

# Rezin Matriks Seramiklere Uygulanan Yüzey İşlemlerinin Bağlanma Dayanımına Etkisi

## *Effect of Surface Treatment Methods on Shear Bond Strength of Resin Matrix Ceramics*

Gözde Yalçın Çetin<sup>1</sup> , Asude Dilek Nalbant<sup>2</sup> 

### ÖZET

Günümüz diş hekimliği uygulamalarında en sık tercih edilen restorasyon materyali tam seramiklerdir. CAD/CAM uygulamalarındaki gelişmelerle birlikte materyal çeşitliliği ve kullanım alanları genişleyen tam seramik sistemler metal destekli seramikler için alternatif oluşturmaktadır. Rezin matriks seramikler direkt ve indirekt restorasyonlarda sık tercih edilen iki materyalin avantajlarını bir araya getirmeyi amaçlamaktadır. Seramik ve kompozitin olumlu özelliklerini bir araya getiren bu materyaller kolay işlenebilirlik, iyi marjinal uyum, yüksek mekanik direnç ve tamir edilebilirlik gibi avantajlara sahiptir. Tüm restorasyonlarda olduğu gibi tam seramiklerde de başarılı bir restorasyon için başarılı bir bağlanma gereklidir. Rezin matriks seramiklerde adeziv bağlanma önerilmektedir. Adeziv bağlanmanın başarısı uygulama yapan hekimin bilgi ve becerisine, izolasyon koşullarına, doğru materyal seçimine ve simantasyon öncesi gerekli yüzey hazırlıklarının yapılmış olmasına bağlıdır. Başarılı adeziv bağlantı için simantasyon öncesinde uygulanan yüzey hazırlıkları bağlanma dayanımı değerlerini oldukça arttırmaktadır. Rezin matriks seramikler için simantasyon öncesinde yüzey işlemi ve silan uygulaması önerilmektedir. Bu yüzey işlemleri; mekanik, kimyasal veya hem mekanik hem kimyasal olabilmektedir ve materyal içeriğine uygun olarak seçilmelidir.

**Anahtar Kelimeler:** Bağlanma dayanımı; Rezin matriks seramik; Yüzey işlemi

### ABSTRACT

Nowadays, all ceramic systems are the most commonly used restoration material in the dentistry. With the developments in CAD/CAM systems, the material variety and usage areas of all ceramics have expanded and is an alternative to metal-supported ceramics. Resin matrix ceramics aim to combine the advantages of two materials that are frequently preferred in direct and indirect restorations. These materials have advantages such as easy workability, good marginal fit, high mechanical resistance and repairability. Successful bonding is necessary for a successful restoration in all ceramics. Adhesive bonding is recommended for resin matrix ceramics. The success of the adhesive bonding depends on the knowledge and skills of the clinical practitioner, the isolation conditions, the correct material selection, and the necessary surface preparations before cementation. Surface treatment applications increase the bond strength values considerably. Before cementation, surface treatment and silane application are recommended for resin matrix ceramics. These surface treatments could be mechanical, chemical or both mechanical and chemical and should be selected in accordance with the material content.

**Keywords:** Resin matrix ceramic; Shear bond strength; Surface treatment

Makale gönderiliş tarihi: 04.04.2022; Yayına kabul tarihi: 03.08.2022

İletişim: Dr. Gözde Yalçın Çetin

Gazi Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi, Emek Mah., Bişkek Cd., 1. Sokak D: No:4, 06490 Çankaya/Ankara

E-posta: [gozdeyalcin9@gmail.com](mailto:gozdeyalcin9@gmail.com)

<sup>1</sup> Doktora Öğrencisi, Gazi Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Protetik Diş Tedavisi Anabilim Dalı, Ankara, Türkiye

<sup>2</sup> Prof. Dr. Gazi Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi, Protetik Diş Tedavisi Anabilim Dalı, Ankara, Türkiye

## GİRİŞ

Diş hekimliğinde uygulanan sabit tedavilerde en sık tercih edilen materyaller metal destekli seramik ve tam seramiklerdir. Metal destekli seramiklerde görülen bağlantı başarısızlıkları ve estetik sorunlar nedeniyle tam seramik sistemlere yönelim artmıştır. CAD/CAM sistemindeki gelişmelerle birlikte tam seramiklerde materyal çeşitliliği ve kullanım alanları artış göstermiştir. Marjinal uyumun, oral dokularla olan uyumunun iyi olması, tek seansta üretilebilmesi ve estetiğin iyi olması tam seramiklerin başlıca avantajlarıdır.<sup>1</sup> Fakat tüm bu avantajların yanı sıra tam seramikler kırılmalıdır, ağız içi tamiri zordur ve karşıt dişte aşınmaya neden olabilirler. Kompozitlerin ise aşınma direnci zayıftır, renk stabilitesi iyi değildir ve sertleşme esnasında polimerizasyon büzülmesine uğradığı için mikro sızıntı meydana gelebilir.<sup>2, 3</sup> Her iki materyalinde avantajlarını bir araya getirecek yeni bir materyal arayışı sonucunda rezin matris seramikler geliştirilmiştir. Çift fazlı yapıları sayesinde kompozit ve seramiğin özelliklerini bir araya getiren bu yapılar kolay işlenebilirlik, iyi marjinal uyum, yüksek mekanik direnç ve tamir edilebilirlik gibi avantajlara sahiptir.<sup>3</sup>

