

**TC.  
HACETTEPE ÜNİVERSİTESİ  
DİŞ HEKİMLİĞİ FAKÜLTESİ  
PROTETİK DİŞ TEDAVİSİ ANABİLİM DALI**

**TEMİZLEME YÖNTEMLERİNİN TÜKÜRÜK İLE  
KONTAMİNE YÜKSEK TRANSLÜSENS ZİRKONYANIN  
BAĞLANMA DAYANIMINA ETKİSİ**

**Dt. Amine Kübra CENGİZ**

**Protetik Diş Tedavisi Programı  
UZMANLIK TEZİ**

**ANKARA**

**2022**

**TC.  
HACETTEPE ÜNİVERSİTESİ  
DİŞ HEKİMLİĞİ FAKÜLTESİ  
PROTETİK DİŞ TEDAVİSİ ANABİLİM DALI**

**TEMİZLEME YÖNTEMLERİNİN TÜKÜRÜK İLE  
KONTAMİNE YÜKSEK TRANSLÜSENS ZİRKONYANIN  
BAĞLANMA DAYANIMINA ETKİSİ**

**Dt. Amine Kübra CENGİZ**

**Protetik Diş Tedavisi Programı  
UZMANLIK TEZİ**

**TEZ DANIŞMANI  
Doç. Dr. Güliz AKTAŞ**

**ANKARA**

**2022**

**ONAY SAYFASI****TEMİZLEME YÖNTEMLERİNİN TÜKÜRÜK İLE KONTAMİNE YÜKSEK  
TRANSLÜSENS ZİRKONYANIN BAĞLANMA DAYANIMINA ETKİSİ****Öğrenci: Dt. Amine Kübra CENGİZ****Danışman: Doç. Dr. Güliz AKTAŞ**

Bu tez çalışması 26.10.2022 tarihinde jürimiz tarafından Diş Hekimliğinde Uzmanlık Tezi olarak kabul edilmiştir.

**Jüri Başkanı:** Prof. Dr. Mehmet MUHTAROĞULLARI  
Hacettepe Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi  
Protetik Diş Tedavisi Ana Bilim Dalı Başkanı

**Tez Danışmanı:** Doç. Dr. Güliz AKTAŞ  
Hacettepe Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi  
Protetik Diş Tedavisi Öğretim Üyesi

**Üye:** Prof. Dr. Cemal AYDIN  
Gazi Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi  
Protetik Diş Tedavisi Öğretim Üyesi

**ONAY:** Tıpta ve Diş Hekimliğinde Uzmanlık Eğitimi Yönetmeliğinin ilgili maddeleri uyarınca yukarıda jüri üyeleri tarafından uygun görülmüş ve Hacettepe Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi tarafından kabul edilmiştir.

Prof. Dr. Tülin TANER  
**Hacettepe Diş Hekimliği Fakültesi Dekanı**

## YAYIMLAMA VE FİKRİ MÜLKİYET HAKLARI BEYANI

Enstitü tarafından onaylanan lisansüstü tezimin/raporumun tamamını veya herhangi bir kısmını, basılı (kağıt) ve elektronik formatta arşivleme ve aşağıda verilen koşullarla kullanıma açma iznini Hacettepe Üniversitesine verdiğimi bildiririm. Bu izinle Üniversiteye verilen kullanım hakları dışındaki tüm fikri mülkiyet haklarım bende kalacak, tezimin tamamının ya da bir bölümünün gelecekteki çalışmalarda (makale, kitap, lisans ve patent vb.) kullanım hakları bana ait olacaktır.

Tezin kendi orijinal çalışmam olduğunu, başkalarının haklarını ihlal etmediğimi ve tezimin tek yetkili sahibi olduğumu beyan ve taahhüt ederim. Tezimde yer alan telif hakkı bulunan ve sahiplerinden yazılı izin alınarak kullanılması zorunlu metinlerin yazılı izin alınarak kullandığımı ve istenildiğinde suretlerini Üniversiteye teslim etmeyi taahhüt ederim.

Yükseköğretim Kurulu tarafından yayımlanan **“Lisansüstü Tezlerin Elektronik Ortamda Toplanması, Düzenlenmesi ve Erişime Açılmasına İlişkin Yönerge”** kapsamında tezim aşağıda belirtilen koşullar haricince YÖK Ulusal Tez Merkezi / H.Ü. Açık Erişim Sisteminde erişime açılır.

- Enstitü/fakülte yönetim kurulu kararı ile tezimin erişime açılması mezuniyet tarihimden itibaren 2 yıl ertelenmiştir (1).
- Enstitü/fakülte yönetim kurulunun gerekçeli kararı ile tezimin erişime açılması mezuniyet tarihimden itibaren 6 ay ertelenmiştir (2).
- Tezimle ilgili gizlilik kararı verilmiştir (3).

18/10/2022

Dt. Amine Kübra CENGİZ

i

<sup>i</sup>“Lisansüstü Tezlerin Elektronik Ortamda Toplanması, Düzenlenmesi ve Erişime Açılmasına İlişkin Yönerge”  
Madde 6.

- (1) Madde 6.1. Lisansüstü teze ilgili patent başvurusu yapılması veya patent alma sürecinin devam etmesi durumunda, tez danışmanının önerisi ve enstitü anabilim dalının uygun görüşü üzerine enstitü veya fakülte yönetim kurulu iki yıl süre ile tezin erişime açılmasının ertelenmesine karar verebilir.
- (2) Madde 6.2. Yeni teknik, materyal ve metotların kullanıldığı, henüz makaleye dönüşmemiş veya patent gibi yöntemlerle korunmamış ve internette paylaşılması durumunda 3. şahıslara veya kurumlara haksız kazanç imkanı oluşturabilecek bilgi ve bulguları içeren tezler hakkında tez danışmanının önerisi ve enstitü anabilim dalının uygun görüşü üzerine enstitü veya fakülte yönetim kurulunun gerekçeli kararı ile altı ayı aşmamak üzere tezin erişime açılması engellenebilir.
- (3) Madde 7.1. Ulusal çıkarları veya güvenliği ilgilendiren, emniyet, istihbarat, savunma ve güvenlik, sağlık vb. konulara ilişkin lisansüstü tezlerle ilgili gizlilik kararı, tezin yapıldığı kurum tarafından verilir. Kurum ve kuruluşlarla yapılan işbirliği protokolü çerçevesinde hazırlanan lisansüstü tezlere ilişkin gizlilik kararı ise, ilgili kurum ve kuruluşun önerisi ile enstitü veya fakültenin uygun görüşü üzerine üniversite yönetim kurulu tarafından verilir. Gizlilik kararı verilen tezler Yükseköğretim Kuruluna bildirilir.  
Madde 7.2. Gizlilik kararı verilen tezler gizlilik süresince enstitü veya fakülte tarafından gizlilik kuralları çerçevesinde muhafaza edilir, gizlilik kararının kaldırılması halinde Tez Otomasyon Sistemine yüklenir.

\* Tez danışmanının önerisi ve enstitü anabilim dalının uygun görüşü üzerine enstitü veya fakülte yönetim kurulu tarafından karar verilir.

## ETİK BEYAN

Bu çalışmadaki bütün bilgi ve belgeleri akademik kurallar çerçevesinde elde ettiğimi, görsel, işitsel ve yazılı tüm bilgi ve sonuçları bilimsel ahlak kurallarına uygun olarak sunduğumu, kullandığım verilerde herhangi bir tahrifat yapmadığımı, yararlandığım kaynaklara bilimsel normlara uygun olarak atıfta bulunduğumu, tezimin kaynak gösterilen durumlar dışında zgn olduğunu, Doç. Dr. Güliz AKTAŞ danışmanlığında tarafımdan üretildiğini ve Hacettepe Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü Tez Yazım Yönergesine göre yazıldığımı beyan ederim.

Dt. Amine Kübra CENGİZ

## TEŞEKKÜR

Uzmanlık eğitimim boyunca ve tez çalışmam sürecinde bana hep gönülden destek olan ve her zaman ilgili bir şekilde bilgisini paylaşan, her konuda desteğini isteyebildiğim çok anlayışlı olan tez danışmanım sayın Doç. Dr. Güliz AKTAŞ'a,

Eğitim sürecim boyunca mesleki vizyonumu geliştiren, her zaman bilgilerini içtenlikle paylaşan, kendime güvenmemi ve zorluklarla mücadele etmemi sağlayan çok değerli hocalarım sayın Prof. Dr. Mehmet MUHTAROĞULLARI, Prof. Dr. Kıvanç AKÇA, Prof. Dr. Atila ERTAN, Doç. Dr. M. Barış GÜNCÜ ve Prof. Dr. Nesrin ANIL dahil olmak üzere, tüm Hacettepe Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Protetik Diş Tedavisi Anabilim Dalı öğretim üyelerine,

Başta tüm eğitim sürecinde her konuda her zaman iyi niyetiyle yardımlarıyla yanımda olan Dt. Didem SAKAR'a, bu süreçte her zaman dertleşebildiğim yardım isteyebildiğim Dt. Pınar Sağır ve Dt. Fatmanur DEMİR olmak üzere birlikte çalıştığımız tüm asistan arkadaşlarıma,

Yıllardır yanımda olan ve hep olmalarını istediğim, hep daha iyi ve mutlu olmam için çabalayan sevgili ailem ve kıymetli çocukluk arkadaşlarıma,

Her koşulda sevgisini hissettiren, doğrularıyla yanlışlarımla beni kabullenen ve benimseyen, birlikte bir olduğumuzu hissettiren, her halimi çeken ve tüm tez sürecimde de elinden gelen tüm yardımı yapan biricik eşim Hasan Cengiz'e

En içten duygularıyla çok teşekkür ederim.

## ÖZET

**CENGİZ A.K., Temizleme yöntemlerinin tükürük ile kontamine yüksek translüsens zirkonyanın bağlanma dayanımına etkisi. Hacettepe Üniversitesi, Diş Hekimliği Fakültesi. Protetik Diş Tedavisi Uzmanlık Tezi, Ankara, 2022.**

Çalışmanın amacı tükürük ile kontamine edilmiş yüksek translüsens zirkonyalarda farklı temizleme yöntemlerinin makaslama bağlantı dayanıklılığına etkisinin incelenmesidir. 7x7x3 mm boyutlarında alüminyum oksit kumlama yapılmış 120 adet zirkonya örnek 8 gruba ayrılmıştır (n=15). Tükürük kontaminasyonu olmayan grup kontrol grubu olarak belirlenmiştir. Erken MDP grubunda kontaminasyon öncesi MDP içeren primer uygulaması yapılmış ve doğal tükürük bir katman sürülerek kontamine edilmiş, 3 dk kontaminasyon için beklenmiştir. Kontrol grubu harici tüm gruplarda tükürük uygulaması aynı prosedürle yapılmıştır. Kontamine edilen gruplar Ivoclean pastası, %5.25'lik NaOCI solüsyonu, %37'lik fosforik asit jeli, %1'lik fitik asit solüsyonu, hava-su spreyi ve tekrar kumlama işlemi ile temizlenmiştir. Tüm örneklere self-adeziv rezin siman, standart kit yardımıyla uygulanmıştır. 5000 devirlik termal siklus sonrası tüm örneklerde universal test cihazı kullanılarak makaslama bağlantı dayanıklılığı ölçülmüştür. Kırılma yüzeyleri stereomikroskop ile incelenmiştir. Her gruptan rastgele 1 örnek seçilerek SEM ve EDS analizi uygulanmıştır. Sonuçların istatistiksel değerlendirilmesi Kruskal-wallis ve Bonferroni analizleriyle yapılmıştır. Hava-su spreyi, fitik asit ve fosforik asit grupları kontrol grubuna göre istatistiksel olarak anlamlı derecede düşük bağlantı değerleri gösterirken ( $p<0.05$ ) Ivoclean, erken MDP, NaOCI ve  $Al_2O_3$  gruplarıyla kontrol grubu arasında ise istatistiksel olarak anlamlı fark bulunmamıştır. EDS değerlendirmesine göre fosforik asit grubunda fosfor elementi, fitik asit ve hava-su spreyi gruplarında ise karbon elementi kontrol grubuna kıyasla daha yüksek konsantrasyonlarında tespit edilmiştir. Bu çalışma ile tükürük kontaminasyonu öncesi MDP içeren primer uygulaması, Ivoclean pastası, %5.25'lik NaOCI ve tekrar kumlama yöntemleri tükürük kontaminasyonun temizlenmesi ve yüksek bağlantı değerlerinin elde edilmesinde başarılı görülmüştür.

**Anahtar Kelimeler:** zirkonya, bağlantı dayanıklılığı, tükürük kontaminasyonu

Destekleyen kurumlar: H.Ü.B.A.K.B Destek Projesi (Proje Kodu: THD-2022-19650)

## ABSTRACT

**CENGİZ A.K., The effect of cleaning methods on the bond strength of saliva contaminated high translucent zirconia. Hacettepe University, Faculty of Dentistry, Thesis in Prosthodontics, Ankara, 2022.**

The aim of this in vitro study was to evaluate the effect of different cleaning methods on the shear bond strength of the saliva contaminated zirconia. The 120 zirconia specimens (7x7x3 mm) were fabricated and abraded with aluminum oxide. Specimens were divided into 8 groups (n=15). Group MDP were first treated with one coat of MDP primer, after then a thin coat of fresh human saliva was painted specimens. Except the control group; all specimens were contaminated saliva like MDP group's procedure. The specimens were cleaned with Ivoclean solution, concentration of 5.25% NaOCl solution, %1 phytic acid solution, 37% phosphoric gel, air-water spray and Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> additional air-abrasion. Self-adhesive resin cement was applied to all samples with the help of a standard kit. The bond strengths were measured by shear testing after thermal cycling at 5-55 C. (TC 5000) The specimen surfaces were evaluated under stereomicroscope and randomize 1 specimen of the each group was examined by SEM and EDS. Statistical evaluation of the results was made by Kruskal-wallis and Bonferroni analyzes. While air-water spray, phytic acid and phosphoric acid groups showed statistically significantly lower SBS values compared to the control group (p<0.05), no statistically significant difference was found between the Ivoclean, MDP primer, 5.25% NaOCl and Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> groups with the control group. According to the EDS evaluation, phosphorus element in the phosphoric acid group, and carbon element in the phytic acid and air-water spray groups were found at higher concentrations compared to the control group. In this study, primer application containing MDP, Ivoclean paste, 5.25% NaOCl and additional blasting methods before saliva contamination were found to be successful in removing saliva contamination and obtaining high SBS values.

