerdir. Kırmalı ve ark<sup>71</sup> 'nın frez ile pürüzlendirme, kumlama ve farklı lazer sistemlerini kullanarak kompozit rezinin zirkonya yüzeyine bağlanma dayanımını değerlendirdikleri çalışmalarında, kumlama ve Er,Cr: YSGG lazer bağlanma dayanımını arttırmış, fakat istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunmamıştır. Bu sonucun sebebinin olarak sadece 1.5 W enerji parametresinin kullanılması olabileceği

gösterilmiştir. Aynı çalışmada Nd: YAG (1W) lazer yalnız başına kullanıldığında Er,Cr: YSGG (1.5W) lazere göre daha yüksek bağlantı dayanımı göstermiştir. Ayrıca çalışmada lazer ve kumlamanın birlikte kullanılmasının bağlantı dayanım değerlerini anlamlı derecede arttırdığı görülmüş ve bu duruma silika kaplamanın lazer etkinliğini arttırmasının neden olabileceği belirtilmiştir. Kursoğlu ve ark<sup>69</sup>, lityum disilikat cam seramik yüzeyine Er,Cr: YSGG'i farklı enerji parametreleri (1.5W, 2.5W ve 6W) ile uygulamış 1.5 W ve 2.5 W gruplarında 6W grubuna kıyasla belirgin şekilde yüksek kompozit bağlanma değeri elde etmişlerdir.

Güncel bir yaklaşım olarak açığa çıkmış metal alaşım yüzeyine opak porselen uygulaması sonrasında lazer uygulaması silika-lazerleme olarak tanımlanmaktadır. Sadat Madani ve ark<sup>73</sup>'ün çalışmalarında metal alaşım yüzeyine sadece lazer uygulanan gruba kıyasla, silika-lazerleme uygulanan grupta belirgin düzeyde yüksek bağlantı dayanımı bildirmelerine karşın, Madani ve ark,<sup>66</sup> Ni-Cr metal alaşımlarda yüzey işlemlerinin etkisini inceledikleri çalışmalarında silika-lazerleme işleminde sadece lazer uygulanan gruba kıyasla istatistiksel bir farklılık bildirmemişlerdir. Ayrıca, Madani ve ark,<sup>66</sup> Nd: YAG lazer (8W) ve kumlamanın birlikte kullanılmasının daha başarılı bağlanma dayanım değeri sağladığı belirtilmiştir.

## 2) Kimyasal bağlantı

Seramik yüzeyi ya da metal yüzeyi ile hidrofobik rezin arasındaki kimyasal bağlantı silanlara da fosfat monomerler gibi bifonksiyonel monomerler ile oluşturulmaktadır.<sup>33</sup> Kompozit rezinin seramik yüzeyine bağlanabilmesi için anahtar faktör silan uygulamasıdır (örn; RelyX Ceramic Primer, 3M, ESPE ya da Monobond-S, Ivoclar Vivadent). Silan

uygulaması seramik bünyesindeki silika içeriği ile siloksan yapı oluşturabilmesi sebebiyle önerilmektedir.<sup>74</sup> Klinik diş hekimliğinde kullanılan silan kaplama ajanı içerisinde bulunan 3-metakriloksipropil-trimetoksisilan (MPTS)<sup>75</sup>, organik (kompozit) ve inorganik (seramik) yapı arasında dual kovalent bağlantı (hidrofobik siloksan bağlantı) sağlamaktadır.<sup>20,33,39,76</sup> Silan ile rezin arasındaki bağlantı rezin matriksin metakrilat grubu ile silan molekülünün metakrilat grubu arasında ilave polimerizasyon reaksiyonu ile oluşmaktadır. Silan ile seramik yüzeyi arasındaki bağlantı ise hidrolize silan molekülündeki silanol grubu ile seramik yüzeyindeki silanol grubu (Si-O-H) arasında kondenzasyon reaksiyonu ile oluşmaktadır.<sup>77</sup> Ayrıca; silanlar rezin penetrasyonu için yüzeyin ıslanabilirliğini sağlayarak rezin-silikat bağlantısını sağlamaktadır.<sup>76,78</sup>

### **Silika kaplama (silika kaplı alüminyum oksit partikülleri ile kumlama, tribokimyasal kaplama)**

Silika kaplama yönteminde, 30 µm'lik silika kaplı Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> (SiO<sub>x</sub>) yüzeye uygulanmakta ve silan yüzeyde oluşan silika tabakası ile reaksiyona girmektedir. Silika kaplama ince yapıli mekanik retansiyon sağlamaktadır. Silika kaplama işlemi, alüminyum, alüminyum/zirkonyum ya da zirkonyum seramiklerde önerilmektedir. Yüksek kristal içerikleri nedeniyle asitle pürüzlendirme kompakt yapılarına etki edememektedir. Bu nedenle silika kaplama işlemi; düşük silika içeriğine sahip asite dirençli seramiklerde endikedir.<sup>19</sup> Silanol grubu içermeyen metal ya da oksit seramik materyaller eğer silanize edilebilirler ise, silana bağlanabilmektedirler. Bu işlem tribokimyasal kaplama olarak adlandırılmaktadır.<sup>79</sup>

### **Bifonksiyonel fosfat monomerler**

Bazı moleküller metal ya da oksit seramik yüzeyleri ile rezin arasında direk kimyasal bağlantı oluşturabilmektedir. Bifonksiyonel fosfat monomerler (10-metakriloyloksidesil dihidrojen fosfat-MDP ya da 4-metakriloksietil trimelitat anhidrit) bir uçları ile metal oksit ya da oksit seramik yüzeyine ve diğ er uçları ile ise rezine bağlanmaktadır.<sup>24,76,80</sup> Bu yapılar metal ya da seramik primeri olarak piyasada mevcuttur (örn; Alloy Primer, Kuraray Noritake). Bu materyaller uyumlu oldukları rezin simanlar ile kullanılmaktadır. Bifonksiyonel fosfat monomerler, rezin simanın bir parçası olabilmektedir. Bu durumda, rezin siman içeren modifiye fosfat monomer olarak adlandırılmaktadırlar. Silan ve metal/seramik primerini birarada içeren ürünler mevcuttur (örn; Monobond Plus, Ivoclar Vivadent ve Clearfil Ceramic Primer, Kuraray, Noritake). Bunlar restorasyondaki kırık hattında farklı materyallerin ekspoz olduğu durumlarda ağız içi tamir için uygundur.<sup>1</sup>