Tüm restorasyonlarda olduğu gibi tam seramiklerde de başarılı bir bağlanma için iyi bir simantasyon gerekmektedir. Başarılı bir simantasyon ile marjinal uyumu ve retansiyonu iyi restorasyonlar elde edilebilir. Simantasyon başarısı uygulama yapan hekimin bilgi ve becerisine, izolasyon koşullarına, doğru materyal seçimine ve simantasyon öncesi gerekli yüzey hazırlıklarının yapılmış olmasına bağlıdır. Bu yüzey işlemleri; mekanik veya kimyasal olabileceği gibi hem mekanik hem kimyasal da olabilir.<sup>1, 4</sup>

Dental materyallerin bağlanma başarısı in-vitro olarak bazı testlerle ölçülebilmektedir. İki materyal ara-

sındaki bağlantıyı koparmak için uygulanan, birim alana düşen kuvvet bağlanma dayanımı olarak tanımlanmaktadır. Bağlanma dayanımı kuvveti ne kadar fazla ise restorasyonun fonksiyonda gelen kuvvetlere o kadar dayanıklı olacağı düşünülmektedir.<sup>5</sup> Dental restoratif materyalin bağlanma dayanımının ölçülmesi amacıyla genellikle makaslama (shear) ve çekme (tensile) testleri kullanılmaktadır. Bağlanma dayanımı, uygulanan maksimum kuvvetin bağlanma yüzey alanına bölünmesi ile hesaplanır. Genellikle N/mm<sup>2</sup> (MPa) ile ifade edilir.<sup>6</sup>

## Rezin Matris Seramikler

Rezin matris seramiklerin inorganik içeriği ağırlığının %50' inden fazladır ve az miktarda organik faz içerir. Bu nedenle Amerikan Diş Hekimliği Birliği (ADA) tarafından 2013 yılında "seramik" olarak adlandırılmıştır.<sup>7</sup> Gracis ve ark.<sup>7</sup> seramik materyallerini cam-matris seramikler, polikristalin seramikler ve rezin matris seramikler olarak 3 gruba ayırmıştır (Tablo 1).

Rezin matris seramikler seramiklerin renk stabilitesi ve dayanıklılığı ile kompozitlerin kolay işlenebilirliği ve düşük karşıt diş aşındırma avantajlarını bir araya getirmişlerdir.<sup>8</sup> Bu seramiklerin elastisite modülü dentine yakındır. Bu nedenle frezelenmesi ve işlenmesi daha kolaydır. Üretilikten sonra ekstra fırınlama gerektirmez, uyumlanması ve ağız içi tamiri daha kolaydır. Karşıt dişte aşındırma meydana getirmemesi, adeziv simanlarla bağlantısının iyi olması ve minimal preparasyona olanak tanınması başlıca avantajlarıdır.<sup>9, 10</sup> Güncel seramik sınıflamasına göre rezin matris seramikler; rezin nanoseramik, rezin matris infiltre cam seramik ve rezin matris infiltre zirkonya silika seramik olmak üzere üçe ayrılmaktadır.<sup>7</sup>

**Tablo 1.** Gracis ve ark.'nın seramik sınıflaması<sup>7</sup>

Dental Seramikler ve Seramik Benzeri Materyaller	
<b>Cam Matris Seramikler</b>	Feldspatik Sentetik (Lösit Esaslı, Lityum Disilikat ve Türevleri, Florapatit Esaslı) Cam infiltre (Alumina, Alumina ve Magnezyum, Alumina ve Zirkonya)
<b>Polikristalin Seramikler</b>	Alumina Stabilize zirkonya Zirkonya ile güçlendirilen alumina Alumina ile güçlendirilen zirkonya
<b>Rezin Matris Seramikler</b>	Rezin nanoseramik Rezin matris infiltre cam seramik Rezin matris infiltre zirkonya silika seramik

## 1. Rezin Nanoseramik

Rezin nanoseramikler ağırlıkça %80 seramik (inorganik) ve %20 rezinden (organik) oluşan seramik-rezin karışımı materyallerdir. Rezin matrikse gömülü olan nanoparçacıkların boyutları 0.6-1 µm arasında değişmektedir. Bu nanoparçacıklar materyal yapısında değişiklik yaratarak aşınma ve kırılma direncini artırır.<sup>11</sup>

2012 yılında tanıtılan ilk hibrit seramik materyali Lava Ultimate (3M ESPE, Seefeld, Almanya)'dir. Yapısında 20 nm çapında silika nanopartiküller, 4-11 nm çapında zirkonya nanopartiküller ve dolgu maddesinin arasındaki boşlukları dolduran zirkonia-silika nano kümeleri bulunur.<sup>7</sup> Dentine yakın elastisite modülüne sahiptir böylece çiğneme kuvvetlerini daha iyi absorbe eder. Bükülme dayanımı 200 MPa'dır ve cam seramiklerle kıyaslandığında daha az kırılıgandır.<sup>12</sup> Restorasyonların bağlantı yüzeyine simantasyon öncesinde alüminyum oksit (Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) ile kumlama önerilmiştir.<sup>13</sup> Tınastepe ve ark.<sup>14</sup>'nin rezin nanoseramik (Lava Ultimate) bloklardan elde edilen örneklerle yaptığı çalışmada yüzey işleme ve adeziv uygulamasının bağlanma dayanımını arttırdığı bildirilmiştir. Ayrıca elmas döner alet ile pürüzlendirme ve silan uygulamasının 30 µm Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> ile tribokimyasal silika kaplama (Cojet, 3M ESPE) sistemine göre daha yüksek bağlanma dayanımı değerleri verdiği belirtilmiştir.