**Keywords:** high translucent zirconia, bonding strength, saliva contamination

Supported by H.Ü.B.A.K.B. Support Project (Project Code: THD-2022-19650)



## İÇİNDEKİLER

<b>ONAY SAYFASI</b>	<b>iii</b>
<b>YAYIMLAMA VE FİKRİ MÜLKİYET HAKLARI BEYANI</b>	<b>iv</b>
<b>ETİK BEYAN</b>	<b>v</b>
<b>TEŞEKKÜR</b>	<b>vi</b>
<b>ÖZET</b>	<b>vii</b>
<b>ABSTRACT</b>	<b>viii</b>
<b>İÇİNDEKİLER</b>	<b>ix</b>
<b>SİMGELER VE KISALTMALAR</b>	<b>xiii</b>
<b>ŞEKİLLER</b>	<b>xv</b>
<b>TABLolar</b>	<b>xvii</b>
<b>1. GİRİŞ</b>	<b>1</b>
<b>2. GENEL BİLGİLER</b>	<b>3</b>
2.1. Seramikler	3
2.2. Tam Seramik Sistemlerin Sınıflandırılması	3
2.2.1. Cam Seramikler	5
2.2.2. Doldurucu İçeren Cam Seramikler	5
2.2.3. Polikristalin Seramikler	6
2.3. Zirkonyum	7
2.4. Zirkonyum Oksit (ZrO <sub>2</sub> ) / Zirkonya	7
2.4.1. Zirkonya ve Zirkonya Esaslı Seramiklerin Mekanik Özellikleri	8
2.4.2. Zirkonyanın Mikroyapısal Özellikleri	9
2.4.3. Zirkonyalarda Tetragonal Fazın Stabilizasyonu	10
2.4.4. Zirkonyanın Mikro Yapısal Sınıflandırması	10
2.5. Diş Hekimliğinde Kullanılan Zirkonya Tipleri	11
2.5.1. Magnezyum İlaveli Parsiyel Stabilize Zirkonya (Mg-Psz)	11
2.5.2. Zirkonya ile Güçlendirilmiş Alümina (ZTA)	11
2.5.3. İtiryum Stabilize Tetragonal Zirkonya Polikristali (Y-TZP)	12
2.6. İtiryum Stabilize Tetragonal Zirkonya Polikristalin (Y-TZP) Jenerasyonları	12

2.6.1. Birinci Jenerasyon İtiryum Stabilize Tetragonal Zirkonya Polikristalin (Y-TZP) (3Y-TZP)	13
2.6.2. İkinci Jenerasyon İtiryum Stabilize Tetragonal Zirkonya Polikristalin (Y-TZP) (3Y-TZP)	13
2.6.3. Üçüncü Jenerasyon İtiryum Stabilize Tetragonal Zirkonya Polikristalin (Y-TZP) (5Y-PSZ)	13
2.7. Zirkonya Restorasyonların Simantasyonu	14
2.8. Zirkonya Restorasyonlarda Adeziv Simantasyona Hazırlık	16
2.8.1. Mekanik Yüzey İşlemleri	17
2.8.2. Kimyasal Yüzey İşlemleri	21
2.8.3. Alternatif Yüzey İşlemleri	22
2.9. Zirkonya Restorasyon Kontaminasyon Temizleme Yöntemleri	23
2.10. Zirkonya Restorasyonlarda Kullanılan Yaşlandırma Yöntemleri	25
2.10.1. Çiğneme Siklusu ile Yaşlandırma Yöntemi	25
2.10.2. Suda Bekletme ile Yaşlandırma Yöntemi	25
2.10.3. Termal Siklus ile Yaşlandırma Yöntemi	25
2.11. Bağlantı Dayanıklılığı ve Test Yöntemleri	26
2.11.1. Makro-Makaslama Bağlantı Dayanıklılığı Test Yöntemi	26
2.11.2. Mikro Makaslama Bağlantı Dayanıklılığı Test Yöntemi	27
2.11.3. Makro-Çekme Bağlantı Dayanıklılığı Test Yöntemi	27
2.11.4. Mikro-Çekme Bağlantı Dayanıklılığı Test Yöntemi	27
2.12. Analiz Yöntemleri	27
2.12.1. Taramalı Elektron Mikroskobu (SEM)	27
2.12.2. Enerji Ayrımlı X-Işını Analizi (EDS)	28
<b>3. GEREÇ VE YÖNTEM</b>	<b>29</b>
3.1. Araştırmada Kullanılan Materyaller ve Cihazlar	29
3.2. Tükürük Örneğinin Hazırlanması	30
3.3. Örneklerin Hazırlanması	31
3.3.1. Bağlantı Yüzeyi Standardizasyonu	31
3.4. Deney Gruplarının Belirlenmesi	32

3.5. Termal Siklus Uygulanması	37
3.6. Makaslama Bağlantı Dayanıklılığı Testinin Gerçekleştirilmesi	38
3.7. Kopma Yüzeylerinin Değerlendirilmesi, SEM ve EDX Analizi	39
3.8. İstatistiksel Analiz	41
<b>4. BULGULAR</b>	<b>42</b>
4.1. Bağlantı Dayanıklılığı Test Sonuçlarının Değerlendirilmesi	42
4.2. Stereomikroskop Görüntüleri ve Değerlendirilmesi	45
4.2.1. Kontrol Grubu Stereomikroskop Görüntüleri	46
4.2.2. MDP Grubu Stereomikroskop Görüntüleri	46
4.2.3. Ivoclean Grubu Stereomikroskop Görüntüleri	47
4.2.4. NaOCI Grubu Stereomikroskop Görüntüleri	47
4.2.5. Fitik Asit Grubu Stereomikroskop Görüntüleri	48
4.2.6. Fosforik Asit Grubu Stereomikroskop Görüntüleri	48
4.2.7. Hava-Su Spreyi Grubu Stereomikroskop Görüntüleri	49
4.2.8. Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> Grubu Stereomikroskop Görüntüleri	49
4.3. SEM Görüntüleri	50
4.3.1. Kontrol Grubu SEM Görüntüleri	50
4.3.2. MDP Grubu SEM Görüntüleri	51
4.3.3. Ivoclean Grubu SEM Görüntüleri	51
4.3.4. NaOCI Grubu SEM Görüntüleri	52
4.3.5. Fitik Asit Grubu SEM Görüntüleri	52
4.3.6. Fosforik Asit Grubu SEM Görüntüleri	53
4.3.7. Hava-Su Spreyi Grubu SEM Görüntüleri	54
4.3.8. Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> Grubu SEM Görüntüleri	54
4.4. EDS Analizi	56
4.4.1. Kontrol Grubu EDS Analizi	56
4.4.2. MDP Grubu EDS Analizleri	57
4.4.3. Ivoclean Grubu EDS Analizleri	58
4.4.4. NaOCI Grubu EDS Analizleri	59
4.4.5. Fitik Asit Grubu EDS Analizleri	60

4.4.6. Fosforik Asit Grubu EDS Analizleri	61
4.4.7. Hava-su Spreyi Grubu EDS Analizleri	62
4.4.8. Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> Grubu EDS Analizleri	63
<b>5. TARTIŞMA</b>	<b>64</b>
<b>6. SONUÇ VE ÖNERİLER</b>	<b>73</b>
<b>7. KAYNAKLAR</b>	<b>74</b>

## SİMGELER ve KISALTMALAR

<b>Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub></b>	Alüminyum Oksit
<b>APC</b>	Air Particle Abrasion + Primer + Cementation
<b>Bis-GMA</b>	Bisfenol Glisidil Metakrilat
<b>CAD-CAM</b>	Bilgisayar destekli tasarım/ Bilgisayar destekli üretim
<b>CaO</b>	Kalsiyum oksit
<b>CeO<sub>2</sub></b>	Seryum(IV) oksit
<b>°C</b>	Santigrat derece
<b>dk</b>	Dakika
<b>EDM</b>	Electrical Discharge Machine
<b>EDX</b>	Enerji Dağılımlı X-Ray Spektroskopisi
<b>FSZ</b>	Tam stabilize zirkonya
<b>GPa</b>	Giga Paskal
<b>HF</b>	Hidrojen florür
<b>ISO</b>	International Organization for Standardization
<b>LTD</b>	Low temperature degradation
<b>MDP</b>	10-Metakriloiloksidetil dihidrojen fosfat
<b>MgO</b>	Magnezyum Oksit
<b>Mg-PSZ</b>	Magnezyum ilaveli parsiyel stabilize zirkonya
<b>µm</b>	Mikrometre
<b>mm</b>	Milimetre
<b>MPa</b>	Megapaskal
<b>mJ</b>	Milijoule
<b>Nd:YAG</b>	Neodymium-doped yttrium aluminum garnet
<b>O<sub>2</sub></b>	Oksijen
<b>OH</b>	Hidroksit
<b>PSZ</b>	Parsiyel stabilize zirkonya
<b>SEM</b>	Taramalı Elektron Mikroskobu
<b>SIE</b>	Selektif infiltrasyon asitleme

<b>sn</b>	Saniye
<b>TBS</b>	Tribokimyasal Silika Kaplama
<b>TEGDMA</b>	Tri- etilen glikol dimetakrilat
<b>ThO<sub>2</sub></b>	Toryum Dioksit
<b>UDMA</b>	Üretan dimetakrilat
<b>W</b>	Watt
<b>Y<sub>2</sub>O<sub>3</sub></b>	İtriyum(III) oksit
<b>Y-PSZ</b>	İtriyum ile stabilize edilmiş parsiyel zirkonya polikristali
<b>Y-TZP</b>	İtriyum ile stabilize edilmiş tetragonal zirkonya polikristali
<b>Zr</b>	Zirkonyum
<b>ZrO<sub>2</sub></b>	Zirkonyum oksit
<b>ZrSiO<sub>4</sub></b>	Zirkonyum Silikat
<b>ZTA</b>	Zirkonya ile Güçlendirilmiş Alümina

## ŞEKİLLER

Şekil 2.1 Dental seramiklerin sınıflandırılması (17).....	3
Şekil 2.2 Gracis ve ark. tam seramik sınıflandırmasının şematik gösterimi (22).....	4
Şekil 2.3 Zirkonyalarda faz dönüşümü ile çatlak ilerlemesinin engellenmesi.....	8
Şekil 2.4 Zirkonyanın üç fazı.....	10
Şekil 2.5 Mevcut ticari zirkonya jenesyonları, üretici firmaları ve kompozisyonları (35) .....	12
Şekil 3.1 Örneklerden birinin kumlama öncesi (a) ve kumlama sonrası (b) görüntüleri.	31
Şekil 3.2 Grupların sınıflandırılması ve detayları.....	32
Şekil 3.3 Bağlantı standardizasyonu için kullanılan kit.....	33
Şekil 3.4 Hazırlanan örneklere seramik primer uygulaması.....	33
Şekil 3.5 Hazırlanan örneklerin tükürük ile kontamine edilmesi.....	34
Şekil 3.6 Hazırlanan örneklere NaOCI uygulaması.....	34
Şekil 3.7 Hazırlanan örneklere fosforik asit uygulaması.....	35
Şekil 3.8 Hazırlanan örneklere Ivoclean pastası uygulaması.....	35
Şekil 3.9 Hazırlanan örneklere fitik asit çözeltisi uygulaması.....	36
Şekil 3.10 Kontaminasyon sonrası kumlama işleminin yapılması.....	36
Şekil 3.11 Örneklerin bağlantı yüzeyleri standardize edilerek rezin siman uygulanması	37
Şekil 3.12 Örneklerin ışınlanması.....	37
Şekil 3.13 Termal Siklus Cihazı (MOD Dental).....	38
Şekil 3.14 Makaslama testi için kullanılan universal test cihazı.....	39
Şekil 3.15 Makaslama testi için cihaza yerleştirilen örnek.....	39
Şekil 3.16 Kullanılan stereomikroskop cihazı.....	40
Şekil 3.17 SEM değerlendirmesi için altın kaplama yapılmış örnek.....	41
Şekil 4.1 Kruskal-Wallis analizi ile grupların değerlendirilmesi ( $p<0.05$ ).....	43
Şekil 4.2 Kontrol grubunda gözlemlenen adeziv ve karma tip kırılma örneği.....	46
Şekil 4.3 MDP grubunda gözlemlenen adeziv ve karma tip ve koheziv tip kırılma örneği .....	46
Şekil 4.4 Ivoclean grubunda gözlemlenen adeziv ve karma tip kırılma örneği.....	47

Şekil 4.5 NaOCI grubunda gözlemlenen adeziv ve karma tip ve koheziv tip kırılma örneği .....	47
Şekil 4.6 Fitik Asit grubunda gözlemlenen adeziv ve karma tip kırılma örneği.....	48
Şekil 4.7 Fosforik Asit grubunda gözlemlenen adeziv ve karma tip kırılma örneği.....	48
Şekil 4.8 Hava-Su Spreyi grubunda gözlemlenen adeziv ve karma tip kırılma örneği ...	49
Şekil 4.9 Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> grubunda gözlemlenen adeziv ve karma tip kırılma örneği .....	49
Şekil 4.10 Kontrol grubu örneklerinin makaslama testi sonrası SEM görüntüleri .....	50
Şekil 4.11 MDP grubu örneklerinin makaslama testi sonrası SEM görüntüleri .....	51
Şekil 4.12 Ivoclean grubu örneklerinin makaslama testi sonrası SEM görüntüleri .....	51
Şekil 4.13 NaOCI grubu örneklerinin makaslama testi sonrası SEM görüntüleri .....	52
Şekil 4.14 Fitik Asit grubu örneklerinin makaslama testi sonrası SEM görüntüleri .....	52
Şekil 4.15 Fitik asit grubu örneklerinin makaslama testi sonrası SEM görüntüleri.....	53
Şekil 4.16 Hava-su spreyi grubu örneklerinin makaslama testi sonrası SEM görüntüleri .....	54
Şekil 4.17 Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> grubu örneklerinin makaslama testi sonrası SEM görüntüleri .....	54
Şekil 4.18 Kontrol grubu EDS analizi sonuçları .....	56
Şekil 4.19 MDP grubu EDS analizi sonuçları.....	57
Şekil 4.20 Ivoclean grubu EDS analizi sonuçları.....	58
Şekil 4.21 NaOCI grubu EDS analizi sonuçları .....	59
Şekil 4.22 Fitik asit grubu EDS analizi sonuçları .....	60
Şekil 4.23 Fosforik asit grubu EDS analizi sonuçları .....	61
Şekil 4.24 Hava-su grubu EDS analizi sonuçları .....	62
Şekil 4.25 Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> grubu EDS analizi sonuçları .....	63



**TABLÖLAR**

Tablo 3.1 Çalışmada kullanılan materyal bilgileri .....	29
Tablo 3.2 Çalışmada kullanılan araçlar ve üretici firmaları.....	30
Tablo 4.1 Grupların tanımlayıcı istatistik değerleri .....	42
Tablo 4.2 Grupların ikili karşılaştırılması.....	44
Tablo 4.3 Örneklerde gözlemlenen kırılma tipleri.....	45

## 1. GİRİŞ

İtriyum ile stabilize edilmiş zirkonyalar (Y-TZP), son yıllarda iyi mekanik ve estetik özellikleri nedeniyle gittikçe tercih edilen bir materyal halini almıştır. Önceleri sadece alt yapı olarak kullanılırken materyalin kimyasal içeriğindeki değişikliklerle ışık geçirgenliği artırılmış ve bu sayede monolitik kullanımı yaygınlaşmıştır (1-5).