### **Silan kurutma işleminin bağlantı dayanımına etkisi**

Silanın kimyasal etkileşiminin hızlandırılması amacıyla reaksiyon asit ya da ısı ile katalize edilmektedir. Silana ısı uygulanması silanın yoğunluğunun artmasını sağlayarak tamir kompoziti ile silan tabakası arasındaki bağlantıyı güçlendirebilmektedir.<sup>81</sup> Isı uygulanması silanol gruplarının kondenzasyonu sırasında oluşan solventin (alkol), suyun, reaksiyon ürünlerinin buharlaşmasına sebep olmaktadır. İlave olarak; silan ve silika yapı arasındaki kondenzasyon reaksiyonu ile siloksan yapının oluşumuna yardım etmektedir.<sup>52,82</sup> Colares ve ark,<sup>54</sup> yaptıkları in vitro çalışmada, lityum silikat cam seramik yüzeyinin ve silan kurutma ısısının rezin kompozitin seramik yüzeyine bağlantı dayanımı üzerindeki etkisini

değerlendirmişlerdir. Yüzey pürüzlendirme işlemi olarak %9,5 'lik HF asit uygulaması ve 50µm'lik alüminyum oksitle kumlama uygulanmıştır. Silanın kurutulması için ise, oda ısısında bekletme ve 45±5°C'de hava uygulaması işlemlerini kullanılmıştır. Çalışmada bu işlemler arasında istatistiksel bir fark bulunmamıştır. Barghi ve ark<sup>83</sup> ise iki aşamalı silan uygulamasından ısıl işlem uygulamasının bağlantı değerlerinde artış sağladığını göstermişlerdir.

### **Tamiri yapılacak materyallerin mikroyapı farklılıkları ve bağlantı dayanımına etkisi**

Kırık hattında açığa çıkan yüzey özelliğine göre farklı bağlantı değerlerinin oluşması nedeniyle, seramik ve veneer porseleni yüzeyine uygulanan tamir sistemlerinin bağlantı dayanımının değerlendirilmesi oldukça önemlidir.<sup>84</sup> Zirkonya seramikler hacimce %1'den düşük silika içeriğine, alümina seramikler ise hacimce %5'den küçük silika içeriğine sahiptir. Veneer seramiğin silika içeriği ise, %50-60 aralığındadır. Silika içeriği, yüzey işlemi ve kimyasal etkileşim ile elde edilen mikromekanik kilitlenmeyi arttırmaktadır.<sup>85</sup> Lee ve ark,<sup>85</sup> kırık hattında açığa çıkan materyal tipinin kompozit rezin ile bağlantı dayanımına etkisini inceledikleri çalışmalarında, yüzeydeki veneer materyali oranı arttıkça bağlantı dayanımının belirgin oranda arttığını ve bu durumun silika içeriğindeki artış olduğunu bildirmişlerdir. Bu nedenle tamir işlemlerinin etkinliğinin değerlendirilmesi ve kliniğe yansıtılabilecek çıkarımların yapılabilmesi için silikat seramik ve oksit seramik yapılara uygulanan yüzey işlemlerinin bağlantı dayanımına etkisi incelenirken bu durum göz önünde bulundurulmalıdır.<sup>86</sup>

### **Silikat seramikler**

Silikat seramik yüzeyleri için uygun asitle pürüzlendirme ve mekanik işlem

metotlarının tartışmalı olmasına karşın silan uygulaması temel uygulama olarak görülmektedir.<sup>18,78</sup> HF asitle pürüzlendirmeden daha düşük sağlık riski taşıyan asidüle edilmiş fosfat florid ve fosforik asit gibi asitle pürüzlendirme işlemlerinin mikroretantif yüzey oluşturabilecekleri görülmektedir.<sup>18,87,88</sup> Bu asitler yüzey temizleme etkisine sahip olmaları nedeniyle yalnızca silikat seramik yüzeyini daha ulaşılabilir hale getirerek silanın bağlantı dayanımını sağlamaktadırlar.<sup>88-90</sup> HF asit uygulaması ve hava abrazyonunun eşit başarıya sahip olduğu görülmektedir.<sup>18,54,60,87</sup> Bu nedenle bazı araştırmacılar hasta, teknisyen ve klinik ekibin maruz kalabileceği herhangi bir sağlık riskinin önlenmesi için sadece hava abrazyonu kullanımı ya da ağız içi silika kaplama sistemi kullanımını önermektedirler.<sup>43,91</sup> Diğer çalışmacılar ise; uygulama kolaylığı olması, literatür sonuçlarının güçlü olması ve silikat seramik materyallerde daha az hasar verici olmaları nedeniyle HF asit ile pürüzlendirmeyi tercih etmektedirler.<sup>76,88,92</sup> Mohamed ve ark<sup>93</sup> ise, feldpatik seramik yapılar üzerine farklı yüzey işlemlerinin etkilerini inceledikleri çalışmalarında hidroflorik asit ve fosforik asitin birlikte kullanımının en yüksek bağlantı dayanımı değerini gösterdiğini bildirmişlerdir. (Tablo 3)