Nanohibrit dolduruculu CAD/CAM blok olan Cerasmart (GC, Tokyo, Japonya) ise 2014 yılında tanıtılmıştır. 300 nanometre çapında baryum cam nano doldurucular ve ağırlığının %71'ini oluşturan 20 nanometre çapında silikadan meydana gelir. Monomer kısmı ise 2,2-Bis (4-methacryloxyphenyl) propane (Bis-MEPP), UDMA ve dimethacrylate (DMA) içermektedir.<sup>11</sup> Bükülme dayanımı 231 MPa'dır. Cerasmart ile kenar uyumu çok iyi olan restorasyonlar elde etmek mümkündür. İnley, onley, veneer ve kron yapımında endikedir. Üretici firma tarafından stres absorbe edebilen rezin nanoseramik olarak tarif edilmiştir. Bu özelliği ile implant üstü kron yapımında da endikedir.<sup>12, 15</sup> Güngör ve ark.<sup>16</sup>'nın farklı yüzey işleme uygulamalarının rezin matriks seramiklerin siman bağlanma dayanımına etkisini araştırdıkları çalışmalarında Cerasmart için en yüksek bağlanma dayanımı değerleri termal döngü uygulanmayan hidroflorik asit (HF asit) ile silan uygulanan gruptan elde edilmiştir.

## 2. Rezin Matriks İnfiltrasyon Cam Seramik

Lösit esaslı bir feldspatik seramik ve kristal haldeki zirkonyadan oluşmaktadır. Seramik ağ içine rezin infiltrasyon edilerek oluşturulan yapı nedeniyle hibrit seramik de denilmektedir. Ağırlıkça; %86 inorganik bileşenlerden (seramik ağ) ve %14 organik polimerden (UDMA ve TEGDMA), hacimce %75 inorganik ve %25' organik polimer kısımdan oluşmaktadır.<sup>7</sup>

2013 yılında tanıtılan Vita Enamic (Vita Zahnfabrik, Bad Sackingen, Almanya) hibrit seramik veya polimer infiltrasyon seramik olarak da adlandırılmaktadır. Bükülme direnci 150-160 MPa, elastisite modülü 30 GP'dır.<sup>17</sup> Sertlik değeri (2,5 GPa) mine ve dentin arasında yer aldığı için dişe yakın mekanik özelliklere sahiptir. Ancak aşınma direnci de seramiklerle kıyaslanabilecek düzeydedir. Polimer yapının içine geçmiş ağ yapıları çatlak durdurucu olarak görev yapar. Bu sayede ince bölgelerde bile rahatlıkla şekillendirilebilir. Kron, inley, onley ve veneer yapımında kullanılabilir. Köprü yapımında ve parafonksiyonel alışkanlığı olan hastalarda kullanılması önerilmez.<sup>3, 17</sup> Campos ve ark.<sup>18</sup> farklı yüzey işleme uygulamalarının hibrit seramikler ile rezin simanların mikro bağlanma dayanımına olan etkisini araştırdıkları çalışmalarında 60 sn %10'luk HF asit uygulamasının Vita Enamic bloklar için en yüksek bağlanma dayanımı değerlerini verdiğini bildirmişlerdir.

## 3. Rezin Matriks İnfiltrasyon Zirkonya Silika Seramik

Paradigma MZ100 (3M ESPE) CAD/CAM için üretilmiş ilk rezin matriks bloktur. Ağırlığının %85'i zirkonya-silika seramik parçacıklarından oluşur. Polimerizasyonu üretim aşamasından tamamlandığı için mekanik özellikleri iyidir. Bükülme direnci 150 MPa'dır. Genellikle uzun süreli geçici yapımında tercih edilirler. Kuvvet absorpsiyon özelliğinden dolayı diş sıkma alışkanlığı olan bireylerde tek kron, inley, onley yapımında tercih edilebilirler.<sup>19</sup> Paradigma MZ100 blokların siman bağlanma dayanımının değerlendirildiği bir çalışmada, 50 µm boyutundaki Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> partikülleri ile kumlamanın bağlanma dayanımını olumlu etkilediği belirtilmiştir.<sup>20</sup>

Shofu Block HC (Shofu, Kyoto, Japonya)'nin ağırlığının %61' inden fazlasını silika, silikat ve zirkonyum silikat doldurucular içeren inorganik yapı oluşturmaktadır.<sup>7</sup> Bu inorganik yapıyı, UDMA ve TEGDMA'dan oluşan polimer organik matriks sarar.<sup>21</sup> Bükülme

dayanımı 190-200 MPa arasındadır. Çift tabakalı bloklarının olması ve dişe benzer estetik özellikleri nedeniyle anterior restorasyonlarda kullanılabilirler.<sup>22</sup> Yapılan bir çalışmada Shofu Block HC için  $AL_2O_3$  kumlama ile birlikte silan uygulamasının,  $AL_2O_3$  kumlama ile birlikte primer uygulaması, primer ve silan uygulamasına göre daha yüksek bağlanma dayanımı değerleri verdiği belirtilmiştir.<sup>13</sup>

### Rezin Matriks Seramiklere Uygulanan Yüzey İşlemi Uygulamaları

Tüm dental seramik materyallerde olduğu gibi rezin matriks seramiklerde de başarılı bir adeziv bağlanma için simantasyon öncesinde yüzey işlemi uygulaması önerilmektedir. Bağlanma yüzeyine uygulanan yüzey işlemleri bağlanma yüzey alanını, yüzeyin enerjisini ve ıslanabilirliği artırır. Böylelikle mikro mekanik bağlanma da artar.<sup>23, 24</sup> Bu yüzey işlemleri mekanik, kimyasal veya hem mekanik hem kimyasal olabilir (Tablo 2). Başarılı bir bağlanma için uygulanacak yüzey işleminin seramiğin içeriği ve tipine göre seçilmesi gerektiği belirtilmektedir.<sup>25</sup>