Seramik restorasyonların uzun süreli klinik başarısı için simantasyon protokolü ve iyi marjinal uyum sağlanması kritik önem taşımaktadır. Adeziv simantasyon, marjinal sızdırmazlık sağlanması, restorasyonun kırılma direncini ve tutuculuğunu artırması, mikro sızıntıyı azaltması ve yüksek estetik özellik sağlanması nedeniyle tercih edilmektedir (6).

Zirkonyalarda başarılı adeziv bağlantı elde edebilmek için mikromekanik ve kimyasal ön işlemin gerekli olduğu konusunda güçlü fikir birliği vardır (7-9). Bu nedenle zirkonyanın adeziv simantasyonunda alternatif yüzey hazırlama yöntemleri önerilmiştir. Zirkonya restorasyonun silika kaplı alümina partikülleri ile kumlanması, sonrasında 10-metakriloiloksidekil dihidrojen fosfat (MDP) içeren primer uygulanması ve rezin siman ile simantasyonu APC protokolü olarak bilinmekte ve yaygın olarak kullanılmaktadır (8, 9).

Adeziv simantasyon işleminde nem ve kontaminasyon bağlantı dayanıklılığını belirgin derecede azaltır (10-12). Provalar sırasında restorasyonun silikon (ölçü maddesi), kan ya da tükürük kontaminasyonunu gidermek ve güçlü rezin bağlantısı sağlayabilmek için çeşitli yöntemler kullanılmaktadır (13-15).

Literatürde konuyla ilgili birçok çalışma yer almasına rağmen fitik asit çözeltisinin kontamine zirkonyalarda temizleme etkinliği araştırılmamıştır. MDP primerinin kontaminasyon öncesi uygulanması ile ilgili limitli sayıda çalışma mevcuttur ve var olan çalışmaların bir kısmında başka yöntemler ile kombine edilerek kullanılmıştır bu nedenle tek başına etkinliğinin değerlendirilmesiyle ilgili literatürde eksiklik bulunmaktadır.

Bu çalışmanın amacı, yüksek translüsens zirkonya bloklarından elde edilen örneklerde tükürük kontaminasyonu sonrası yüzey temizleme işlemlerinin etkinliğini karşılaştırmak ve rezin siman makaslama bağlantı dayanıklılığı üzerindeki etkisini incelemektir. Çalışmanın sıfır hipotezi; tükürük ile kontamine zirkonya yüzeyine

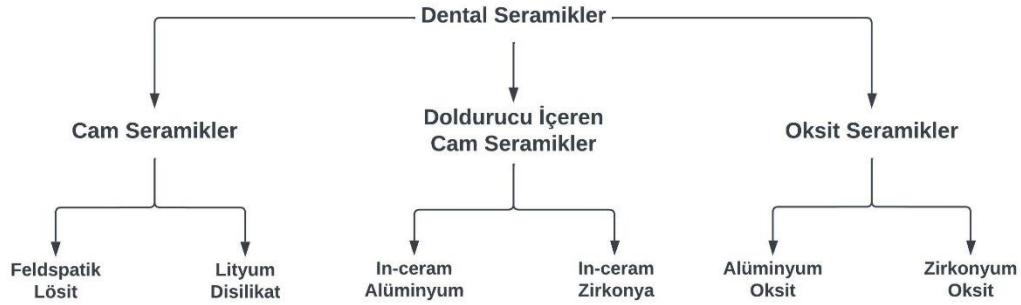
uygulanan temizleme yöntemleri benzer arındırma etkisine sahiptir ve temizleme sonrası kontamine olmamış yüzeyler ile adeziv bağlantı değerleri arasında fark yoktur.

## 2. GENEL BİLGİLER

### 2.1. Seramikler

'Seramik' kelimesinin etimolojik kökeni, çömlek veya yanmış madde anlamına gelen Yunanca keramos kelimesine dayanmaktadır. Günümüzde 'seramik' kelimesi daha geniş kapsamda kullanılır ve cam, gelişmiş seramik ve siman sistemleri gibi materyalleri de içerir. Seramikler genellikle uygun ısıl işlem ardından soğutma ile sentezlenen inorganik, metalik olmayan katılardır. Kovalent, iyonik ve nadiren metalik bağların bir kombinasyonu ile oluşmaktadır. Seramik materyaller kristalin olmayan, kısmen kristalin veya kristalin yapıda olabilmektedir (16).

### 2.2. Tam Seramik Sistemlerin Sınıflandırılması

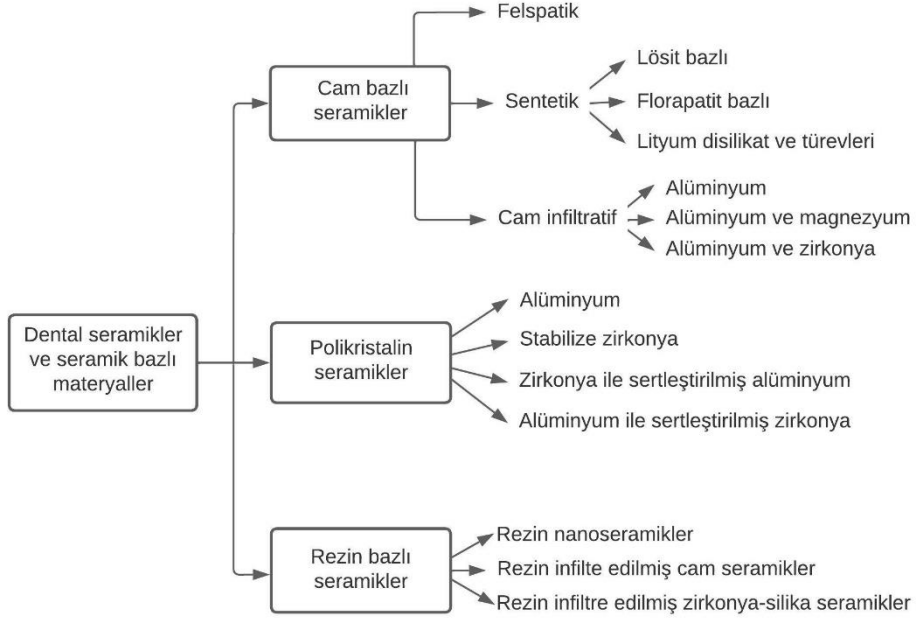


Şekil 2.1 Dental seramiklerin sınıflandırılması (17)

Tam seramik sistemlerinin sınıflandırılması materyalin temel özelliklerinin daha iyi anlaşılması, iletişimin etkinliğinin sağlanmasında ve eğitim sisteminde faydalı olmaktadır (18).

Tam seramik sistemleri için güncel olarak kabul gören birden fazla sınıflandırma sistemi mevcuttur. Tam seramik materyallerini; yapım tekniklerine, ışık geçirgenliklerine, alt yapı için kullanılan materyallere ve mikro yapılarına göre inceleyen sınıflandırma sistemleri bulunmaktadır (19).

Gracis ve arkadaşları yaptıkları sınıflandırmada tam seramikleri mikro yapılarına göre incelemiş ve üç ana gruba ayırmıştır: cam matrisli içerikli seramikler, polikristalin yapıdaki seramikler ve rezin matrisli içerikli seramikler (18). Yapılan sınıflandırmada cam miktarı ile dayanıklılık ve estetik arasında direkt bir ilişki bulunmaktadır. Bu sınıflandırma sistemi karmaşık yapısı nedeniyle klinik kullanım için pratik bulunmamaktadır.



Şekil 2.2 Gracis ve ark. tam seramik sınıflandırmasının şematik gösterimi (22)

Güncel olarak kabul edilen başka bir mikroyapısal sınıflandırma sistemi Mc Laren ve arkadaşlarının sınıflandırma sistemidir (20). Bu sınıflandırma sisteminde seramik, mikroyapısal düzeyde cam-kristal oranı bileşimine göre incelenir. Materyallerin mikro yapıları sonsuz değişkenlik gösterebilir, ancak Mc Laren ve arkadaşları, tam seramikleri birkaç alt gruba birlikte dört temel bileşim kategorisinde sınıflandırmıştır:

- Kategori 1: cam bazlı sistemler (esas olarak silika);
- Kategori 2: genellikle kristalin (tipik olarak lösit veya farklı bir yüksek kaynaştırıcı cam) doldurucu cam bazlı sistemler (esas olarak silika);
- Kategori 3: cam doldurucu (esas olarak alümina) kristalin bazlı sistemler;

- Kategori 4: polikristalin solidler (alümina ve zirkonya).

Kelly ve Benetti ise yaptıkları güncel sınıflandırmada tam seramikleri mikro yapılarına göre üç ana grupta incelemiştir:

- Cam Seramikler (Predominantly Glassy Ceramics)
- Doldurucu içeren cam seramikler (Particle-filled glasses)
- Polikristalin Seramikler (Polycrystalline) (21, 22).

### 2.2.1. Cam Seramikler

Mine ve dentinin optik özelliklerini çok iyi taklit eden ve son derece biyouyumlu olan dental seramikler, ağırlıklı olarak camsı materyallerden oluşmaktadır. Camsı seramikler, en yakın ve bir sonraki en yakın komşu atomları arasında düzenli mesafe ve açı modeli olmayan 3 boyutlu atom ağlarından oluşmaktadır, bu nedenle yapıları amorf veya formsuzdur.

Dental seramiklerdeki camlar esas olarak feldspat adı verilen bir grup maden mineralinden türetilir ve silika (silikon oksit) ve alümina (alüminyum oksit) bazlıdır, dolayısıyla feldspatik porselenler alüminosilikat camlar olarak adlandırılan bir aileye aittir (22).

Feldspat bazlı camlar, fırınlanma sırasında kristalleşmeye (devitrifikasyon) karşı dirençlidir ve son derece biyouyumludur. Feldspatik camlarda, silikon-oksijen-silikon bağları aracılığı ile oluşan 3 boyutlu köprü ağı, köprü oluşturmayan oksijen atomlarına yük dengesi sağlayan sodyum ve potasyum gibi katyonların modifiye olmasıyla ara sıra bozular. Modifiye olan katyonlar, (örn. fırınlama sıcaklıklarını düşürerek veya termal genişlemeyi/büzülmeyi artırarak camın) önemli özelliklerini değiştirir (21).

### 2.2.2. Doldurucu İçeren Cam Seramikler

Temel cam kompozisyonuna; opasite, renk gibi optik özellikleri kontrol etmek ve dayanıklılık, termal genişleme/büzülme gibi mekanik özellikleri iyileştirmek amacıyla doldurucular eklenerek ‘‘Doldurucu içeren cam seramikler’’ oluşturulmuştur. Doldurucu

maddeleri genellikle kristalindir fakat daha yüksek erime sıcaklığına sahip cam partikülleri de olabilmektedir.

Seramik yapının özelliklerinde; içerdikleri doldurucu partikül miktarına ve camın içerisine eklenme yöntemine göre değişiklikler olmaktadır. Dental seramiklerde kullanılan ilk doldurucu madde, lösit adı verilen kristalin mineral partikülleri içermektedir (22, 23). Geçmişte bu doldurucu, metal alt yapılara başarılı bir şekilde fırınlanan porselenler oluşturmak için eklenmiştir (24, 25). Lösit yaklaşık  $20 \times 10^{-6} \text{ }^\circ\text{C}$ , feldspatik camlara (yaklaşık  $8 \times 10^{-6} \text{ }^\circ\text{C}$ ) kıyasla çok yüksek bir termal genişleme/büzülme katsayısına sahiptir.

Lityum disilikatlar doldurucu içeren cam seramikler sınıfında yer almaktadır. Cam matriks içerisine lityum disilikat kristallerinin ilave edilmesi ile oluşmaktadır. 90'lı yıllarda piyasaya cam matriks içerisinde %65 oranında lityum disilikat kristalleri bulunan "IPS Empress 2" (Ivoclar Vivadent, Schaan, Liechtenstein) adlı ticari formülasyonu ile sunulmuştur. 2005 yılında formülasyonunda yapılan değişiklikler ile daha iyi mekanik ve estetik özellikler sergileyen "IPS e.max Press" (Ivoclar Vivadent) ticari formülasyonu üretilmiştir. Yüksek dayanıklı cam seramikler olarak bilinen lityum disilikatlar, fleksural dayanıklılığında yapılan iyileştirmeler sonucunda (210-540 MPa), lösitle güçlendirilmiş cam seramiklere ve konvansiyonel feldspatik seramiklere alternatif olmuştur. Zirkonya ile güçlendirilmiş lityum silikat ve lityum disilikat seramikler yüksek estetik özellikleri sayesinde tabakalama gerektirmezler ve bu sayede gelişmiş yapısal bütünlük sergilerler.