### **Oksit seramikler**

Kırık oksit seramik yüzeye uygulanacak mekanik işlemin seçimi için silika kaplama yüzey işlemi (Cojet) ve hava abrazyonundan biri tercih edilebilmektedir. Hava abrazyonu, oksit seramiklerin biaksiyel dayanımına olumsuz etki göstermeksizin,<sup>94</sup> rezin siman ya kompozit ile bağlanmayı sağlayabilecek pürüzlülüğü oluşturabilmektedir.<sup>30</sup> Bu işlemler, sonrasında uygun kimyasal işlemin uygulanması durumunda eşit etkinlikte sonuçlar elde edilmektedir.<sup>80,95</sup> Ağız içi

**Tablo 3.** Silikat seramiklere rezin bağlantısının sağlanabilmesi için kullanılan yüzey şartlandırma işlemlerine ilişkin çalışmalar

Araştırmacı/ Yıl	EF	HF	Diğer asitler	HA asit	HA ve HF	SK	Silan	FM	SONUÇ
Shahverdi ve ark, 1998	+	+	-	+	+	-	+	-	Kumlama+HF asit uygulaması ve silan uygulaması işlemi en yüksek bağlantı değerini sağlamıştır
Della Bona ve ark, 2000	-	+	APF	-	-	-	+	-	HF asit sonrası silan uygulanması en yüksek bağlantı değerini sağlamıştır
Kato ve ark, 2000	-	+	H <sub>3</sub> PO <sub>4</sub> APF	+	-	-	-	-	H <sub>3</sub> PO <sub>4</sub> klinik olarak alternatif olabilir, fakat HF asit ile elde edilen bağlantı değerleri daha yüksektir
Canay ve ark, 2001	-	+	APF	-	-	-	+	-	HF asit, APF'ye oranla belirgin düzeyde daha etkilidir
Borges ve ark, 2003	-	+	-	+	-	-	-	-	HF asit ve HA yüzey pürüzlülüğünü arttırmada etkin yöntemdir
Filho ve ark, 2004	-	+	-	-	-	-	+	-	HF asit sonrası silan uygulanması en yüksek bağlantı değerini sağlamıştır
Brentel ve ark, 2007	-	+	APF	-	-	-	+	-	HF asit ya da APF sonrası silan uygulaması bağlanmayı belirgin düzeyde arttırmıştır En iyi bağlantı değeri HF asit sonrası silan uygulaması ile elde edilmiştir
Peumans ve ark, 2007	-	+	H <sub>3</sub> PO <sub>4</sub>	-	-	-	+	-	HF asit uygulaması silan uygulamasından bağımsız olarak bağlantı değerinin belirgin düzeyde arttırmıştır
Salvio ve ark, 2007	-	+	-	+	-	-	+	-	HF asit sonrası silan uygulaması en yüksek bağlantı değerini sağlamıştır

(devamı...)

**Tablo 3.** (devamı)

Araştırmacı/ Yıl	EF	HF	Diğer asitler	HA asit	HA ve HF	SK	Silan	FM	SONUÇ
Ozcan ve ark, 2009	+	+	H <sub>3</sub> PO <sub>4</sub>	-	-	+	+	+	Yaşlandırma öncesinde, HF asit sonrası silan uygulaması en yüksek bağlantı değerini sağlamıştır. Yaşlandırma sonrasında ise; silika kaplama en yüksek bağlanma değerini sağlamıştır
Klosa ve ark, 2009	-	+	H <sub>3</sub> PO <sub>4</sub>	-	-	-	+	-	Kontamine silikat seramik yüzeyini temizlemek ve pürüzlendirmek için en etkili yol HF asit ile pürüzlendirilmedir
Colares ve ark, 2013	-	+	-	+	-	-	+	-	%9,5 'lik HF asit uygulaması ve 50µm'lik alüminyum oksitle kumlama Silanın kurutulması için ise, oda ısısında bekletme ve 45±5°C'de hava uygulaması. Gruplar arasında istatistiksel bir fark bulunmamıştır
Mohamed ve ark, 2014	-	+	H <sub>3</sub> PO <sub>4</sub>	-	-	+	-	+	Yüzey işlemi için hidroflorik asit ve fosforik asitin birlikte kullanımını en yüksek bağlantı dayanım değerini göstermiştir

+: Çalışmada test edilen yüzey işlemi, -: Çalışmada test edilmeyen yüzey işlemi, EF: Elmas frez ile yüzey aşındırması, HF: Hidroflorik asit, HA: Hava abrazyonu, SK: Silika kaplama, Tribokimyasal Kaplama, CoJet silikat seramik yüzey işlemi, FM: Fosfat monomer, Metal alaşım primeri ya da modifiye rezin siman, H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub>: Fosforik asit, APF: Asidüle edilmiş fosfat florid

silikat kaplama yüzey işleminin kullanımı, silan ya da silan ve fosfat monomer kombinasyonlarının uygulamasını gerektirmektedir.<sup>17,64,80,96</sup> Zirkonya seramik yüzeyinde silika kaplama işleminin, kompozit rezinin yüzeye bağlanmasında en başarılı yüzey işlemi olduğu bildirilmiştir.<sup>97,98</sup> Barragan ve ark<sup>99</sup> ise,

kumlama sonrasında silan uygulamasının zirkonya seramik yüzeyinde yüksek başarı gösterdiğini bildirmişlerdir. Metallerin yüzey işlemleri ile ilişkili çalışmaların sonuçları oksit seramik materyaller için elde edilen veriler ile benzerdir. Metal-seramik restorasyonların tamiri için gerekli olan tanımlanmış özel bir yöntem mevcut

değildir. Çeşitli yüzey işlemleri, farklı adheziv sistemleri ve kompozit rezinlerin kombine edilmesi ile birçok tamir sistemi geliştirilmiştir. Farklı tamir sistemlerinin oluşturulması ile birlikte optimum bağlantı dayanımının belirlenmesi ve metal seramik restorasyonların tamir tekniğinin standardizasyonunun sağlanması gerekli olmuştur.<sup>65</sup> Değişkenlerin çokluğu, kombinasyonlardaki fazlalık ve metodolojinin standardizasyonundaki zorluk, çalışmalarda rapor edilen bağlantı dayanımının 3 MPa 'dan 37.4 MPa 'a kadar değişiklik gösterebilmesine neden olmuştur.<sup>50,91,100</sup> Metal destekli porselen kronlarda görülen kırıklarda özellikle metal yapının ekspoz olduğu durumlarda ve rezin yapının metal alaşıma bağlanması gerektiği durumlarda klinik başarı zorlaşmaktadır.<sup>84</sup> (Tablo 4).