Mekanik bağlantı oluşturan yüzey işlemleri; asit ile pürüzlendirme, alüminyum oksit partikülleri ile kumlama, sentetik elmas partikülleri ile kumlama, elmas döner alet ve frez ile pürüzlendirme, plazma spreyi yöntemi ve lazer ile pürüzlendirme.<sup>4</sup> Silan bağlayıcı ajan uygulama ve primer uygulaması ise kimyasal bağlanma sağlar. Silisyum oksit ( $SiO_2$ ) ile kumlama da (pirokimyasal silika kaplama veya tribokimyasal silika kaplama) hem mekanik hem de kimyasal bağlantı oluşturan işlemlerdir.<sup>4, 26</sup>

### 1. Asit ile pürüzlendirme

Asit ile pürüzlendirme feldspatik seramikler ve cam seramikler için önerilen bir yüzey pürüzlendirme işlemidir. Yüzey işlemi uygulamalarında kullanılan asidin silika içerikli cam matrisi ile reaksiyona girmesi sonucunda heksaflorosilika oluşur. Açığa çıkan kristal yapı sayesinde seramik yüzeyinde mikro mekanik retansiyon alanları meydana gelir. Bu sayede bağlanma dayanımı olumlu etkilenmektedir. Yüzey hazırlığı için en sık tercih edilen asitler fosforik asit ve hidroflorik asittir.<sup>27, 28</sup>

Diş hekimliği uygulamalarında kullanılan fosforik asit ortofosforik asittir ( $H_3PO_4$ ). Sıklıkla %36-40'lık konsantrasyonlarda uygulanır. Seramik yüzeyini temizlemek için kullanılmasına karşın yüzey pürüzlendirmede çok başarılı değildir.<sup>29</sup>

Hidrojen floridin sulu bir çözeltisi olan hidroflorik asit, seramiğin içeriğine göre farklı konsantrasyon ve sürelerde uygulanmaktadır. Genellikle %5-10'luk konsantrasyonları 60 sn süre ile uygulanır.<sup>25</sup> Hidroflorik asit, silikon dioksit ile reaksiyona girerek seramiğin camsı fazını çözer. Meydana gelen mikro (andırkat yerine engelleme yazmam istenmiş) engelleme alanları sayesinde yüzey pürüzlülüğü ve bağlanma dayanımı arttırmaktadır.<sup>30</sup> Oğuz ve ark.<sup>31</sup> polimer infiltre seramik materyali (Vita Enamic) ile yaptıkları çalışmada farklı yüzey işlemi uygulamalarının bağlanma dayanımına etkisini incelemişlerdir. Çalışmadan elde edilen sonuçlara göre polimer infiltre seramik materyali için en iyi yüzey işleminin HF asit uygulamasını takiben adeziv uygulanması olduğunu belirtmişlerdir.

**Tablo 2.** Seramiklere uygulanan yüzey işlemleri sınıflaması<sup>4</sup>

<b>Mekanik Bağlantı Oluşturan Yüzey İşlemleri</b>	Asit ile Pürüzlendirme Kumlama - Alüminyum oksit partikülleri ile kumlama - Sentetik elmas partikülleri ile kumlama Elmas Döner alet ve frez ile pürüzlendirme Plazma sprey yöntemi Lazer ile pürüzlendirme
<b>Kimyasal Bağlantı Oluşturan Yüzey İşlemleri</b>	Silan bağlayıcı ajan uygulama ve primer uygulama
<b>Hem Mekanik Hem De Kimyasal Bağlantı Oluşturan Yüzey İşlemleri</b>	Silisyum oksit ( $SiO_2$ ) tanecikleri ile kumlama - Pirokimyasal silika kaplama - Tribokimyasal silika kaplama

## 2. Kumlama

Kumlama yönteminde seramik yüzeyindeki oksit tabakası ve kontamine olmuş tabakalar uzaklaştırılarak temiz ve pürüzlü yüzeyler elde edilmesi amaçlanır. Yüzey pürüzlülüğünün artırılması ile yüzey enerjisi ve ıslanabilirlik artmakta ve böylece adeziv rezin simanın bağlanma dayanımı artmaktadır. Kumlama için sıklıkla 30-250 µm boyutundaki Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> partikülleri kullanılmaktadır. Kumlamanın başarısını kumlama basıncı, partikül büyüklüğü ve uygulama süresi etkileyebilmektedir. Genellikle 10 mm mesafeden 2-3 bar basınç ile 15 sn kadar uygulama yapılır.<sup>32</sup> Aşırı basınçlı kumlama işlemi seramik yüzeyinde kopma ve hasara yol açarak bağlanmayı bozabilir. Bu nedenle silika içerikli seramiklerde önerilmemektedir.<sup>34</sup> Yoshihara ve ark.<sup>35</sup> beş farklı içeriğe sahip kompozit bloklara (Cerasmart GC, Katana Avencia Kuraray Noritake, KZR-CAD HR Yamakin, Lava Ultimate Shofu Block HC) kumlama işlemi uyguladıkları çalışmalarında, kumlamanın polimer içerikli blokların yüzeyinde pürüzlü alanlar oluşturduğu fakat aynı zamanda yüzeyde hasar ve kırıklar yarattığı da bildirilmiştir. Çalışmada aynı zamanda kumlama uygulamasını takiben silan uygulanmasının bağlanma dayanımını önemli ölçüde arttırdığı vurgulanmıştır.<sup>37</sup>