Günümüzde güncel formülasyonları ile IPS e.max Press ve IPS e.max CAD (Ivoclar Vivadent, Amherst, NY, USA) presleme ve frezeleme teknikleriyle üretilerek kullanılmaktadır. (26)

### 2.2.3. Polikristalin Seramikler

Polikristalin seramiklerin camsı bileşenleri yoktur; tüm atomları, camlarda bulunan daha az yoğun ve düzensiz ağdaki atomların aksine olan düzenli, yoğun ve sıkışık dizilim sergilerler (27). Bu nedenle, polikristalin seramikler genellikle camsı seramiklerden çok daha sert ve daha güçlüdür. Bu dizilim çatlak ilerlemesinin önlenmesinde de önemli rol almaktadır. Polikristalin seramikler ağırlıklı olarak  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ,

MgO, ThO<sub>2</sub> ve ZrO<sub>2</sub> gibi kristalin fazlarından oluşur. Alüminyum oksit (Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) ve zirkonyum oksit (ZrO<sub>2</sub>) yaygın olarak kullanılan polikristalin seramikleridir (27, 28). Polikristalin seramiklerin kompleks protezler için işlenmesi camı seramiklere göre daha zordur. Polikristalin seramik protezlerin kullanımı, CAD-CAM üretim sistemiyle birlikte kolaylaştırılmıştır ve kullanımı pratik hale gelmiştir. Polikristalin seramikler, camı seramiklere kıyasla nispeten opak olma eğilimindedir, bu nedenle bu güçlü materyaller, protezlerin estetik alanlarında tüm duvar kalınlığı için tercih edilmemektedir; iyi bir estetik elde etmek için camı seramiklerle kaplanan alt yapı materyali olarak kullanılmaktadır ya da translüens özellikleri geliştirilmiş güncel polikristalin seramiklerin kullanımı tercih edilmektedir (29-32).

### **2.3. Zirkonyum**

Zirkonyum, sembolü Zr, atom numarası 40, atom ağırlığı 91.22 g/mol, değerleri +2, +3, +4 olan ve periyodik cetvelin 5. periyodunda 4b grubunda yer alan bir geçiş elementidir. Gri-beyaz renkli bir metal olan zirkonyum, oda sıcaklığında heksagonal sıkı paketlenmiş kristal yapıda olup, doğada hiçbir zaman serbest metal olarak bulunmamaktadır, zirkonyum mineralleri olarak bulunmaktadır. Zirkonyum silikat (ZrSiO<sub>4</sub>) ve zirkonyum oksit (ZrO<sub>2</sub>) zirkonyumun yaygın bilinen mineralleridir. Zirkonyum oksit, zirkonyumun diş hekimliği için bilinen en önemli bileşimidir ve zirkonya, zirkonyum dioksit olarak da adlandırılmaktadır (33).

### **2.4. Zirkonyum Oksit (ZrO<sub>2</sub>) / Zirkonya**

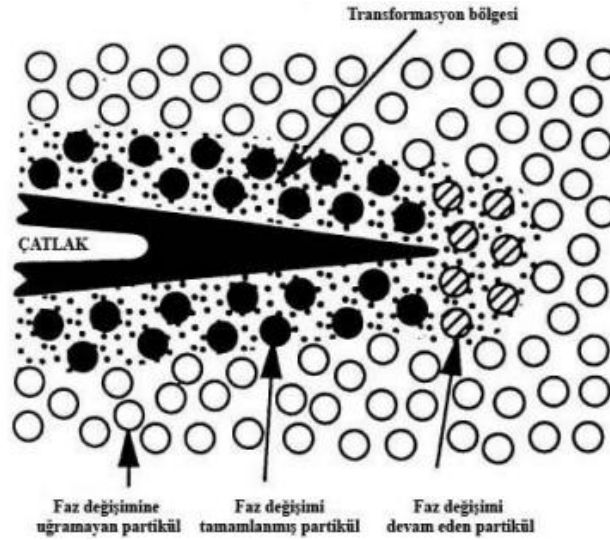
Son on yılda, ZrO<sub>2</sub> bazlı seramiklerin yüksek mekanik dayanıklılığı, biyouyumluluğu ve ayrıca yüksek aşınma direnci gibi üstün mekanik özellikleri nedeniyle diş hekimliğinde kullanımı önemli ölçüde artmıştır (34-36). Zirkonyumun, hava ya da solüsyonlar ile temas etmesi halinde yüzeyinde hızla oksit tabakası oluşturmaktadır; oluşan bu oksit tabakası sayesinde korozyona karşı dirençli hale gelmektedir (33, 37, 38).



### 2.4.1. Zirkonya ve Zirkonya Esaslı Seramiklerin Mekanik Özellikleri

Dental ve biyomedikal uygulamalar için zirkonya materyali korozyona karşı yüksek direnci ve biyouyumluluğu sebebiyle uygun bir seramik olarak kabul edilmektedir. Zirkonya materyali dayanıklı yapısı ve paslanmaz çeliğe benzer mekanik özelliklere sahip olmasıyla 'seramik çelik' olarak bilinmektedir. Çekiş kuvvetlerine karşı 900–1200 MPa aralığında, sıkıştırma kuvvetlerine karşı ise ~2000 MPa direnç göstermektedir (37).

Zirkonyanın son derece biyouyumlu olması ve hacimsel artış gösteren faz dönüşümü mekanizmasıyla çatlak bölgesinde oluşturduğu sıkıştırıcı gerilim kuvvetleri ile çatlak ilerlemesini engelleyici yapısı önemli avantajlarıdır (39, 40).



Şekil 2.3 Zirkonyalarda faz dönüşümü ile çatlak ilerlemesinin engellenmesi

#### 2.4.1.1. Zirkonyum Oksit Seramiklerde ‘Düşük Sıcaklık Bozunma Fenomeni’ ve Yaşlanma

Düşük sıcaklık bozunması ilk kez 1981 yılında 3Y-TZP protezlerinde tanımlanmıştır ve tipik olarak oda sıcaklığından yaklaşık 400 °C'ye kadar belirli bir sıcaklık aralığında suyun varlığında kararlı monoklinik faza yavaş bir yüzey transformasyonu ile karakterize edilir (41, 42). Transformasyon yüzeyde korozyon stres mekanizması ile başlar, nükleasyon ve büyüme süreciyle yavaşça yüzeyden içeriye doğru yayılır (42). Su ile temas eden yüzeyde başlayan nükleasyon; komşu tanecikler üzerinde

strese, transformasyon ve mikro çatlakların oluşumunu tetikleyen bir hacim artışına neden olur. Bu şekilde suyun damarlanma yoluyla mikro çatlaklardan nüfuz etmesi için yol oluşturulur ve alt katmanlara yayılır (43). Düşük sıcaklık bozunma fenomeni; tanecik boyutu, stabilizatörlerin miktarı, dağılımı ve üretim aşaması kaynaklı rezidüel streslerin varlığı gibi çeşitli faktörlerden etkilenir (42, 44).

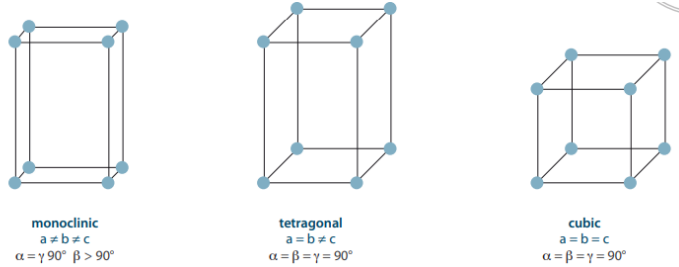
Tetragonal  $ZrO_2$ 'in LTD'sine sebep olan olası mekanizma sıklıkla aşağıdaki adımlardan oluşur;

- $H_2O$ 'nun  $ZrO_2$  yüzeyinde kimyasal adsorpsiyonu,
- Bir hidroksil iyonu (OH) oluşturmak üzere  $H_2O$ 'nun  $ZrO_2$  yüzeyinde  $O_2$  ile reaksiyonu,
- OH'in tane sınırı difüzyonu ile iç kısma nüfuz etmesi,
- Tanelerdeki oksijen boşluklarının OH iyonları tarafından doldurulması, ardından proton defektlerinin oluşması,
- Oksijen boşluğu konsantrasyonu tetragonal fazın artık stabil olamadığı ölçüde azaldığında, tetragonal-monoklinik dönüşümün meydana gelmesi (43, 45).

#### 2.4.2. Zirkonyanın Mikroyapısal Özellikleri

Zirkonya 3 formda bulunan bir polimorftur: monoklinik (m), kübik (c) ve tetragonal (t). Oda sıcaklığında saf zirkonya monoklinik fazda bulunur. Bu faz  $1170\text{ }^\circ\text{C}$ 'ye kadar stabil olup, sıcaklığın  $\sim 1170\text{ }^\circ\text{C}$ 'ye kadar artmasıyla beraber tetragonal faza dönüşür,  $\sim 2370\text{ }^\circ\text{C}$ 'de ise tetragonal fazdan kübik yapıya dönüşür ve  $2716\text{ }^\circ\text{C}$ 'de erime gerçekleşmektedir (16, 46, 47). Soğuma sırasında ise;  $\sim 950\text{ }^\circ\text{C}$ 'de tetragonal fazdan monoklinik faza (t $\rightarrow$ m), bir faz dönüşümü gerçekleşmektedir.(16) Bu faz transformasyonu sonucunda %3-4 hacimsel artış oluşmaktadır. Oluşan hacim artışı, yapıda mekanik dayanıklılığa olumlu katkıda bulunan, çatlak ilerlemesini engelleyen sıkıştırma kuvvetleri meydana getirmektedir; fakat bu dönüşümün kontrollü olması gerekir, aksi halde ileri derecede hacim artışı gerçekleşerek kırıklara sebep olabilmektedir. Yapıdaki monoklinik faz oranı %25'in altında olmalıdır (48).

Saf zirkonyaya MgO, CaO, Y<sub>2</sub>O<sub>3</sub> veya CeO<sub>2</sub> gibi çeşitli stabilize edici oksitler eklenerek sinterleme sonrası oda sıcaklığında tetragonal fazda stabil kalması amaçlanmaktadır, bu şekilde stres kaynaklı dönüşümleri kontrol edilmektedir (16, 49, 50).



Şekil 2.4 Zirkonyanın üç fazı

### 2.4.3. Zirkonyalarda Tetragonal Fazın Stabilizasyonu

Zirkonyaya çeşitli oksitlerin (CaO, MgO, Y<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) ilavesi, kristal yapının tetragonalden monoklinik (t–m) ve kübikten tetragonal (c–t) faza dönüşüm sıcaklıklarını düşürerek yüksek sıcaklık fazlarını stabilize etmektedir. Kübik fazda sinterlenen ve soğutma sırasında tamamen kübik kristal yapısını koruyan herhangi bir bileşimin tam stabilize olduğu kabul edilmektedir. Oda sıcaklığında tetragonal fazın devam ettirilmesi tetragonalden monoklinik faza dönüşümün engellenmesi şartıyla mümkün olmaktadır ve ince tozlar, matriks kısıtlayıcıları, stabilize edici oksitler (kalsiyum, magnezyum, alüminyum, itriyum ve cerium gibi metal oksitler) kullanılarak yapılmaktadır. Genellikle tercih edilen stabilize edici ajan olan İtriyum oksit (Y<sub>2</sub>O<sub>3</sub>); yüksek bükülme dayanıklılığı, fraktür tokluğu, hem asidik hem de bazik ortam koşulları altında korozyon dayanıklılığı, renk stabilitesi, translüensi ve yüksek biyouyumluluk gibi üstün özelliklere sahiptir (49).

### 2.4.4. Zirkonyanın Mikro Yapısal Sınıflandırması

Stabil olmayan saf zirkonyanın mikroyapısında yapılan değişiklikler sonucu; tam stabilize zirkonya (FSZ), parsiyel stabilize zirkonya (PSZ) ve tetragonal zirkonya polikristalleri (TZP) elde edilmektedir.

FSZ; Zirkonya kübik formdadır ve %8 molden fazla itriyum oksit (Y<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) içermektedir.

PSZ; Nano boyutlu, tetragonal ve monoklinik faz partiküllerinin kübik bir matriks içerisinde bulunmasıyla oluşmaktadır.

TZP; genelde itriyum ya da seryum ile stabilize edilmiş tetragonal fazdaki zirkonyadan oluşmaktadır (43).

## **2.5. Diş Hekimliğinde Kullanılan Zirkonya Tipleri**

Zirkonyanın birçok çeşidi olmasına rağmen diş hekimliğinde sadece üç tip ZrO<sub>2</sub> kullanılmaktadır: Magnezyum İlaveli Parsiyel Stabilize Zirkonya (Mg-PSZ), Zirkonya ile Güçlendirilmiş Alümina (ZTA) ve İtريyum Stabilize Tetragonal Zirkonya Polikristali (Y-TZP).

### **2.5.1. Magnezyum İlaveli Parsiyel Stabilize Zirkonya (Mg-Psz)**

Mg-PSZ'nin mikro yapısı, yüzde 8-10 mol magnezyum oksit ile parsiyel stabilize edilmiş bir dizi kübik zirkonyadan oluşur. Yapıda stabilizasyon; MgO iyonunun, kübik ZrO<sub>2</sub> yapısının tam stabil hale getirilmesi için gereken miktardan daha düşük konsantrasyonlarda eklenmesi ile sağlanmaktadır. Dolayısıyla bu seramik türünde tam anlamıyla bir stabilizasyon gerçekleşmemekte ve parsiyel stabilize olarak adlandırılmaktadır (50, 51). Mg-PSZ, yüksek porozitesi ve büyük tanecik boyutlu yapısıyla diş hekimliğinde kullanım için elverişli değildir; mikroyapısı ve zayıf stabilite göstermesiyle yüzey aşınmasına ve çatlak yayılmasına neden olabilmektedir (16, 50, 52).