## SONUÇ

- Tek tip seramik materyali içeren tam seramik restorasyonlar, HF asit ile ya da kuşlama ile pürüzlendirilmelidir. Mekanik pürüzlendirme sonrasında kimyasal bağlantının sağlanabilmesi amacıyla silan uygulaması önemli bir basamaktır.
- Restorasyon kırığı, veneer porselenin altyapıdan ayrılması şeklinde oluşmuş, kor ve veneer yapı açığa çıkmış ise ağız içi silikat kaplama sistemi kullanımı sonrasında silan ve fosfat monomer uygulaması önerilmektedir. Ağız içi silikat kaplama sistemi mevcut değil ise, hava abrazyonu sonrasında HF asit uygulaması ve bu işlemleri takiben kombine silan ve fosfat monomer primer uygulaması önerilmektedir.

**Tablo 4.** Oksit seramiklere ve alt yapı ile birlikte veneer porseleninin de açığa çıktığı kırık hatlarına rezin bağlantısının sağlanabilmesi için kullanılan yüzey şartlandırma işlemlerine ilişkin çalışmalar

Araştırmacı/ Yıl	EF	HF	Diğer Asitler	HA	HA ve HF	SK	Silan	FM	SONUÇ
Oksit Seramikler (Alüminyum Oksit ve Zirkonyum Oksit)									
Blixt ve ark, 2000	-	-	-	+	-	+	+	-	Silika kaplama HA' ya göre belirgin düzeyde yüksek bağlantı dayanım değeri sağlamıştır
Derand ve Derand 2000	+	+	-	+	-	-	-	+	Yüzey işlemleri arasında bağlanma dayanımı açısından belirgin bir farklılık bulunmamıştır. Çalışmada doldurucu içermeyen rezin siman çalışmada kullanılan diğer simanlara kıyasla belirgin düzeyde yüksek bağlantı dayanımı göstermiştir

(devamı...)



**Tablo 4.** (devamı)

Araştırmacı/ Yıl	EF	HF	Diğer Asitler	HA	HA ve HF	SK	Silan	FM	SONUÇ
Madani ve ark, 2000	-	+	-	+	-	-	+	+	HF asit ve HA arasında bağlantı dayanımı açısından belirgin bir fark bulunmamıştır
Borges ve ark, 2003	-	+	-	+	-	-	-	-	HF asit ve HA yüzey pürüzlülüğünü arttırmada etkin görülmemişlerdir
Uo ve ark, 2006	-	-	-	+	-	+	+	+	HA ve silika kaplama arasında belirgin bir fark bulunmamıştır. Fosfat monomerin bağlanmaya etkisi minimaldir
Valandro ve ark, 2006	-	-	-	+	-	+	+	-	Silika kaplama ve silan uygulaması, HA ve silan uygulamasına göre daha başarılı bağlanma değeri sağlamıştır
Amaral ve ark, 2006	-	-	-	+	-	+	+	-	Silika kaplama HA ya göre belirgin düzeyde yüksek bağlantı dayanım değeri göstermiştir
Kern ve ark, 2009	-	-	-	+	-	-	-	+	HA ve Fosfat monomer uygulaması belirgin düzeyde yüksek bağlanma değeri sağlamıştır
Attia ve ark, 2011	-	-	-	+	-	+	+	+	Silika kaplama ve fosfat monomer içeren silan kullanımı bağlantı dayanım değerinde artış göstermiştir
Cristoforides ve ark, 2012	-	-	+	-	-	+	+	+	Zirkonya yüzeyinde en yüksek bağlanma dayanımı silika kaplama işlemi ile sağlanmıştır. Fosfat monomer kullanımının zirkonya yüzeyinde etkisiz olduğu gösterilmiştir

(devamı...)

**Tablo 4.** (devamı)

Araştırmacı/ Yıl	EF	HF	Diğer Asitler	HA	HA ve HF	SK	Silan	FM	SONUÇ
Barragan ve ark, 2014	-	-	-	+	-	-	+	+	Kumlama ve silan kullanımını bağlanma dayanımı açısından en yüksek bağlanma değerini sağlamıştır
Kırmalı ve ark, 2015	+	-	+	-	-	+	+	-	Silika kaplama en yüksek bağlantı dayanım değerini göstermiştir
Alt yapı ile birlikte veneer porseleninin de açığa çıktığı kırık hatları (Silikat Seramik/Oksit Seramik/Metal Alaşım)									
Frankenberger ve ark, 2000	-	+	-	-	-	+	-	-	Silika kaplama, HF asite göre belirgin düzeyde yüksek bağlantı dayanımı sağlandığını belirtmiştir
Ozcan ve ark, 2006	-	+	-	+	-	+	+	-	HF asit, HA ve silika kaplama teknikleri arasında belirgin bir farklılık bulunmadığı ifade edilmiştir
Attia, 2010	+	-	-	+	-	+	+	-	Silika kaplama sonrası silan uygulamasının bağlantı dayanımını arttırdığı gösterilmiştir
Lee, 2014	-	-	+	+	-	-	-	+	Kırık hattında açığa çıkan veneer seramik miktarı arttıkça yüzeyin artan silika içeriği nedeniyle bağlanma dayanımı da artmaktadır

+: Çalışmada test edilen yüzey işlemi, -: Çalışmada test edilmeyen yüzey işlemi, EF: Elmas frez ile yüzey aşındırması, HF: Hidroflorik asit, HA: Hava abrazyonu, SK: Silika kaplama, Tribokimyasal Kaplama, CoJet silikat seramik yüzey işlemi, FM: Fosfat monomer, Metal alaşım primeri ya da modifiye rezin siman, H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub>: Fosforik asit, APF: Asidüle edilmiş fosfat florid

- Güncel seramik sistemler olan hibrit seramiklerin kullanımı her geçen gün artmaktadır. Fakat; hibrit seramiklerin ağız içi tamirinde uygulanabilecek yüzey işlemlerine dair veri azdır.
- Kırık alanında yüzey pürüzlülüğünü lazer ile oluşturmak cam seramik yüzeylerde, zirkonya seramiklere göre daha yüksek bağlantı dayanım değeri sağlamasına karşın

uygulama üzerine çalışmalar henüz sınırlıdır.