## 3. Elmas döner alet ile pürüzlendirme

Seramik yüzeyinin pürüzlendirilmesi için yüksek devirli döner aletlerle kullanılan elmas frezlerden de faydalanılmaktadır. Yüzey pürüzlülüğü kullanılan frezin greni, uygulama hızı ve süresinden etkilenebilmektedir.<sup>36</sup> Elmas frez ile pürüzlendirmede diğer yöntemlere göre daha pürüzlü yüzeyler elde edilebileceği bildirilmiştir. Fakat bu yöntemde mikro mekanik bağlanmayı arttıran gözeneklerin yerine kazıma izlerinin oluştuğu belirtilmiştir. Bu nedenle bu yöntem seramik yüzeyinde keskin alanlar meydana getirip restorasyonda stres yaratabilmektedir.<sup>26, 30</sup> Güngör ve ark.<sup>16</sup> farklı rezin matriks seramik bloklar kullandıkları çalışmalarında (Lava Ultimate, Vita Enamic, GC Cerasmart) elmas döner alet ile pürüzlendirmenin kumlama ve asit uygulamasına göre daha fazla yüzey pürüzlülüğüne neden olduğunu bildirmişlerdir. Ayrıca polimer infiltre seramik materyali için elmas döner alet ile pürüzlendirmenin diğer gruplara göre daha yüksek bağlanma dayanımı değerleri verdiği belirtilmiştir.<sup>16</sup>

## 4. Plazma spreyi yöntemi

Yüzey işlemi uygulamalarında uyarılmış atomlar, moleküller ve serbest radikaller gibi reaktif parçacıklar içeren kısmi iyonize gaz olarak tanımlanan plazma da kullanılabilir. Bu yöntem plazma sprey yöntemi olarak adlandırılmaktadır. Bu yöntem ile de yüksek pürüzlülük elde edilebildiği bildirilmiştir.<sup>37</sup> Bu yöntemde farklı kimyasal ve fiziksel özelliğe sahip buharlar, klorosilan, florin, heksametildisiloksan veya kalay oksit gibi plazmalar kullanılabilir.<sup>28</sup> Plazma sprey yönteminin cam seramik ve polikarboksilat seramiklerin bağlanma dayanımı değerlerini daha olumlu etkilediği düşünülmektedir.<sup>38</sup>

## 5. Lazer ile pürüzlendirme

Diş hekimliğinde en sık tercih edilen lazerler neodymium-doped yttrium aluminum garnet (Nd:YAG) ve erbium-doped yttrium aluminum garnet (Er:YAG) lazerlerdir.<sup>39</sup> Lazerler, seramik yüzeyini pürüzlendirmek için de tercih edilmektedir. Lazer enerjisi seramik yüzeyi tarafından absorbe edilir ve seramik yüzeyinde soyulmalar yaratır. Bu soyulmalar sayesinde mikro mekanik bağlantı sağlanır.<sup>39, 40</sup> Çelik ve ark.'nın<sup>41</sup> tribokimyasal silika ile kaplama ve lazer ile pürüzlendirmenin farklı içeriklere sahip rezin matriks seramiklerin bağlanma dayanımına etkisini kıyasladıkları çalışmada Nd:YAG lazer ile pürüzlendirmenin bağlanma dayanımını olumlu etkilediği sonucuna varılmıştır. Motevasselian ve ark.<sup>42</sup> ise asit ile pürüzlendirme ve Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> partikülleri ile kumlamanın Er:YAG lazer ile pürüzlendirmeye göre daha başarılı bağlanma dayanımı sonuçları verdiğini bildirmişlerdir.

## 6. Silan uygulanması

Silan materyali adezivler ile seramik ve metal arasındaki bağlantıyı arttırmak için kullanılırlar.<sup>43</sup> Bağlanma yüzeyinin ıslanabilirliğini artırarak simanın yüzeye daha kolay yayılmasına ve mikro mekanik bağlanmanın artmasına yardımcı olurlar.<sup>32, 43</sup> Silan kullanımı özellikle silika içerikli seramiklerde önerilmektedir. Silan molekülü iki fonksiyonlu olma özelliği ile seramik yüzeyindeki silikon dioksitlere ve rezin organik matrikse bağlanarak kopolimer oluşturur.<sup>44</sup> Başarılı bir bağlanma için silan ince bir tabaka (genellikle 10-50 nm) halinde uygulanmalıdır.<sup>29</sup>

Schwenter ve ark.'nın<sup>45</sup> rezin kompozitlerle polimer infiltre seramik materyali arasındaki bağlanma me-

kanizmasını inceledikleri çalışmada, HF asit uygulamasının makaslama bağlanma dayanımını arttırdığı ancak asitleme sonrası silan uygulamasının makaslama bağlanma dayanımı değerlerini çok daha fazla arttırdığı bildirilmiştir. Silikat ve silan arasında meydana gelen kimyasal bağın bu artışa neden olabileceği sonucuna varılmıştır.