### **2.5.2. Zirkonya ile Güçlendirilmiş Alümina (ZTA)**

ZrO<sub>2</sub> ile sertleştirilmiş alümina (Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) veya ZrO<sub>2</sub> ile sertleştirilmiş mullit (3Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>.2SiO<sub>2</sub>), ZTA ve ZTM olarak adlandırılmaktadır. Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>-ZrO<sub>2</sub> nanokompozitlerinin, çatlak ilerlemesine karşı gösterdiği yüksek direnç ile restorasyonların ömrünü ve dayanıklılığını artırdığı bilinmektedir (53, 54). ZTA'larda oda sıcaklığında, tetragonal fazın stabilitesi öncelikle stabilize edici ajanların eklenmesi yerine tane boyutu, morfoloji ve parçacık boyutu (iç veya taneler arası) tarafından kontrol edilir (16, 55).

### 2.5.3. İtiryum Stabilize Tetragonal Zirkonya Polikristali (Y-TZP)

3Y-TZP; ZrO<sub>2</sub>'e stabilize edici bir ajan olarak %2-3 mol Y<sub>2</sub>O<sub>3</sub> eklenmesiyle oluşur (56). Kullanılan çeşitli stabilize edici oksitlerinden itiryum(III) oksidin (Y<sub>2</sub>O<sub>3</sub>), yüksek dayanıklılık ve fraktür tokluğunun sağlanmasında en etkili ilave oksit olduğu kanıtlanmıştır. Böylece %3 mol (ağırlıkça %5.2) Y<sub>2</sub>O<sub>3</sub> stabilize tetragonal zirkonya polikristalin (3Y-TZP), protetik restorasyonlar için kullanılan temel seramik olmuştur. 3Y-TZP, iyi mekanik özellikleri ve biyouyumluluğu sebebiyle ilk olarak ortopedi tıp alanında kullanılmıştır. 3Y-TZP, mekanik özellikleri metallere, rengi ise doğal dişlere benzediğinden farklı diş uygulamaları için kullanılabilir (16).

Zirkonyadaki ilave oksitlerin konsantrasyonu da kilit bir rol oynamaktadır. Örneğin, yaklaşık %3 mol itiryum oksit ilavesi, tetragonal fazın stabilizasyonunu sağlarken, bu yüzdenin %8 mol'e yükseltilmesi kübik fazın stabilizasyonu sağlar (7). 3Y-TZP, diğer ZrO<sub>2</sub> bazlı materyallerden daha üstün mekanik özelliklere sahiptir ve diğer polikristalinler gibi, 3Y-TZP de düşük pörözite ve yüksek yoğunluk göstermektedir (57). 3Y-TZP diş hekimliğinde yaygın olarak kullanılmasına rağmen, düşük translusensi nedeniyle önemli bir estetik dezavantaja sahiptir (58).

### 2.6. İtiryum Stabilize Tetragonal Zirkonya Polikristalin (Y-TZP) Jenerasyonları

1	Lava Frame	3M ESPE	3Y-TZP
	Prettau Zirconia	Zirconzhan	3Y-TZP
	KaVo Everest ZH	KaVo Dental	3Y-TZP
	Vita YZ T	Vita Zahnfabrik	3Y-TZP
	Zenostar MO	Wieland Dental	3Y-TZP
2	Lava Plus	3M ESPE	3Y-TZP
	Cercon ht	Dentsply Sirona	3Y-TZP
	Vita YZ HT	Vita Zahnfabrik	3Y-TZP
	Bruxir Full-Strength	Glidewell	3Y-TZP
	Zpex	Tosoh	3Y-TZP
	Zenostar T	Wieland Dental	3Y-TZP
	Luxisse Dental	Heany	3Y-TZP
	Katana HT/ML	Kuraray Noritake	3Y-TZP
	inCoris TZI	Dentsply Sirona	3Y-TZP
3	Zpex 4	Tosoh	4Y-PSZ
	IPS e.max ZirCAD MT	Ivoclar Vivadent	4Y-PSZ
	Zenostar MT	Wieland Dental	4Y-PSZ
	Katana ST/STML	Kuraray Noritake	4Y-PSZ
	Lava Esthetic	3M ESPE	5Y-PSZ
	Cercon xt	Dentsply Sirona	5Y-PSZ
	DD cube X <sup>2</sup>	Dental Direkt Materials	5Y-PSZ
	BruxZir Anterior	Glidewell	5Y-PSZ
	Prettau Zirconia	Zirconzhan	5Y-PSZ
	Katana UT/UTML	Kuraray Noritake	5Y-PSZ
	Zpex Smile	Tosoh	5Y-PSZ
	Luxisse +	Heany	5Y-PSZ

Şekil 2.5 Mevcut ticari zirkonya jenesyonları, üretici firmaları ve kompozisyonları (35)

### **2.6.1. Birinci Jenerasyon İtiryum Stabilize Tetragonal Zirkonya Polikristalin (Y-TZP) (3Y-TZP)**

Birinci jenerasyon 3Y-TZP'ler ağırlıkça %0,25 alümina ( $Al_2O_3$ ) içermektedir ve 1 GPa'yı aşan bükülme dayanıklılığı sergilemektedir. Bu zirkonya jenerasyonunda, kübik olmayan zirkonya fazlarının doğası gereği sergilediği çift kırılma (birefringe) sebebiyle; zirkonya ve ilave oksitlerinin tanecik sınırlarında, materyaldeki pörozitelerde ışık saçılması meydana gelmektedir. Bunun sonucunda bu zirkonya jenerasyonu yüksek opasite göstermektedir (35). Esas olarak porselen veneer alt yapı materyali olarak kullanımı endikedir (35, 59).

### **2.6.2. İkinci Jenerasyon İtiryum Stabilize Tetragonal Zirkonya Polikristalin (Y-TZP) (3Y-TZP)**

Kabul edilebilir translusensiye sahip monolitik seramiklerin geliştirilmesi girişimiyle oluşan ikinci jenerasyon 3Y-TZP'lerde; ilave alümina konsantrasyonu büyük ölçüde azaltılmış ve yüksek sıcaklıkta sinterleme yapılarak porözitenin eliminasyonu hedeflenmiştir. Bu sayede translusensi belli bir oranda iyileştirilebilmiştir (60). İkinci jenerasyon 3Y-TZP'ler, posterior bölge monolitik restorasyonları için uygun olmakla birlikte, anterior bölgede monolitik kullanım için yeterince estetik olmamıştır.

### **2.6.3. Üçüncü Jenerasyon İtiryum Stabilize Tetragonal Zirkonya Polikristalin (Y-TZP) (5Y-PSZ)**

Zirkonyalarda anterior bölgede monolitik restorasyon kullanımının sağlanabilmesi için yapılan bir sonraki aşama, opaklığın azaltılabilmesi için materyale transparant faz eklenmesi olmuştur. Bu parsiyel stabilize zirkonyaların üretiminde daha yüksek  $Y_2O_3$  konsantrasyonu kullanılarak [(%4 mol (4YPSZ) veya %5 mol (5Y-PSZ))] ve çift kırılmaya sebep olmayan kübik fazın artırılmasıyla elde edilmiştir. Bu sayede zirkonyaların translüsensisi belirgin olarak iyileştirilmiş fakat kübik fazdaki zirkonyalarda strese karşı dayanıklılık sağlayan faz dönüşümü gerçekleşmediğinden zirkonyaların dayanıklılığı azalmıştır (61). En yüksek translusensi gösteren 5Y-PSZ zirkonyalar, anterior bölge

kullanımı için estetik olarak uygun bulunmakla birlikte azalan dayanıklılık ve fraktür tokluğu göz önünde bulundurulmalıdır.

Birinci ve ikinci jenerasyon zirkonya tanecik boyutları ~0.5 ila 1  $\mu\text{m}$  aralığındadır ve karakteristik opaklık sergilemektedir. Daha fazla kübik faz içeriği ve daha büyük tanecik boyutu (~1.5  $\mu\text{m}$ ) ile üçüncü nesil zirkonyalarda translusensi geliştirilebilmiştir (35). Tanecik boyutu, 3Y-TZP'nin mekanik özelliklerini önemli ölçüde etkilemektedir; sinterleme aşamasının yüksek sıcaklıkta ve daha uzun sürede yapılması daha büyük partikül boyutlarına neden olarak mekanik özellikleri azaltır. 3Y-TZP için kritik partikül boyutu 1  $\mu\text{m}$ 'dur; tanecik boyutu 1  $\mu\text{m}$ 'yi aşarsa, 3Y-TZP düşük faz stabilitesi nedeniyle faz dönüşümü sertleşmesine eğilimli hale gelmektedir; tanecik boyutu 1  $\mu\text{m}$ 'den küçük olursa faz dönüşüm sertleşmesi oluşma eğilimi azalır. Ayrıca partikül boyutu 0,2  $\mu\text{m}$ 'nin altında olduğunda, zirkonya bu faz dönüşüm sertleşmesine uğramaz ve dolayısıyla kırılma tokluğu azalır (16, 46, 62).

3Y-TZP protetik restorasyonları, önceden sinterlenmiş blokların frezelenmesi ve ardından yüksek sıcaklıkta gerçekleştirilen başka bir sinterleme veya sinterlenmiş blokların tamamen işlenmesiyle elde edilir. Bloklar CAD-CAM sistemleri yardımıyla işlenir ve önceden sinterlenmiş blokların kullanımı durumunda protetik restorasyonlar nihai ürünlerdeki sinterlemeyi veya büzülmeyle telafi etmek için istenenden %25-30 daha yüksek bir boyuta önceden şekillendirilir. Son sinterleme sıcaklığı 1350 ile 1550  $^{\circ}\text{C}$  arasındadır (63). Bu işlem, mevcut gerilim seviyesini azaltır ve tetragonal fazdan monoklinik faza dönüşümü önler, bu da neredeyse monoklinik fazdan arınmış bir nihai yüzeye yol açar.

## **2.7. Zirkonya Restorasyonların Simantasyonu**

Zirkonya diş hekimliğine sunduğu mükemmel özelliklerine karşın, adezyonda önemli zorluklar sergilemektedir. Yüksek kristalin faz içeriği nedeniyle feldspatik seramik ve lityum disilikat gibi diğer seramiklere kıyasla daha düşük bağlantı dayanıklılığı göstermektedir (64, 65). Retansiyon kaybı ve fraktür oluşumu hala zirkonya restorasyonlarda karşılaşılan önemli sorundur (66).

Kullanılan simanın tipi ve simantasyon tekniği hem restorasyonun dayanıklılığını hem de retansiyon kaybını etkilemektedir (67). Simanlar genellikle konvansiyonel simanlar (çinkofosfat siman ve cam iyonomer simanlar gibi asit bazlı simanlar) ve kompozit rezin simanlar olmak üzere 2 gruba ayrılır. Zirkonya restorasyonun simantasyonu için hem konvansiyonel hem de kompozit rezin simanlar kullanılabilir (66, 68-70). Konvansiyonel simanların kullanımında, simantasyon aşaması için herhangi bir ön hazırlık gerekmemektedir (69). Fakat konvansiyonel siman kullanımının, zirkonya restorasyona bağlantı sağlayan yüzeyde retansiyon kaybı oranını artırdığı bilinir.(69, 71) Artan bu retansiyon kaybı, önemli sorunlara yol açabilmektedir.

Zirkonya restorasyonlar için adeziv simantasyon prosedürünün tercih edilmesi; retansiyonu artırır, marjinal adaptasyon ve kırılma direncini geliştirir (72, 73). Aynı zamanda sekonder çürük oluşumu olasılığı azalır ve daha konservatif preparasyon yapılmasına olanak sağlar (74-76). Adeziv simantasyon prosedürü, konvansiyonel simantasyona göre; kullanım kolaylığını ve nem toleransını azaltsa da, mekanik ve optik özelliklerde önemli ölçüde gelişme sağlamaktadır. Ayrıca, adeziv simanlar, aşınmaya karşı yüksek direnç gösterir ve hidrofobik özelliklerinden dolayı neredeyse çözünmezdirler (69, 77).

Konvansiyonel simantasyonun aksine, diş ve restorasyonuna uygulanan ön hazırlık işlemleri, adeziv simantasyon başarısında önemli rol oynar. Adeziv simantasyonda kullanılan rezin kompozitler, kimyasal bileşenlerine göre aşağıdaki gibi gruplandırılabilir:

- Bisfenol glisidil metakrilat (bis-GMA) bazlı konvansiyonel simantasyon kompozitleri
- Tri- etilen glikol dimetakrilat (TEGDMA)
- Üretan dimetakrilat (UDMA)
- Asit grupları içeren simantasyon kompozitleri

Asit grupları içeren simantasyon kompozitleri kendi içerisinde 2 alt grupta incelenebilir:



- 10-metakriloiloksidetil dihidrojen fosfat (MDP) içeren simantasyon kompozitleri
- Multifonksiyonel metakrilatlar içeren self-adeziv simantasyon kompozitleri (örn., fosforik asit esterleri, karbonik asit veya amino asit türevleri).

Restorasyonun simantasyonunda kullanılan metakrilatların fonksiyonel asit grupları ve MDP monomeri zirkonya ile doğrudan etkileşime girebilir. Bifonksiyonel MDP monomerinin fosfat ester grubu, zirkonyaya kimyasal olarak bağlanırken, monomer bazlı metakrilat grubu, simantasyon kompozitinin polimerizasyonunu ve sertleşmesini sağlar.

Bu nedenlerle adeziv simantasyonda kullanılan simantasyon materyalinin seçimi oldukça kritiktir.