- Birçok araştırma yapılmasına karşın yüzey işlemleri ve bağlayıcı ajanlarla ilgili gelişmeler nedeniyle restorasyon kırıklarının tamir konusu halen güncelliğini sürdürmektedir.

## KAYNAKLAR

1. Kimmich M, Stappert CF. Intraoral treatment of veneering porcelain chipping of fixed dental restorations: a review and clinical application. *J Am Dent Assoc* 2013;144(1):31-44.
2. Raigrodski AJ, Chiche GJ, Potiket N, Hochstedler JL, Mohamed SE, Billiot S, et al. The efficacy of posterior three-unit zirconium-oxide-based ceramic fixed partial dentures: a prospective clinical pilot study. *J Prosthet Dent* 2006;96(4):237-44.
3. Sailer I, Feher A, Filser F, Lüthy H, Gauckler LJ, Schärer P, et al. Prospective clinical study of zirconia posterior fixed partial dentures: 3-year follow-up. *Quintessence Int* 2006;37(9):685-93.
4. Raposo LHA, Neiva NA, Silva GRD, Carlo HL, Mota ASD, Prado CJD, et al. Ceramic restoration repair: report of two cases. *J Appl Oral Sci* 2009;17(2):140-144.
5. Sailer I, Pjetursson BE, Zwahlen M, Hämmerle CH. A systematic review of the survival and complication rates of all-ceramic and metal-ceramic reconstructions after an observation period of at least 3 years. part II: fixed dental prostheses. *Clin Oral Implants Res* 2007;18(3):86-96.
6. Stappert CF, Baldassarri M, Zhang Y, Hänsler F, Rekow ED, Thompson VP. Reliability and fatigue failure modes of implant-supported aluminum-oxide fixed dental prostheses. *Clin Oral Implants Res* 2012;23(10):1173-80.
7. Stappert CF, Baldassarri M, Zhang Y, Stappert D, Thompson VP. Contact fatigue response of porcelain-veneered alumina model systems. *J Biomed Mater Res B Appl Biomater* 2012;100(2):508-15.
8. Heintze SD, Rousson V. Survival of zirconia- and metal-supported fixed dental prostheses: a systematic review. *Int J Prosthodont* 2010;23(6):493-502.
9. Baldassarri M, Zhang Y, Thompson VP, Rekow ED, Stappert CF. Reliability and failure modes of implant-supported zirconium-oxide fixed dental prostheses related to veneering techniques. *J Dent* 2011;39(7):489-98.
10. Al-Amleh B, Lyons K, Swain M. Clinical trials in zirconia: a systematic review. *J Oral Rehabil* 2010;37(8):641-52.
11. Kinsel RP, Lin D. Retrospective analysis of porcelain failures of metal ceramic crowns and fixed partial dentures supported by 729 implants in 152 patients: patient-specific and implant-specific predictors of ceramic failure. *J Prosthet Dent* 2009;101(6):388-94.
12. Brägger U, Aeschlimann S, Bürgin W, Hämmerle CH, Lang NP. Biological and technical complications and failures with fixed partial dentures (FPD) on implants and teeth after four to five years of function. *Clin Oral Implants Res* 2001;12(1):26-34.
13. Wady AF, Paleari AG, Queiroz TP, Margonar R. Repair technique for implant-supported metal-ceramic restorations: a clinical report. *J Oral Implantol* 2014;40(5):589-92.
14. Torrado E, Ercoli C, Al Mardini M, Graser GN, Tallents RH, Cordaro L. A comparison of the porcelain fracture resistance of screw-retained and cement-retained implant-supported metal-ceramic crowns. *J Prosthet*