## 7. Pirokimyasal silika kaplama

Pirokimyasal silika kaplama yönteminde, yüksek sıcaklıktaki silan, kimyasal reaksiyona girerek silikaya dönüşmektedir.<sup>46</sup> Silicoater Classic, Silicoater MD ve Siloc® (Heraeus-Kulzer, Wehrheim, Almanya) gibi sistemler bu yöntem için kullanılmaktadır. Bu sistemler laboratuvar için geliştirilmiştir. Özel bir alevden geçen yüzey kaplama solüsyonu (tetraetoksilan) yüzeyde 0.1-1.0 µm kalınlığında bir silika tabakası oluşturur. Silicoter teknolojisine dayanarak geliştirilen Silano-Pen ve PyroSil (Bredent, Senden, Germany) ise hasta başı kullanımı için üretilmiştir.<sup>46</sup> <sup>47</sup> Silikon oksit (SiO<sub>x</sub>) ile kaplama yöntemi ve %5'lik HF asit uygulamasının bağlanma dayanımı üzerine etkisinin karşılaştırıldığı bir çalışmada pirokimyasal silika kaplama yönteminin cam seramikler için kullanılabileceği belirtilmiştir.<sup>48</sup>

## 8. Tribokimyasal silika kaplama

Tribokimyasal silika kaplama uygulamasının temel prensibi materyalin yüzeyinde fiziksel ve kimyasal değişiklik oluşturmasıdır. Alumina partiküllerinin silika ile modifiye edilmiş haline tribokimyasal silika kum denilmektedir. Basınçla uygulandığında yüzeyde silika tabakası oluşturur ve kum tanecikleri 15 µm'ye kadar penetre olabilir.<sup>32, 43</sup> Bu işlem için CoJet, Rocatec (3M ESPE), Siljet (Danville Materials Inc., S. Ramon, CA, ABD) ve Siljet Plus (Danville Materials Inc) adı verilen özel sistemler geliştirilmiştir. Tribokimyasal silika kaplama işlemi alüminyum oksit esaslı seramiklerde önerilmektedir.<sup>4</sup> Kumlama ile mikro mekanik bağlantı sağlanırken yüzeyin silika ile kaplanması ile rezin ve silan arasında kimyasal bağlantı sağlanmaktadır.<sup>29, 43</sup>

Cojet sistemi kırık tamiri ve simantasyon için intraoral olarak kullanılabilen bir sistemdir. Silika ile modifiye edilmiş 30 µm çaplı Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> partikülleri seramik yüzeyine 2-3 barlık basınçla 15 sn boyunca dik bir açıyla püskürtülür. Bu yöntemde soğuk silikatizasyon denilmektedir.<sup>4, 49</sup> Üretici firma Cojet uygulaması

sonrası silan uygulamasını önermektedir. Siljet sisteminde 30 µm boyutlarında silika modifiye Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> kum ile intraoral uygulama yapılabilirken, Siljet Plus sistemi tribokimyasal kumlama ve silanın aynı zamanda uygulanabilmesini sağlar.<sup>49, 50</sup> Bu üç sistem arasındaki farklılık silika alumina oranıdır. Siljet Plus sistemi silika modifiye Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> partiküllerinin yanı sıra silika kaplı γ-MPTMS (γ-methacryloxypropyl trimethoxysilane) içermektedir.<sup>49</sup> Şişmanoğlu ve ark.'nın<sup>21</sup> dört farklı içeriğe sahip seramik materyaline (Ceramart; Lava Ultimate; Vita Enamic ve Vitablocks Mark II) uygulanan yüzey işlemlerinin bağlanma dayanımına etkisinin araştırıldığı in-vitro çalışmada seramik içeriği fazla olan materyallerde HF Asit uygulamasının bağlanma dayanımını daha fazla arttırdığı belirtilirken; Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> ile Kumlama ve Cojet uygulamasının kompozit içeriği fazla olan materyallerde daha iyi sonuçlar verdiği belirtilmiştir.

Rocatec sisteminde ise, basınçlı hava yardımıyla partiküllerin kinetik enerjilerinin seramik yüzeyine transferiyle yüzeyin sıcaklığı 1200 °C'e kadar anlık yükselir. Bu enerji yüzeyde erimeye neden olur ve silika kaplı alumina partikülleri yüzeye gömülür. Rocatec sistemlerinde, yüzeye öncelikle 110 µm Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> içeren Rocatec Pre 2.5 bar basınç ile 10 sn uygulanarak yüzeyin temizlenmesi ve aktive edilmesi amaçlanır. Daha sonra seramik yüzeyinin silika ile kaplanması için 2.5 bar ile 12 sn Rocatec Soft (30 µm silika kaplı alumina) veya Rocatec Plus (110 µm silika kaplı alumina) uygulanması önerilmektedir.<sup>4, 50</sup>

## SONUÇ

Rezin matriks seramikler gelişen CAD/CAM teknolojisi sayesinde diş hekimliğinde yaygın kullanım alanına sahip olmuştur. Bu nedenle simantasyon öncesi yüzey hazırlık işlemlerinin bilinmesi de oldukça önem taşımaktadır. Simantasyon öncesinde yüzey işlemi uygulaması bağlanma dayanımı değerlerini oldukça olumlu etkilemektedir. Bu da başarılı bir bağlanma ve uzun dönem kullanılabilecek restorasyonlar anlamına gelmektedir. Bağlanma dayanımını artırmak için seramiğin bağlanma yüzeyine mekanik, kimyasal veya her ikisinin kombinasyonu olan yüzey işlemleri uygulanmalıdır. Hekimin kullanılan seramik materyalinin türünü ve içeriğini bilmesi ve bu özellikler doğrultusunda uygun yüzey işlemi seçerek uygulaması, yüksek bağlanma dayanımı ve uzun restorasyon ömrü için oldukça önemlidir. Son

zamanlarda yapılan çalışmalar doğrultusunda rezin matriks seramiklerde en yüksek bağlanma değerlerinin HF asit ve silan uygulaması ile elde edildiği anlaşılmıştır. HF asit uygulamasında konsantrasyon ve uygulama süresi seramik materyalinin içeriğine göre belirlenmelidir.<sup>16, 18, 45</sup> Silan uygulaması da bağlanma dayanımı değerlerini önemli derecede artırmaktadır.<sup>31</sup> Bu nedenle başarılı bir bağlanma ve başarılı bir restorasyon için simantasyon işlemi öncesinde yüzey işlemi uygulaması güncelliğini korumaktadır.