Aşağıdaki kombinasyonlar, zirkonya simantasyonunda kullanılan başarılı bağlantı sağlayan kombinasyonlara örnek olarak gösterilebilir:

- Self-adeziv rezin kompozit siman (örn. RelyX Unicem, 3M)
- MDP primer veya asit fosfat ve fosfor grubu adeziv sistemleri ile kombinasyon halinde konvansiyonel kompozit rezin simanları (örn. Multilink Automix with Monobond Plus, Ivoclar Vivadent; Panavia V5 with Ceramic Primer Plus, Kuraray Dental)
- Scotchbond Universal (3M) gibi yeni universal adezivlerin çoğu asit monomerleri içerir ve zirkonya restorasyonlarının adeziv simantasyonu için kullanılabilir (69).

## **2.8. Zirkonya Restorasyonlarda Adeziv Simantasyona Hazırlık**

Zirkonyalarda klinik başarının artırılabilmesi için adeziv simantasyon yapılması gerekli görülmektedir. Zirkonya-rezin siman arasında fizikokimyasal bağlantı sağlanabilmesi için mekanik ve kimyasal yöntemlerle zirkonya yüzeyi simantasyona hazırlanmaktadır. Mekanik tutuculuk sağlamak için alüminyum kumlama tekniği yapılması ve kimyasal tutuculuk sağlamak için 10-MDP içeren rezin siman ile primer

kullanılması, tribokimyasal teknik uygulanması ardından silan-bağlantı ajanı uygulaması zirkonya yüzey hazırlığı için kabul gören güncel yöntemlerdendir (4, 78-80).

Çiğneme sırasında restorasyonlara çekme ve makaslama kuvvetleri uygulanır. Bu nedenle, restoratif materyalin ve bağlantısının yeterli çekme ve makaslama dayanımına sahip olması esastır. Bağlantı yüzeyi pürüzlü, kontaminantlardan arınmış ve serbest yüzey enerjisi yüksek olmalıdır (81). Bir alt tabakanın ıslanabilirliği için düşük yüzey gerilimine sahip olması esastır, bu da kompozit rezin hidrofobik matrisinin hidrofilik alt tabakalara yapışmasını sağlar (82, 83).

Simantasyon öncesi uygulanan yüzey işlem yöntemleri; mekanik ve kimyasal olarak 2 başlık altında incelenebilir.

### **2.8.1. Mekanik Yüzey İşlemleri**

Mekanik yüzey işlemleri; alüminyum oksit ile kumlama, tribokimyasal silika kaplama, selektif infiltrasyon asitleme (SIE), lazer uygulaması, electrical discharge machine (EDM), döner aletler ile pürüzlendirme başlıkları altında incelenebilir.

#### **2.8.1.1. Alüminyum Oksit ile Kumlama**

Kumlama işleminin, rezin simanın zirkonyaya yeterli bağlantı elde edilmesinde gerekli bir prosedür olduğu bilinmektedir (84). Alüminyum kumlama prosedürü, yüksek hızlı bir kaynak tarafından (0,05 – 0,45 MPa aralığında değişen basınçla) püskürtülen 20-250 um büyüklüğündeki alümina parçacıklarının ( $Al_2O_3$ ) etkisiyle açığa çıkan enerjiyi kullanan bir işlemdir. Kumlama yöntemi laboratuvarında veya hasta başında uygulanabilir, tek başına kullanılabilirdiği gibi diğer yöntemlerle birlikte de kullanılabilir. Kumlamanın etkisi, zirkonya yüzeyinde mikromekanik kilitlenme sağlanması için pürüzlü bir alan oluşturmak, kontaminantlardan temizlenmiş ve ıslanabilir bir yüzey oluşturmaktır fakat bununla birlikte materyal aşınmasına da sebep olmaktadır (85). Yüzey pürüzlendirilmesi tetragonal fazdan monoklinik faz geçişine neden olarak çekme gerilimi stresleri oluşmasına sebep olabilmektedir (86, 87).

Kumlama yönteminde, daha yüksek hava basıncı ( $\geq 2,8$  bar) ve daha büyük alümina partikülleri ( $\geq 110$   $\mu\text{m}$ ) kullanılarak kompozit siman ve zirkonya arasındaki bağlanma gücü artırılabilir (48) fakat bu durum yüzey hasarı ve çatlakların oluşmasına da neden olabilmektedir. Yüzey hasarı ve çatlaklar nedeniyle zirkonyanın mekanik özellikleri olumsuz etkilenmektedir (77). Güncel olarak, 1 bar (0,1 MPa) hava basıncının daha az agresif ve 2,8 bar'lık geleneksel kum püskürtme hava basıncı kadar etkili olduğu bildirilmektedir (48).

Kumlama yöntemi bağlantı dayanıklılığını artırsa da MDP içermeyen rezin simanlar (öncesinde de MDP içermeyen primer /adeziv kullanımını gerektirenler) kullanıldığı zaman yaşlandırma sonrası bağlantı dayanıklılığı önemli ölçüde azalırken; MDP içeren rezin simanlar (öncesinde de MDP içeren primer/adeziv) kullanıldığında bağlantı dayanıklılığında anlamlı bir azalma olmamaktadır (9, 88, 89).

#### **2.8.1.2. Tribokimyasal Silika Kaplama (TBS)**

Tribokimyasal silika kaplama prosedüründe seramik yüzeyi, silika ile kaplanmış alümina-partikülleri kullanılarak kumlanır. Püskürtme basıncı, silika kaplı alüminayı zirkonya yüzeylere gömer, silika kaplı seramik yüzeyi, silan yardımıyla kompozit rezine kimyasal olarak reaktif hale getirilir (90-93). Bu yöntemde silan bağlantı ajanının silika kaplı yüzeye uygulanmasıyla kimyasal bağlantı sağlanırken, kumlama sonucu oluşan yüzey pürüzlüğü sayesinde de mikromekanik tutuculuk elde edilir. Silan bağlama maddesi olmadan tek başına tribokimyasal silika kaplama işlemi, uzun süreli adezyon için şüphelidir (94, 95) ve zirkonyada uzun süreli dayanıklı bir adeziv bağlantı elde edebilmek için mikromekanik ve kimyasal ön işlem gereklidir. (7, 8, 72). Zirkonya restorasyonun silika kaplı alümina partikülleri ile kumlanması, sonrasında 10-MDP içeren primer uygulanması ve rezin siman ile simantasyonu APC protokolü olarak bilinmekte ve yaygın olarak kullanılmaktadır (7, 8).

TBS esas olarak iki yöntemle gerçekleştirilir: Rocatec sistemi ve Cojet sistemi.

Rocatec sistemi; laboratuvarında uygulanan geleneksel kumlama ön işlemi ve ardından 110  $\mu\text{m}$  boyutunda alümina parçacıklarının silika ile modifiye edilmiş  $\text{Al}_2\text{O}_3$  RocatecPlus veya 30  $\mu\text{m}$  boyutunda silika ile modifiye edilmiş Rocatec-Soft ile 0.28 MPa basınçta, yüzeye

10 mm mesafeden, 13 sn boyunca tekrar kumlama işlemi yapılmasıdır. Daha sonra Espe-Sil silan ajanı ile yüzey kaplanır ve 5 dk sertleşmesi için beklenir. Cojet sistemi; kaplanmış alümina silika parçacıkları (30 µm) kullanır, 15 sn süresince 10 mm mesafeden uygulama yapılır. Rocatec sistemi laboratuvar kullanımı için, cojet sistemi ise klinik kullanım için tasarlanmıştır. İki sistemde de yüzey silikatizasyonu ve silanizasyonu sağlanmaktadır (96).

Silan ve 10-MDP içeren bir primerin kullanılması, tek başına silan uygulanmasına kıyasla kompozit ve zirkonya arasında daha iyi bir bağ elde edilmesini sağlar (48, 97-99). Tribokimyasal yöntemle silikatizasyon işlemi ardından hala silika ile kaplanmamış yüzeylere 10-MDP etki eder (48). TBS, diğer tedavilere göre ısıl döngüye karşı daha dirençli görünmektedir ve işlem sırasında herhangi bir ısıl değişim meydana gelmemektedir (100).

### **2.8.1.3. Selektif İnfiltrasyon Asitleme (SIE)**

Selektif infiltrasyon asitleme (SIE) yönteminde, silika (ağırlıkça %65), alümina (%15), sodyum oksit (ağırlıkça %10), potasyum oksit (ağırlıkça %5) ve titanyum oksit (ağırlıkça %5) içeren özel bir cam infiltrasyon ajanı kullanır (101). Öncelikle seramik, zirkonyaya benzer bir termal genleşme katsayısına sahip silika bazlı materyal ile kaplanır. Füzyon sırasında (cam hal değişimi sıcaklığının üzerinde yaklaşık 960 °C), infiltrasyon materyalleri seramik partiküllerinin arasına sızarak (nano boyutlu taneler arasında) gözenekli üç boyutlu bir yüzey oluşturur ve bu materyal zirkonya yapıda yayılır. Cam bileşenin tamamen çözünmesi için hidroflorik asit yaklaşık 10 dakika uygulanır. İnfiltran bir asit banyosunda yıkandıktan sonra, infiltranın tüm izleri giderilir ve nano gözenekler oluşur. Böylece seramik yüzey, adeziv rezin bağlayıcı ajan yardımıyla nanomekanik bir bağ kurmaya hazırdır (83, 102). Adeziv rezinler, bu yüzey nano gözenekliliklerine sızarak, kenetlenir ve polimerize olur. SIE, kalıcı olmayan, pürüzsüz, düşük enerjili zirkonya yüzeylerini yüksek oranda reaktif, yüksek enerjili yüzeylere dönüştüren kalıcı ve güvenilir bir yöntemdir (103). SIE'nin fosfat bazlı monomer, örneğin 10-MDP ile kombinasyon halinde kullanılmasıyla bağlanma kuvveti önemli ölçüde iyileştirilebilir (101). Gelecekte,

bu teknik, kompozit siman ve zirkonya arasında güvenilir uzun vadeli bağlar kurmak için laboratuvarında sıklıkla kullanılabilir.

#### **2.8.1.4. Lazer Uygulaması**

Yakın zamanda, adeziv simantasyon için zirkonyanın yüzey pürüzlülüğünü ve ıslanabilirliğini artırmada Nd:YAG lazer uygulamalarının rolüne odaklanılmıştır (104). Lazerlerin pürüzlendirme işlemindeki esas rolü ışık enerjisini ısı enerjisine dönüştürmesidir. Lazer ışınının enerjisi zirkonya/seramik tarafından emilir. Bu enerji, seramik yüzeyde kabuk benzeri kopmalar oluşturur ve daha iyi bağlanma için mikromekanik kilitleme sağlayan bir ısı indüksiyon süreci yaratır. Lazerin çıkış gücü ve enerji seviyesi, mikromekanik kilitleme için çok önemlidir ve makaslama bağlantı dayanıklılığı üzerinde doğrudan bir etkiye sahiptir (105). Nd:YAG lazer, tatmin edici pürüzlülük ve adezyon değerlerini garanti edememekle birlikte, lazer uygulamasında zirkonyanın aşırı ısınması; çatlaklara, rezidüal streslere ve monoklinik faza dönüşüme neden olabilmektedir (48). Enerji yoğunluğu 400 veya 600 mJ olan lazer uygulaması, materyal hasarı ile ilişkilendirilirken, daha düşük değerlerde (200 mJ) tatmin edici bir adezyon elde edilememektedir (106, 107). Zirkonya yüzeyinde lazer uygulamasının rezin simantasyona etkisi ise günümüzde hala araştırılmaktadır.

#### **2.8.1.5. Electrical Discharge Machine (EDM)**

Dielektrik bir ortamda elektrik darbeleri yoluyla materyalin aşınmasına yol açan geleneksel olmayan bir yöntemdir. Makaslama bağlantı dayanıklılığı açısından, EDM tekniği ile iyi sonuçlar elde edilebilmesine karşın yüzey hasarı ve çatlaklara sebep olabilmektedir (48).

#### **2.8.1.6. Döner Aletler ile Pürüzlendirme**

Döner aletler, diskler ve elmas frezler zirkonya yüzeyinde retantif alanlar oluşturmak için kullanılabilir. Zirkonya yüzeyinin elmas frezler ile pürüzlendirilmesi rezin siman bağlantısını iyileştirmektedir fakat bu yöntem zirkonyada

materyal hasarına ve t-m faz dönüşümünün artmasına sebep olmaktadır. Bu agresif yöntemlerin kullanımı materyale verdiği zarar sebebiyle uygun bulunmamaktadır (48, 108).

## **2.8.2. Kimyasal Yüzey İşlemleri**

Silanizasyon, asitle aşındırma uygulamaları, fosfat ve karboksilik primerler başlıkları altında incelenebilir.

### **2.8.2.1. Silanizasyon**

Silanizasyon yönteminde zirkonya gibi oksitler, organofonksiyonel alkoksisilan molekülleri ile kaplanır. Silika kaplı zirkonyanın hidroksil grubu (OH), silan üzerindeki alkoksi grupları ile yer değiştirir ve kompozit siman ile cam seramik arasında kimyasal bir bağ oluşturur. Mika, metal oksitler ve cam yüzeyler gibi mineral bileşenler, organofonksiyonel alkoksisilan molekülleri kullanılarak silanize edilebilir. Silanizasyon, substratın yüzey gerilimini azaltır, böylece adezivın ıslanabilirliğini artırır ve zirkonyaya adezyonu artırmada önemli bir rol oynar (109). Bir uçta silan (inorganik grup) ve diğer uçta metakrilat (organik grup) olan hibrit inorganik-organik bifonksiyonel moleküller, zirkonya ile iyonik bağ ve kompozit siman ile kovalent bağ oluşumunu sağlamaktadır (110).

3-MPS veya 1-MPS diş hekimliğinde en yaygın olarak kullanılan silanlardır ve ayrıca kompozit simanı, zirkonya substrata yapıştırmak için de kullanılır. Tek başına silan ajanı uygulaması yeterli değildir (95, 111); kabul edilebilir klinik bağlantı gücünü (13-16 MPa) elde etmek için yüzey başka bir yüzey ön işlemine tabi tutulmalıdır (81, 82, 90). Özellikle, tribokimyasal silika kaplama için yüzey ön işlemi önerilmektedir (83).