- Dent 2004;91(6):532-37.
15. Karl M, Graef F, Taylor TD, Heckmann SM. In vitro effect of load cycling on metal-ceramic cement-and screw-retained implant restorations. *J Prosthet Dent* 2007;97(3):137-40.
  16. Akhavan Zanjani V, Ahmadi H, Nateghifard A, Ghasemi A, Torabzadeh H, Abdoh Tabrizi M, et al. Effect of different laser surface treatment on microshear bond strength between zirconia ceramic and resin cement. *J Investig Clin Dent* 2014;3:1-7.
  17. Blixt M, Adamczak E, Linden LA, Odén A, Arvidson K. Bonding to densely sintered alumina surfaces: effect of sandblasting and silica coating on shear bond strength of luting cements. *Int J Prosthodont* 2000;13(3):221-26.
  18. Brentel AS, Özcan M, Valandro LF, Alarça LG, Amaral R, Bottino MA. Microtensile bond strength of a resin cement to feldspathic ceramic after different etching and silanization regimens in dry and aged conditions. *Dent Mater* 2007;23(11):1323-31.
  19. Valandro LF, Ozcan M, Bottino MC, Bottino MA, Scotti R, Bona AD. Bond strength of a resin cement to high-alumina and zirconia-reinforced ceramics: the effect of surface conditioning. *J Adhes Dent* 2006;8(3):175-81.
  20. Blum IR, Nikolinakos N, Lynch CD, Wilson NH, Millar BJ, Jagger DC. An in vitro comparison of four intra-oral ceramic repair systems. *J Dent* 2012;40(11):906-12.
  21. Özcan M, Valandro LF, Amaral R, Leite F, Bottino MA. Bond strength durability of a resin composite on a reinforced ceramic using various repair systems. *Dent Mater* 2009;25(12):1477-83.
  22. Göstemeyer G, Jendras M, Borchers L, Bach FW, Stiesch M, Kohorst P. Effect of thermal expansion mismatch on the Y-TZP/veneer interfacial adhesion determined by strain energy release rate. *J Prosthodont Res* 2012;56(2):93-101.
  23. Lawn B, Bhowmick S, Bush BM, Qasim T, Rekow DE, Zhang Y. Failure modes in ceramic-based layer structures: a basis for materials design of dental crowns. *J Am Ceram Soc* 2007;90(6):1671-83.
  24. Nagas IC, Ergun G. The position and future of zirconia ceramics in dentistry. *Acta Odontol Turc* 2008;25(3):51-60.
  25. Swain MV. Unstable cracking (chipping) of veneering porcelain on all-ceramic dental crowns and fixed partial dentures. *Acta Biomater* 2009;5(5):1668-77.
  26. Taskonak B, Mecholsky JJ, Anusavice KJ. Residual stresses in bilayer dental ceramics. *Biomaterials* 2005;26(16):3235-41.
  27. Baldassarri M, Stappert CF, MS, Thompson VP, Zhang Y. Residual stresses in porcelain-veneered zirconia prostheses. *Dent Mater* 2012;28(8):873-9.
  28. Guazzato M, Walton TR, Franklin W, Davis G, Bohl C, Klineberg I. Influence of thickness and cooling rate on development of spontaneous cracks in porcelain/zirconia structures. *Aust Dent J* 2010;55(3):306-10.
  29. Schelling PK, Phillpot SR, Wolf D. Mechanism of the cubic-to-tetragonal phase transition in zirconia and yttria-stabilized zirconia by molecular-dynamics simulation. *J Am Ceram Soc* 2001;84(7):1609-19.
  30. Egilmez F, Ergun G, Cekic-Nagas I, Vallittu PK, Ozcan M, Lassila LV. Effect of surface modification on the bond strength between zirconia and resin cement. *J Prosthodont* 2013;22(7):529-36.
  31. Hannink RH, Kelly PM, Muddle PC.

- Transformation toughening in zirconia-containing ceramics. *J Am Ceram Soc* 2000;83(3):461-87.
32. De Kler M, De Jager N, Meegdes M, Van Der Zel JM. Influence of thermal expansion mismatch and fatigue loading on phase changes in porcelain veneered Y-TZP zirconia discs. *J Oral Rehabil* 2007;34(11):841-47.
  33. Matinlinna JP, Vallittu PK. 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.
  34. Wakabayashi N, Anusavice KJ. Crack initiation modes in bilayered alumina/porcelain disks as a function of core/veneer thickness ratio and supporting substrate stiffness. *J Dent Res* 2000;79(6):1398-404.
  35. Marchack BW, Futatsuki Y, Marchack CB, White SN. Customization of milled zirconia copings for all-ceramic crowns: a clinical report. *J Prosthet Dent* 2008;99(3):169-73.
  36. Silva NR, Bonfante EA, Rafferty BT, Zavanelli RA, Rekow ED, Thompson VP, et al. Modified Y-TZP core design improves all-ceramic crown reliability. *J Dent Res* 2011;90(1):104-8.
  37. Kokubo Y, Tsumita M, Kano T, Fukushima S. The influence of zirconia coping designs on the fracture load of all-ceramic molar crowns. *Dent Mater J* 2011;30(3):281-5.
  38. Rosentritt M, Steiger D, Behr M, Handel G, Kolbeck C. Influence of substructure design and spacer settings on the in vitro performance of molar zirconia crowns. *J Dent* 2009;37(12):978-83.
  39. Beuer F, Schweiger J, Eichberger M, Kappert HF, Gernet W, Edelhoff D. High-strength CAD/CAM-fabricated veneering materials interred to zirconia copings - a new fabrication mode for all-ceramic restorations. *Dent Mater* 2009;25(1):121-28.
  40. Beuer F, Edelhoff D, Gernet W, Sorensen JA. Three-year clinical prospective evaluation of zirconia-based posterior fixed dental prostheses (FDPs). *Clin Oral Investig* 2009;13(4):445-51.
  41. Özcan M, Vallittu PK. Effect of surface conditioning methods on the bond strength of luting cement to ceramics. *Dent Mater* 2003;19(8):725-31.
  42. Galiatsatos AA. An indirect repair technique for fractured metal-ceramic restorations: a clinical report. *J Prosthet Dent* 2005;93(4):321-23.
  43. Özcan M. Evaluation of alternative intra-oral repair techniques for fractured ceramic-fused-to-metal restorations. *J Oral Rehabil* 2003;30(2):194-203.
  44. Bachhav VC, Aras MA. The effect of ceramic thickness and number of firings on the color of a zirconium oxide based all ceramic system fabricated using CAD/CAM technology. *J Adv Prosthodont* 2011;3(2):57-62.
  45. Gonuldas F, Yilmaz K, Ozturk C. The effect of repeated firings on the color change and surface roughness of dental ceramics. *J Adv Prosthodont* 2014;6(4):309-16.
  46. Subaşı MG, Demir N, Kara Ö, Ozturk AN, Özel F. Mechanical properties of zirconia after different surface treatments and repeated firings. *J Adv Prosthodont* 2014;6(6):462-67.
  47. Isgrò G, Pallav P, van der Zel JM, Feilzer AJ. The influence of the veneering porcelain and different surface treatments on the biaxial flexural strength of a heat-pressed ceramic. *J Prosthet Dent* 2003;90(5):465-73.
  48. Cho SH, Nagy WW, Goodman JT, Solomon E, Koike M. The effect of