## KAYNAKLAR

1. Sevmez H. Hibrit seramik ve zirkonya katkılı lityum silikat seramik yüzeyine uygulanan yüzey işlemlerinin seramik ve siman arasındaki bağlantı dayanımına etkisinin incelenmesi [Tez]. Ankara, Gazi Üniversitesi; 2019.
2. Coldea A, Swain MV, Thiel N. Mechanical properties of polymer-infiltrated-ceramic-network materials. *Dent Mater J* 2013;29:419-26.
3. Dirxen C, Blunck U, Preissner S. Clinical performance of a new biomimetic double network material. *Open Dent J* 2013;7:118.
4. Uludamar A, Akalin B, Ozkan YK. Zirkonyum esaslı tam seramik restorasyonlarda simantasyon öncesi yüzey hazırlıkları. *Cumhuriyet Dent J* 2011;14:140-53.
5. Üstün Ö, Özarslan M, Büyükkaplan U. Restoratif materyallerin direncini ölçen mekanik testler ve klinik etkileri. *Türkiye Klinikleri Prosthodontics-Special Topics* 2017;3:224-28.
6. Sakaguchi RL, Powers JM. Craig's restorative dental materials-e-book: Elsevier Health Sciences; 2012. p. 86.
7. Gracis S, Thompson VP, Ferencz JL, Silva NR, Bonfante EA. A new classification system for all-ceramic and ceramic-like restorative materials. *Int J Prosthodont* 2015;28:227-35.
8. Guess PC, Schultheis S, Bonfante EA, et al. All-ceramic systems: laboratory and clinical performance. *Dent Clin North Am* 2011;55:333-52.
9. Jongsma L, Kleverlaan C, Feilzer A. Clinical success and survival of indirect resin composite crowns: results of a 3-year prospective study. *Dent Mater* 2012;28:952-60.
10. Spitznagel FA, Horvath SD, Guess PC, Blatz MB. Resin bond to indirect composite and new ceramic/polymer materials: a review of the literature. *J Esthor Restor Dent* 2014;26:382-93.
11. Akarca EM. Çeşitli Yüzey İşlemleri Uygulanan Rezin Matriks Seramiklerin Rezin Siman Kullanılarak Dişe Bağlantılarının In-Vitro Olarak İncelenmesi [Yayınlanmamış Doktora Tezi]. Ankara, Hacettepe Üniversitesi; 2019.
12. Lauvahutanon S, Takahashi H, Shiozawa M, Iwasaki N, Asakawa Y, Oki M, et al. Mechanical properties of composite resin blocks for CAD/CAM. *Dent Mater J* 2014;33:705-10.
13. Reymus M, Roos M, Eichberger M, et al. Bonding to new CAD/CAM resin composites: influence of air abrasion and conditioning agents as pretreatment strategy. *Clin Oral Invest* 2019;23:529-38.
14. Tinastepe N, Turkes E, Kazazoglu E. Comparative approach to analyse the effects of different surface treatments on CAD/CAM resin nanoceramics-resin composite repair bond strength. *Biotechnol Biotechnol Equip* 2018;32:142-49.
15. GcCerasmart[Internet] Cerasmart Force Absorbing flexible nano ceramic CAD/CAM block 2020 [cited 2022 4 Nisan]. Available from: "https://www.gcamerica.com/products/digital/CERASMART/GCA\_CERASMART\_Bro-iPad.pdf". 2022.
16. Güngör MB, Nemli SK, Bal BT, Ünver S, Doğan A. Effect of surface treatments on shear bond strength of resin composite bonded to CAD/CAM resin-ceramic hybrid materials. *J Adv Prosthodont* 2016;8:259-66.
17. Coldea A, Swain MV, Thiel N. In-vitro strength degradation of dental ceramics and novel PICN material by sharp indentation. *J Mech Behav Biomed Mater* 2013;26:34-42.
18. Campos F, Almeida CS, Rippe MP, de Melo RM, Valandro LF, Bottino MA. Resin bonding to a hybrid ceramic: effects of surface treatments and aging. *Oper Dent* 2016;41:171-78.
19. Ruse ND, Sadoun MJ. Resin-composite blocks for dental CAD/CAM applications. *J Dent Res* 2014;93:1232-4.
20. Sturdevant J, Swift E, Bayne S. Cement bond strength to millable composite for CAD/CAM restorations. Paper presented at: The JDR 2000;79:453.
21. Şişmanoğlu S, Gürcan AT, Bilmez Z, Oğuzman R, Gümüştas B. Effect of surface treatments and universal adhesive application on the microshear bond strength of CAD/CAM materials. *J Adv Prosthodont* 2020;12:22-32.
22. SHOFU[Internet] SHOFU Block HC · Disk HC. Shofu Block HC Broşür (online) 2022 [cited 2022 4 Nisan]. Available from: "https://www.shofu.de/tr/produkt/shofu-block-hc-disk-hc-tr/". 2022.
23. 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;89:479-88.
24. Dutra D, Pereira G, Kantorski KZ, Exterkate R, Kleverlaan CJ, Valandro LF, et al. Grinding with diamond burs and hydrothermal aging of a Y-TZP material: effect on the material surface characteristics and bacterial adhesion. *Oper Dent* 2017;42:669-78.
25. Vargas MA, Bergeron C, Diaz-Arnold A. Cementing all-ceramic restorations: recommendations for success. *J Am Dent Assoc* 2011;142:20-24.
26. Dérand P, Dérand T. Bond strength of luting cements to zirconium oxide ceramics. *Int J Prosthodont* 2000;13:131-5.
27. Zogheib LV, Bona AD, Kimpara ET, JF M. Effect of hydrofluoric acid etching duration on the roughness and flexural strength of a lithium disilicate-based glass ceramic. *Braz Dent J* 2011;22:45-50.
28. Papia E, Larsson C, du Toit M, Vult von Steyern P. Bonding between oxide ceramics and adhesive cement systems: a systematic review. *J Biomed Mater Res B Appl Biomater* 2014;102:395-413.