### **2.8.2.2. Asitle Aşındırma Uygulamaları**

Silika içerikli seramik restorasyonlarda restorasyon iç yüzeyi hidroflorik asit ile pürüzlendirilir ve ardından kimyasal bağlantı için silan uygulanır (112, 113). Bu yöntem silika bazlı cam seramikler için bir altın standart olarak kabul edilir (114-116) fakat

zirkonya silika içermeyen, monolitik ve polikristalin bir seramik olup, amorf faz, geleneksel cam aşındırma işlemlerine dirençlidir (117, 118). Zirkonyalarda HF asit ile pürüzlendirmenin etkisi ihmal edilebilir düzeyde etkinliğe sahiptir ve bağlantı dayanıklılığı düşük olmaktadır.

### **2.8.2.3. Fosfat ve Karboksilik Primerler**

Rezin/zirkonya bağlantısını artırmak için 10-MDP gibi fosfat monomerleri içeren primerler kullanılabilir. MDP, zirkonyaya bağlanan fosfat bazlı fonksiyonel ucu ve rezin simanlara bağlanan metakrilat bazlı fonksiyonel ucu olan bifonksiyonel bir monomerdur (119). MDP metal oksitlere kimyasal olarak bağlanabilir. MDP, yüzey ıslanabilirliğini artırır ve rezin simanın metakrilat grupları ile çapraz bağlantılar yaparken seramik yüzeyin hidroksil grupları ile siloksan bağları oluşturur (9). MDP primerinin zirkonya yüzeyine uygulanması, bağlı MDP moleküllerinin hidrofobik metakrilat uçlarını açığa çıkartarak; zirkonya yüzeyinin hidrofobikliğinin artırılmasıyla zirkonyanın %99 sudan oluşan tükürük tarafından ıslanmasını azaltmaktadır (48, 120).

Zirkonya bağlantısı için MDP monomerleri uygulamanın birkaç yolu vardır. İlk yöntem MDP içeren adezivlerin kullanılmasıdır. Ticari olarak temin edilebilen, MDP monomerleri içeren universal veya self-etch adezivler piyasaya sürülmüştür. İkinci yöntem, bileşen olarak MDP içeren zirkonya primeri kullanılmaktadır. Üçüncü yöntem MDP içeren rezin simanların kullanılmasıdır (7, 8).

### **2.8.3. Alternatif Yüzey İşlemleri**

Plazma püskürtme ve kloro-silan teknikleri olarak incelenebilir.

#### **2.8.3.1. Plazma Püskürtme**

Yüzey adezyonunu artırmak için halen araştırılan yeni bir yöntemdir. 75 W gücünde ve 10 MPa basınçta argonlu bir plazma reaktörü kullanarak (121), kompozit-zirkonya ara yüzeyinde bağlantı gücü artırılmaktadır. Zirkonya üzerinde 5 dakika süreyle florlama gazı fazı işlemi, temas açısını düşürerek bağlantıyı artırmaktadır (122).

### 2.8.3.2. Kloro-Silan Tekniği

Kloro-Silan Tekniği, buhar fazlı tabakalama yöntemi ile zirkonya yüzeyine silikon tetraklorit ( $\text{SiCl}_4$ ) içeren su buharı uygulanarak yüzeyde ince bir silika tabakası oluşturulması esasına dayanır. Bu sayede geleneksel silan uygulama işlemleri için yüzey hazırlanmış olur (123, 124). Klorosilan yöntemiyle oluşturulan silika tabakasının kalınlığı arttıkça, uzun dönem bağlantı dayanıklılığı azalmaktadır (123).

### 2.9. Zirkonya Restorasyon Kontaminasyon Temizleme Yöntemleri

Zirkonya yüzeyinin prova aşamasında tükürük veya kan ile kontaminasyonu, rezinin zirkonyaya bağlanma gücünü azaltmaktadır (12, 15, 80, 125). Kontaminasyon sonrası alüminyum oksit partikülleri ile tekrar kumlama işlemi kontaminantları etkili bir şekilde temizlemektedir ve yüksek bağlantı değerleri sağlamaktadır ancak restorasyon yüzeyinde çatlak oluşturarak materyali zayıflatabilmektedir. Bu nedenle, hidroflorik asit, fosforik asit ve sodyum hidroksit çözeltisi gibi yüzey kontaminasyonundan sonra bağlantı gücünü geri kazanmak için birçok kimyasal temizleme yöntemi de önerilmektedir (12, 14, 126, 127).

Fosforik asit uygulaması ile temizleme yöntemi; kontamine olmayan yüzeylerle kıyaslandığında, bağlantı dayanıklılığında azalmaya sebep olur. Bu azalma miktarı önemli seviyelerde ya da kontamine olmayan yüzeylerden çok farklı olmayan miktarlarda gerçekleşebilmektedir (12, 126, 128). Fosforik asit uygulaması, tükürük temizlenmesinde etkili olmakla birlikte silikon ölçü kalıntılarını temizlemekte etkili değildir; ayrıca fosforik asit uygulaması rezin siman bağlantısını bozan fosfor kalıntısı bırakmaktadır (12). Fakat fosforik asit uygulaması, silan uygulaması ile birlikte kullanıldığında etkili bir bağlantı sağlayabilmektedir (2).

Hidroflorik asit uygulaması ile temizleme yöntemi; silika bazlı materyallerde yüzey pürüzlülüğünü oluşturarak bağlantı dayanıklılığını artırır; fakat bu yöntem zirkonyalarda camsı fazın olmaması nedeniyle ihmal edilebilir bir etki oluşturmaktadır (83).

Kontaminasyonu gidermek ve güçlü rezin bağlantısı sağlamak için önerilen diğer yöntemler; kontamine yüzeyleri suyla ile yıkama yöntemi, izopropanol içinde ultrasonik



olarak temizleme veya her iki yöntemin bir kombinasyonudur ve bu yöntemler etkin bir temizleme sağlayamadığı için önerilmemektedir (13, 14, 82, 128). Başka bir temizleme yöntemi olarak; 15 sn asetona daldırma işlemi ardından yıkama kurutma yapılması, silikon kontaminantları temizlemede etkili olmakla birlikte tükürük kontaminantlarını temizleme de yetersizdir (13).

Ivoclean temizleme solüsyonu; zirkonya oksit partikülleri içeren alkali bazlı temizleme maddesi, önemli ölçüde morfolojik değişikliklere neden olmadan, restorasyonun kontamine yüzeyini temizlemek için son zamanlarda tavsiye edilen başka bir temizleme yöntemi (80, 120). Ivoclean solüsyonu aşırı doymuş zirkonyum oksit partikülleri içerir (Ivoclean; Ivoclar Vivadent, ZirClean; Bisco) ve kontaminantları elektrokimyasal gradyan yönünde solüsyona çekerek restorasyon yüzeyinden uzaklaştırarak temizleme sağlamaktadır (126, 129, 130).

MDP içerikli zirkonya temizleyici solüsyonlar (KATANA™ Cleaner); MDP tuzunun yüzey aktif özelliğini kullanarak temizleme etkisi gösterir ve uygun pH değerleri ile intraoral olarak kullanıma izin verir.

NaOCl çözeltileri ve ticari temizleme solüsyonları; maliyetlerinin düşük olması, pratik kullanımı ve zirkonya yapısının olası hasarını önlemesiyle kabul edilebilir bir alternatifler arasında yer alır (13, 127, 131).

Fitik asit, inert, toksik olmayan ve pek çok bitkiden kolayca elde edilebilen ucuz bir kimyasal ajandır. Diş hekimliğinde pek çok alanda belli başlı potansiyel uygulamalarda kullanımı ile ilgili araştırmalara konu olmuştur (132). Son yıllarda, diş macunlarında ve ağız gargaralarında plak oluşumunu geciktiren, leke oluşmasını engelleyen bir katkı maddesi olduğu gösterilmiştir. Bunun yanı sıra hem adeziv diş hekimliğinde pürüzlendirme ajanı olarak, hem de endodontide smear tabakasının uzaklaştırılmasında kullanımı önerilmektedir (133-137). Dental simanların fiziksel ve kimyasal özelliklerini geliştiren bir katkı maddesi olduğu bilinmektedir. Periimplantitis tedavisinde implant yüzeyinin dekontaminasyonunda fitik asit kullanımı osteojenik etkiye sahiptir ve bakterilerin yüzeye tutunmasını engeller (132). Fitik asitin, kontamine yüzeylerde tükürük proteinlerini uzaklaştırma (desorption) kapasitesinin yüksek olduğu bilinmektedir (138). Bununla birlikte, adeziv diş hekimliğinde seramiklerin tükürük ile kontaminasyonu

sonrası arındırma ajanı olarak kullanımı ile ilgili çalışmaların eksikliği dikkati çekmektedir.

## **2.10. Zirkonya Restorasyonlarda Kullanılan Yaşlandırma Yöntemleri**

Zirkonyalar belirli bir süre yüksek ısı, nem ve stres gibi etkenlere maruz kaldığında, tetragonal fazdaki kararlı yapısından daha az kararlı olduğu monoklinik faza dönüşümü gerçekleştirmektedir. Bu faz dönüşüm süreci devam ettikçe zirkonya dayanıklılığını kaybetmeye başlar. İn vitro çalışmalarda ağız ortamının taklit edilmesi ve restorasyonlarda ağız içerisinde kullanım süresi arttıkça meydana gelebilecek sorunların öngörülebilmesi için çeşitli yapay yaşlandırma yöntemleri kullanılmaktadır (139). Suda bekletme, termal siklus ve çiğneme siklusu yaygın kullanılan tekniklerdir.

### **2.10.1. Çiğneme Siklusu ile Yaşlandırma Yöntemi**

Çiğneme siklusu yöntemi ile tekrarlayan stresler sonucu çatlak yayılımı ve oluşumu değerlendirilmek istenir. Amaç ağız ortamında restorasyona uygulanacak okluzal yüklerin taklit edilmesi ve materyal dayanıklılığının değerlendirilmesidir (140).

### **2.10.2. Suda Bekletme ile Yaşlandırma Yöntemi**

Örneklerin belirli bir süre 37 C°'lik suda bekletilerek yaşlandırılması işlemidir. Yapay tükürük de kullanılabilir. (141).

### **2.10.3. Termal Siklus ile Yaşlandırma Yöntemi**

Termal siklus yöntemi en sık kullanılan yaşlandırma yöntemlerinden birisidir. Termal siklus uygulamasının metal oksit seramikler ile rezin simanlar arasındaki bağlantı dayanıklılığını anlamlı derecede düşürdüğü ve in vitro çalışmalarda kullanılmasının klinik sonuçları yansıtmada önemli olduğu belirtilmiştir (141). Termal siklus yaşlandırma prosedüründe örnekler ağız ortamında meydana gelen sıcaklık değişimlerinin simülasyonu için farklı sıcaklıktaki su hazneleri arasında geçiş yapar. Su haznelerinde ve geçiş yaparken örnekler ayarlanan sürelerde bekler (142). Örneklerin su haznelerinde (15-

60 saniye arasında) bir defa sıcak, bir defa soğuk suya girmesi işlemine “devir” adı verilir. İki hazne içindeki bekleme süresi ve hazneler arası geçişteki toplam süreye “devir süresi” adı verilir.

Termal siklus işlemi ISO TR 11450 standardına göre (1994) 5 derece ve 55 derecelik sularda, en az 500 siklus olarak yapılabilmektedir. 10000 termal siklus yaklaşık 1 yıl intraoral yaşlandırmaya denk gelmektedir (143).

## **2.11. Bağlantı Dayanıklılığı ve Test Yöntemleri**

Bağlantı dayanıklılığı nominal stres değeri olarak rapor edilmektedir (MPa cinsinden); yani hasara sebep olan yükün (Newton), tüm bağlantı alanına ( $\text{mm}^2$  cinsinden) bölünmesidir. Bağlantı dayanıklılığı testleri nispeten kolay uygulanmaları ve fazla ekipman gerektirmemeleri avantajları sayesinde dental literatürde bol miktarda yer almaktadır. Ara yüz bağlantı dayanıklılığı çeşitli yöntemlerle test edilebilmektedir. Bağlantı alanının boyutlarına göre makro (4-28  $\text{mm}^2$ ) veya mikro (yaklaşık 1  $\text{mm}^2$ ) olarak kategorize edilmektedir (144).

### **2.11.1. Makro-Makaslama Bağlantı Dayanıklılığı Test Yöntemi**

Makro makaslama bağlanma kuvveti test edilirken, silindir kompozit ile bağlanmış örnekler evrensel test makinasına yerleştirilir. Makinenin kuvvet uygulayıcı kolunda bulunan düz yüzeyli keski, tek açılı çivi şeklinde uç veya tel halka ile bağlantı dayanıklılığı test edilecek parçaya kuvvet uygulanır (145, 146). Bu test metodunda bıçak sırtı şeklindeki parça yardımıyla, yüzeyler arası bağlantının ayrılabilceği şekilde kuvvet uygulanır. ISO standardında test düzeneğinin kesici ucu için çalışma hızı 0,4-1,05 mm/dk olarak bildirilmiştir (88, 147).

Bu yöntemde iki materyal arasında bağlanma ajanı kullanılarak bağlantı oluşturulan yüzeyde ayrılma oluşana kadar değişmeyen hızla kuvvet uygulanır. Bağlanma dayanıklılığı test sonucunun değeri, elde edilen kırma kuvvetinin bağlanmanın meydana geldiği yüzey alanına bölünmesiyle elde edilir. Bağlanma kuvvetinin değeri genellikle  $\text{N/mm}^2$  (Mega paskal, MPa) birimi ile ifade edilir (148, 149).

### **2.11.2. Mikro Makaslama Bağlantı Dayanıklılığı Test Yöntemi**

Mikro-makaslama bağlantı dayanıklılığı test yönteminde; bağlantı dayanıklılığı ölçülen materyallerin yüzey alanı yaklaşık 1 mm<sup>2</sup>'dir. Test prosedürleri, bağlantı yüzey büyüklüğü harici makro makaslama testi ile aynıdır (144, 150).