- multiple firings on the marginal integrity of pressable ceramic single crowns. *J Prosthet Dent* 2012;107(1):17-23.
49. Santos DJG, Fonseca RG, Adabo GL, SantosCruzDCA. Shearbondstrength of metal-ceramic repair systems. *J Prosthet Dent* 2006;96(3):165-173.
  50. Chung KH, Hwang YC. Bond strengths of porcelain repair systems with various surface treatments. *J Prosthet Dent* 1997;78(3):267-74.
  51. Della Bona A, Anusavice KJ. Microstructure, composition, and etching topography of dental ceramics. *Int J Prosthodont* 2002;15(2):159-67.
  52. Della Bona A, Shen C, Anusavice KJ. Work of adhesion of resin on treated lithia disilicate-based ceramic. *Dent Mater* 2004;20(4):338-44.
  53. Zogheib LV, Bona AD, Kimpara ET, McCabe JF. Effect of hydrofluoric acid etching duration on the roughness and flexural strength of a lithium disilicate-based glass ceramic. *Braz Dent J* 2011;22(1):45-50.
  54. Colares RCR, Neri JR, Souza AMBD, Pontes KMDF, Mendonca JS, Santiago SL. Effect of surface pretreatments on the microtensile bond strength of lithium-disilicate ceramic repaired with composite resin. *Braz Dent J* 2013;24(4):349-52.
  55. Szep S, Gerhardt T, Gockel HW, Ruppel M, Metzeltin D, Heidemann D. In vitro dentinal surface reaction of 9.5% buffered hydrofluoric acid in repair of ceramic restorations: a scanning electron microscopic investigation. *J Prosthet Dent* 2000;83(6):668-74.
  56. Hooshmand T, Parvizi S, Keshvad A. Effect of surface acid etching on the biaxial flexural strength of two hot-pressed glass ceramics. *J Prosthodont* 2008;17(5):415-19.
  57. Kussano CM, Bonfante G, Batista JG, Pinto JHN. Evaluation of shear bond strength of composite to porcelain according to surface treatment. *Braz Dent J* 2003;14(2):132-35.
  58. Özcan M, Niedermeier W. Clinical study on the reasons for and location of failures of metal-ceramic restorations and survival of repairs. *Int J Prosthodont* 2002;15(3):299-302.
  59. Kern M, Barloi A, Yang B. Surface conditioning influences zirconia ceramic bonding. *J Dent Res* 2009;88(9):817-22.
  60. Borges GA, Sophr AM, De Goes MF, Sobrinho LC, Chan DC. Effect of etching and airborne particle abrasion on the microstructure of different dental ceramics. *J Prosthet Dent* 2003;89(5):479-88.
  61. Albakry M, Guazzato M, Swain MV. Effect of sandblasting, grinding, polishing and glazing on the flexural strength of two pressable all-ceramic dental materials. *J Dent* 2004;32(2):91-99.
  62. Dérand P, Dérand T. Bond strength of luting cements to zirconium oxide ceramics. *Int J Prosthodont* 2000;13(2):131-35.
  63. Madani M, Chu FC, McDonald AV, Smales RJ. Effects of surface treatments on shear bond strengths between a resin cement and an alumina core. *J Prosthet Dent* 2000;83(6):644-47.
  64. Attia A. Influence of surface treatment and cyclic loading on the durability of repaired all-ceramic crowns. *J Appl Oral Sci* 2010;18(2):194-200.
  65. Jain S, Parkash H, Gupta S, Bhargava A. To evaluate the effect of various surface treatments on the shear bond strength of three different intraoral ceramic repair systems: an in vitro study. *J Indian Prosthodont Soc* 2013;13(3):315-20.
  66. Madani AS, Astaneh PA, Nakhaei M, Bagheri HG, Moosavi H, Alavi S,

- Najjaran NT. Effectiveness of silica-lasing method on the bond strength of composite resin repair to Ni-Cr alloy. *J Prosthodont* 2015;24(3):225-32.
- 67.** Kasraei S, Rezaei-Soufi L, Heidari B, Vafae F. Bond strength of resin cement to CO<sub>2</sub> and Er: YAG laser-treated zirconia ceramic. *Restor Dent Endod* 2014;39(4):296-302.
- 68.** Foxton RM, Cavalcanti AN, Nakajima M, Pilecki P, Sherriff M, Melo L, et al. Durability of resin cement bond to aluminium oxide and zirconia ceramics after air abrasion and laser treatment. *J Prosthodont* 2011;20(2):84-92.
- 69.** Kursoglu P, Motro PFK, Yurdaguvan H. Shear bond strength of resin cement to an acid etched and a laser irradiated ceramic surface. *J Adv Prosthodont* 2013;5(2):98-103.
- 70.** Perhavec T, Diaci J. Comparison of Er: YAG and Er, Cr: YSGG dental lasers. *J Oral Laser Appl* 2008;8(2):87-94.
- 71.** Kirmali O, Barutcigil Ç, Ozarslan MM, Barutcigil K, Harorlu OT. Repair bond strength of composite resin to sandblasted and laser irradiated Y-TZP ceramic surfaces. *Scanning* 2015;37(3):186-92.
- 72.** Gökçe B, Ozpınar B, DüNDAR M, Cömlekoglu E, Sen BH, Güngör MA. Bond strengths of all-ceramics: acid vs laser etching. *Oper Dent* 2007;32(2):173-8.
- 73.** Sadat Madani A, Astaneh PA, Shahabi S, Nakhaei MR, Bagheri HG, Chiniforush N. Influence of different power outputs of intraoral Nd: YAG laser on shear bond strength of a resin cement to nickel-chromium dental alloy. *Lasers Med Sci* 2013;28(1):229-34.
- 74.** Corazza PH, Cavalcanti SC, Queiroz JR, Bottino MA, Valandro LF. Effect of post-silanization heat treatments of silanized feldspathic ceramic on adhesion to resin cement. *J Adhes Dent* 2013;15(5):473-79.
- 75.** Taira Y, Sakai M, Sawase T. Effects of primer containing silane and thiophosphate monomers on bonding resin to a leucite-reinforced ceramic. *J Dent* 2012;40(5):353-58.
- 76.** Blatz MB, Sadan A, Kern M. Resin-ceramic bonding: a review of the literature. *J Prosthet Dent* 2003;89(3):268-74.
- 77.** Li R, Sun YC, Wang C, Gao P. Bonding of an opaque resin to silane-treated porcelain. *Biomed Mater Eng* 2014;24(6):2117-25.
- 78.** Filho AM, Vieira LCC, Araújo É, Monteiro Júnior S. Effect of different ceramic surface treatments on resin microtensile bond strength. *J Prosthodont* 2004;13(1):28-35.
- 79.** Heikkinen TT, Lassila LV, Matinlinna JP, Vallittu PK. Effect of operating air pressure on tribochemical silica-coating. *Acta Odontol Scand* 2007;65(4):241-48.
- 80.** Uo M, Sjögren G, Sundh A, Goto M, Watari F, Bergman M. Effect of surface condition of dental zirconia ceramic (denzir) on bonding. *Dent Mater J*. 2006;25(3):626-31.
- 81.** Shen C, Oh WS, Williams JR. Effect of post-silanization drying on the bond strength of composite to ceramic. *J Prosthet Dent* 2004;91(5):453-58.
- 82.** Hooshmand T, VanNoort R, Keshvad A. Bond durability of the resin-bonded and silan treated ceramic surface. *Dent Mater* 2002;18:179-88.
- 83.** Barghi N, Berry T, Chung K. Effects of timing and heat treatment of silanated porcelain on the bond strength. *J Oral Rehabil* 2000;27(5):407-12.
- 84.** Ozcan M, van der Sleen JM, Kurunmäki H, Vallittu PK. Comparison of repair methods for ceramic-fused-to-metal crowns. *J Prosthodont* 2006; 15(5):283-8.
- 85.** Lee SJ, Cheong CW, Wright RF,