29. Tian T, Tsoi JK, Matinlinna JP, Burrow MF. Aspects of bonding between resin luting cements and glass ceramic materials. *Dent Mater* 2014;30:147-62.
30. Della Bona A, van Noort R. Ceramic surface preparations for resin bonding. *Am J Dent* 1998;11:276-80.
31. Oğuz Eİ, Çiçekçi G. Influence of different repair protocols and artificial aging on bond strength of composite to a CAD/CAM polymer-infiltrated ceramic. *Cumhuriyet Dent J* 2021;24:37-46.
32. Tzanakakis EG, Tzoutzas IG, Koidis PT. Is there a potential for durable adhesion to zirconia restorations? A systematic review. *J Prosthet Dent* 2016;115:9-19.
33. Moravej-Salehi E, Moravej-Salehi E, Valian A. Surface topography and bond strengths of feldspathic porcelain prepared using various sandblasting pressures. *J Investig Clin Dent* 2016;7:347-54.
34. Blatz MB, Sadan A, Kern M. Resin-Ceramic Bonding: A Review of The Literature. *J Prosthodont* 2003;89:268-74.
35. Yoshihara K, Nagaoka N, Maruo Y, et al. Sandblasting may damage the surface of composite CAD–CAM blocks. *Dent Mater* 2017;33:124-35.
36. Pradies G, Godoy-Ruiz L, Özcan M, Moreno-Hay I, Martínez-Rus F. Analysis of Surface Roughness, Fracture Toughness, and Weibull Characteristics of Different Framework-Veneer Dental Ceramic Assemblies after Grinding, Polishing, and Glazing. *J Prosthodont* 2019;28:216-21.
37. Chan CM, Ko TM, Hiraoka H. Polymer surface modification by plasmas and photons. *Surf Sci Rep* 1996;24:1-54.
38. Han GJ, Kim JH, Cho BH, Oh KH, Jeong JJ. Promotion of resin bonding to dental zirconia ceramic using plasma deposition of tetramethylsilane and benzene. *Eur J Oral Sci* 2017;125:81-87.
39. Khan AA, Al Kheraif AA, Jamaluddin S, Elsharawy M, Divakar DD. Recent Trends in Surface Treatment Methods for Bonding Composite Cement to Zirconia: A Reveiw. *J Adhes Dent* 2017;19:7-19.
40. Ural C, Kalyoncuoğlu E, Balkaya V. The effect of different power outputs of carbon dioxide laser on bonding between zirconia ceramic surface and resin cement. *Acta Odontol Scand* 2012;70:541-6.
41. Çelik E, Şahin SC, Dede D. Effect of surface treatments on the bond strength of indirect resin composite to resin matrix ceramics. *J Adv Prosthodont* 2019;11:223-31.
42. Motevasselian F, Amiri Z, Chiniforush N, Mirzaei M, Thompson V. In Vitro Evaluation of the Effect of Different Surface Treatments of a Hybrid Ceramic on the Microtensile Bond Strength to a Luting Resin Cement. *J Lasers Med Sci* 2019;10:297-303.
43. Della Bona A, Donassollo TA, Demarco FF, Barrett AA, Mecholsky Jr JJ. Characterization and surface treatment effects on topography of a glass-infiltrated alumina/zirconia-reinforced ceramic. *Dent Mater* 2007;23:769-75.
44. Kumbuloglu O, Lassila LV, User A, Toksavul S, Vallittu PK. Shear bond strength of composite resin cements to lithium disilicate ceramics. *J Oral Rehabil* 2005;32:128-33.
45. Schwenter J, Schmidli F, Weiger R, Fischer J. Adhesive bonding to polymer infiltrated ceramic. *Dent Mater J* 2016;35:796-802.
46. Matinlinna JP, Lung CYK, Tsoi JKH. Silane adhesion mechanism in dental applications and surface treatments: A review. *Dent Mater* 2018;34:13-28.
47. Matinlinna JP, Vallittu PK. Silane based concepts on bonding resin composite to metals. *J Contemp Dent Pract* 2007;8:1-8.
48. Jedynakiewicz N, Martin NJB. The effect of surface coating on the bond strength of machinable ceramics. *Biomaterials* 2001;22:749-52.
49. Heikkinen TT, Lassila LV, Matinlinna JP, Vallittu PK. Effect of operating air pressure on tribochemical silica-coating. *Acta Odontol Scand* 2007;65:241-8.
50. Lung CY, Matinlinna JP. Aspects of silane coupling agents and surface conditioning in dentistry: an overview. *Dent Mater* 2012;28:467-77.