- Chang BM. Bond strength of the porcelain repair system to all-ceramic copings and porcelain. *J Prosthodont* 2014;23(2):112-6.
- 86.** Kim BK, Bae HE, Shimi JS, Lee KW. The influence of ceramic surface treatments on the tensile bond strength of composite resin to all-ceramic coping materials. *J Prosthet Dent* 2005;94(4):357-62.
- 87.** Canay Ş, Hersek N, Ertan A. Effect of different acid treatments on a porcelain surface. *J Oral Rehabil* 2001;28(1):95-101.
- 88.** Kato H, Matsumura H, Atsuta M. Effect of etching and sandblasting on bond strength to sintered porcelain of unfilled resin. *J Oral Rehabil* 2000;27(2):103-10.
- 89.** Klosa K, Wolfart S, Lehmann F, Wenz HJ, Kern M. The effect of storage conditions, contamination modes and cleaning procedures on the resin bond strength to lithium disilicate ceramic. *J Adhes Dent* 2009;11(2):127-35.
- 90.** Peumans M, Hikita K, De Munck J, Van Landuyt K, Poitevin A, Lambrechts P, et al. Effects of ceramic surface treatments on the bond strength of an adhesive luting agent to CAD-CAM ceramic. *J Dent* 2007;35(4):282-88.
- 91.** Frankenberger R, Kramer N, Sindel J. Repair strength of etched vs silica-coated metal-ceramic and all-ceramic restorations. *Oper Dent* 2000;25(3):209-15.
- 92.** Salvio LA, Correr-Sobrinho L, Consani S, Sinhoreti MA, De Goes MF, Knowles JC. Effect of water storage and surface treatments on the tensile bond strength of IPS Empress 2 ceramic. *J Prosthodont* 2007;16(3):192-99.
- 93.** Mohamed FF, Finkelman M, Zandparsa R, Hirayama H, Kugel G. Effects of surface treatments and cement types on the bond strength of porcelain-to-porcelain repair. *J Prosthodont* 2014;23(8):618-25.
- 94.** Egilmez F, Ergun G, Cekic-Nagas I, Vallittu PK, Lassila LV. Factors affecting the mechanical behavior of Y-TZP. *J Mech Behav Biomed Mater* 2014;37:78-87.
- 95.** Attia A, Lehmann F, Kern M. Influence of surface conditioning and cleaning methods on resin bonding to zirconia ceramic. *Dent Mater* 2011;27(3):207-13.
- 96.** Amaral R, Özcan M, Bottino MA, Valandro LF. Microtensile bond strength of a resin cement to glass infiltrated zirconia-reinforced ceramic: the effect of surface conditioning. *Dent Mater* 2006;22(3):283-90.
- 97.** Kirmali O, Kapdan A, Harorli OT, Barutcuğil C, Ozarslan MM. Efficacy of ceramic repair material on the bond strength of composite resin to zirconia ceramic. *Acta Odontol Scand* 2015;73(1):28-32.
- 98.** Cristoforides P, Amaral R, May LG, Bottino MA, Valandro LF. Composite resin to yttria stabilized tetragonal zirconia polycrystal bonding: comparison of repair methods. *Oper Dent* 2012;37(3):263-71.
- 99.** Barragan G, Chasqueira F, Arantes-Oliveira S, Portugal J. Ceramic repair: influence of chemical and mechanical surface conditioning on adhesion to zirconia. *Oral Health Dent Manag* 2014;13(2):155-8.
- 100.** Shahverdi S, Canay S, Sahin E, Bilge A. Effects of different surface treatment methods on the bond strength of composite resin to porcelain. *J Oral Rehabil* 1998;25(9):699-705.

**How to cite this article:** Gülfem Ergun, Ayşe Seda Ataol. New approaches in ceramic repair systems: Review. *Cumhuriyet Dent J* 2016;19(1):87-110.