### **2.11.3. Makro-Çekme Bağlantı Dayanıklılığı Test Yöntemi**

İki farklı materyalin birbirine yapıştırıldığı tablada, kopma oluşana kadar 1 mm/dk hızla ters yönler çekilerek bağlantı direncinin kaydedildiği in vitro test yöntemidir. Makro-çekme bağlantı testlerinde, bağlanan arayüzün yükleme eksenine dik olacak şekilde hizalanması çok önemlidir; bu dik hizalanma sağlanamazsa eğilme gerilmeleri oluşmaktadır. Bu nedenle örnek hazırlanması, çekme testleri için makaslama bağlantı testlerinden daha zor olmaktadır (144).

### **2.11.4. Mikro-Çekme Bağlantı Dayanıklılığı Test Yöntemi**

Bağlantı dayanıklılığı ölçülen materyallerin yüzey alanı yaklaşık 1 mm<sup>2</sup>'dir. Materyallerin birbirine yapıştırıldığı tablada, kopma oluşana kadar 1 mm/dk hızla ters yönler çekilerek bağlantı dayanıklılığının kaydedildiği in vitro test yöntemidir Mikro çekme bağlantı dayanımı test yönteminde, çatlak kritik boyutunun mikro ara yüzde daha küçük olması sebebiyle, makro çekme testlerinden daha yüksek (MPa cinsinden) değerler elde edilmektedir (150, 151).

## **2.12. Analiz Yöntemleri**

### **2.12.1. Taramalı Elektron Mikroskobu (SEM)**

SEM dış hekimliğinde kırık yüzeyinin analiz edilmesi için kullanılan yöntemlerden biridir. SEM sıvı özelliği taşımayan tüm yüzeylerde kullanılabilen bir mikroskobik inceleme yöntemidir. SEM taraması yapılırken elektron kaynağı kullanılmaktadır. İncelenecek örnekler ince bir altın kaplanmasıyla hassas bir incelemeye hazır hale getirildikten sonra yüzeye elektron demetleri gönderilerek tarama yapılmaktadır

(96, 152, 153). Elektronlar tarama yapılacak yüzeye çarptığında sekonder elektronları yayarlar, bu elektronlar özel detektörlerle algılanıp akımına dönüştürülür. Akım katot tüpüne gönderilir ve bilgisayar ekranından görüntü kaydı sağlanır (154, 155).

### **2.12.2. Enerji Ayrımlı X-Işını Analizi (EDS)**

EDS; taramalı elektron mikroskobu kullanılarak incelenen yüzeyin topografisini, kimyasal karakterizasyonunu veya elemental analizini belirlemek için kullanılan bir yöntemdir. Taramalı elektron mikroskobuna eklenen bir X-ray spektrometresi aracılığıyla, incelenecek materyalin yüzeyindeki elemental dağılımı bir harita olarak ya da görüntü olarak görülebilmektedir (156).

Literatürde tükürük ile kontamine zirkonya yüzeylerine uygulanan temizleme yöntemleri ile ilgili çok sayıda çalışma olmasına rağmen fitik asit çözeltisinin bu amaçla kullanımı ve MDP primer kullanımının etkinliği detaylı incelenmemiştir.

Bu tez çalışmasının amacı, yüksek translüsens zirkonya bloklarından elde edilen örneklerde tükürük kontaminasyonu sonrası yüzey temizleme işlemlerinin etkinliği ve rezin siman makaslama bağlantı dayanıklılığı incelenerek uygun temizleme yöntemlerinin tespit edilmesidir. Çalışmanın sıfır hipotezi; tükürük ile kontamine zirkonya yüzeyine uygulanan temizleme yöntemleri benzer arındırma etkisine sahiptir ve temizleme sonrası kontamine olmamış yüzeyler ile adeziv bağlantı değerleri arasında fark yoktur.

### 3. GEREÇ VE YÖNTEM

Hacettepe Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Ar-Ge laboratuvarında yapılan in-vitro çalışmamızda, tükürük ile kontamine yüksek translüsens zirkonya örneklerinde farklı temizleme yöntemlerinin etkinliği ve rezin siman ile bağlantı dayanıklılık değerleri incelenmiştir. Bağlantı dayanıklılık değerleri makaslama test yöntemi kullanılarak tespit edilmiştir. Test sonrasında, örnekler stereomikroskop ile incelenerek kırılma tipleri kaydedilmiştir. Kopma yüzeylerinin ayrıntılı analizi için ise SEM cihazı ve EDS analizi kullanılmıştır.

#### 3.1. Araştırmada Kullanılan Materyaller ve Cihazlar

Çalışmada kullanılan materyallerin kimyasal kompozisyonları ve üretici firmaları Tablo 3.1’de gösterilmektedir.

Tablo 3.1 Çalışmada kullanılan materyal bilgileri

Materyal	Tip	Kompozisyon	Üretici Firma
Zolid HT+ Amann Girschbach AG	İtiryum ile stabilize edilmiş zirkonyum oksit	ZrO <sub>2</sub> + HfO <sub>2</sub> + Y <sub>2</sub> O <sub>3</sub> > %99.0 Y <sub>2</sub> O <sub>3</sub> %6.0 – 7.2 HfO <sub>2</sub> ≤ %5 Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> ≤ %0.5 Diğer oksitler ≤ %1	Straumann-Amann Girschbach AG
Ivoclean	Ağızdışı temizleme pastası	ZrO <sub>2</sub> %10-15 Su %65-80 PEG %8-10 NaOH <%1 Pigmentler %4-5	Ivoclar Vivadent (Schaan, Liechtenstein)
Panavia SA Cement Plus Automix	Rezin Siman	Bis GMA (17)DMA Hidrofobik aromatik dimetakrilat MDP Hidrofilik alifatik dimetakrilat	Kuraray Noritake Dental Inc.

		HEMA Silanlanmış Ba camı Silanlanmış floroaluminoslikat camı Sodyum florid CQ Peroksit Katalist Hızlandırıcılar Pigmentler	
Clearfil Ceramic Primer Plus	Silan	MDP, g-MPTS, etanol	Kuraray Noritake Dental Inc.
Eco-Etch	Asit	Fosforik asit %37	SDI
NAOCI	Çözelti	%5,25 NAOCI	Deneysel Çözelti
Fitik asit	Çözelti	%1 Fitik asit- %99 distile su	Deneysel Çözelti

Çalışmada kullanılan araçlar ve üretici firmaları Tablo 3.2’de gösterilmektedir.

Tablo 3.2 Çalışmada kullanılan araçlar ve üretici firmaları

<b>Cihaz</b>	<b>Üretici Firma</b>
Işın Cihazı – D-Light Pro	Ivoclar Vivadent
Kesme diski- Isomet Blade 15HC, 5IN	Buehler
SEM cihazı	QUANTA 400F Field Emission SEM
Universal Test Cihazı	Lloyd Instruments, LR50K, Fareham Hant, UK
Termal siklus cihazı	MOD Dental MTE-101
Stereomikroskop	OLYMPUS
Sinterleme Fırını	Sirona İnFire HTC Speed

### 3.2. Tükürük Örneğinin Hazırlanması

Çalışmada kullanılan doğal tükürük örneği için Hacettepe Üniversitesi Girişimsel Olmayan Klinik Araştırmalar Etik Kurulu’ndan 2021/15-22 numaralı karar ile onay alındı. Kontamine grup için kullanılan örnekler, tükürük alma prosedüründen 1,5 saat önce

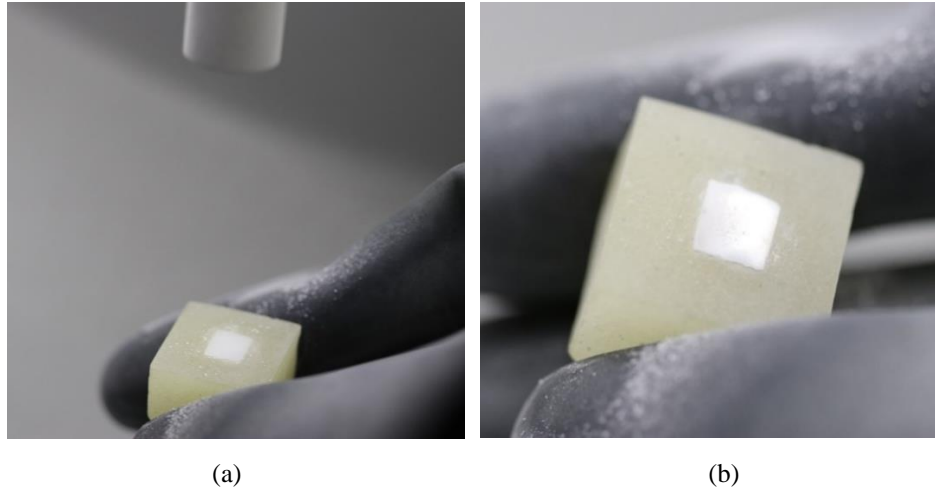
yemek yemekten ve içmekten kaçınan sağlıklı bir erkek donörden alınmıştır. Alınan insan tükürüğü bond fırçası ile zirkonya yüzeylere uygulandı ve 3 dk beklendi.

### 3.3. Örneklerin Hazırlanması

Sinterlenmemiş zirkonyum dioksit seramik bloklarından hassas kesme cihazı kullanılarak 120 adet (10x10x3 mm) örnek elde edildi ve 800 gritlik zımpara kağıtları ile bağlantı yüzeyleri zımparalandı. Üretici firmaların önerileri doğrultusunda 1530°C derecede 1 saat süreyle sinterleme işlemi yapıldı.

Sinterlenen zirkonya örneklerinin bağlantı yüzeyleri sırasıyla 600, 800 ve 1200 gritlik zımpara kağıtları ile su altında zımparalandıktan sonra zirkonya bağlantı yüzeyleri açıkta kalacak şekilde; silikon kalıp kullanılarak otopolimerik akril rezin bloklarının içerisine gömüldü.

Hazırlanan örnekler, 0.3 MPa basınç altında 50  $\mu\text{m}$   $\text{Al}_2\text{O}_3$  parçacıkları ile zirkonya yüzeyine 10 mm mesafeden dik olarak 10 saniye boyunca kumlandı.



Şekil 3.1 Örneklerden birinin kumlama öncesi (a) ve kumlama sonrası (b) görüntüleri

#### 3.3.1. Bağlantı Yüzeyi Standardizasyonu

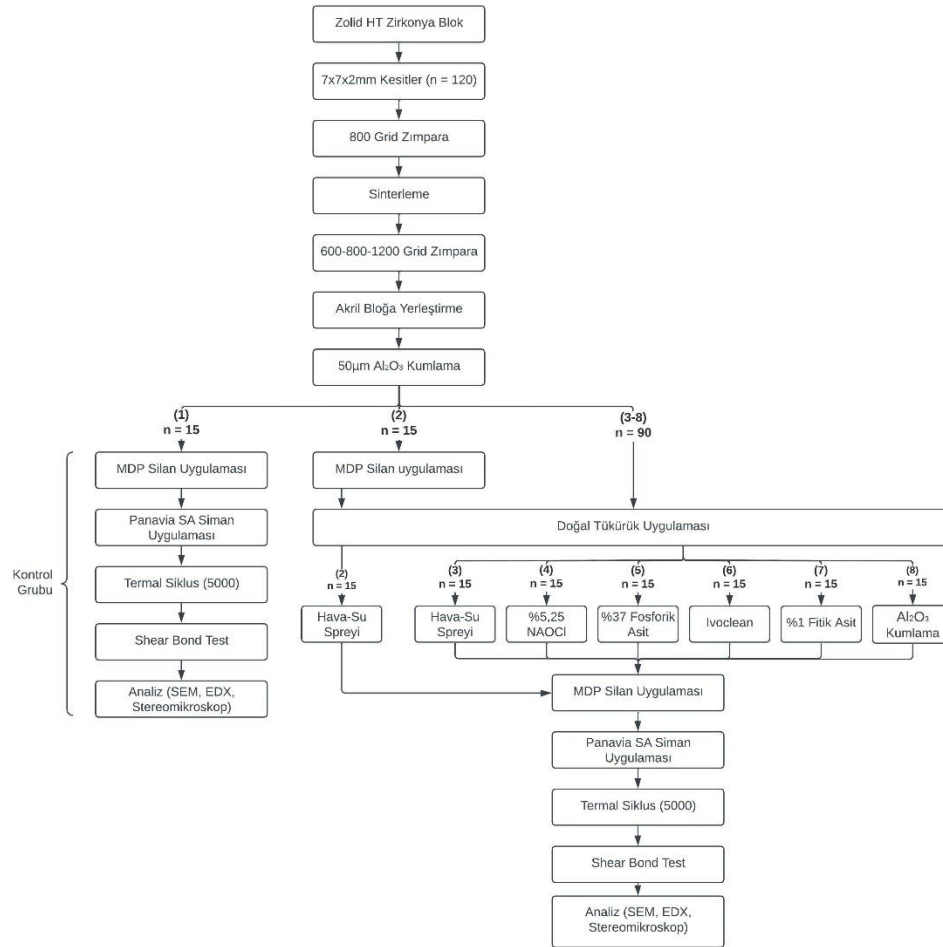
Tüm örnekler primer ve rezin siman uygulaması aşamasında aynı prosedürler uygulandı. MDP içeren primer çalkaladıktan sonra 15 sn boyunca ince uçlu fırça yardımı



ile bağlantı yüzeyine uygulandı, 5 sn beklendikten sonra yağsız hava ile kurutuldu. MDP içeren rezin siman uygulanırken tüm örneklerde bağlantı yüzeyini 2 mm çapında bir daire olarak standardize eden teflon kalıp (kit) kullanıldı. Resin siman, üreticinin talimatları doğrultusunda 10 saniye ışıklandı ve ışık cihazının kullanım modu resin simanın üreticileri tarafından belirlenen aralıklara uygun olması için düşük güç (LP) modunda kullanıldı. Işıklama sonrasında kimyasal polimerizasyonun da tamamlanması için resin simanın kullanım talimatları doğrultusunda 5 dk beklendi.

### 3.4. Deney Gruplarının Belirlenmesi

Hazırlanan 120 adet zirkonya örnek her grupta 15 adet olacak şekilde 8 gruba ayrıldı.

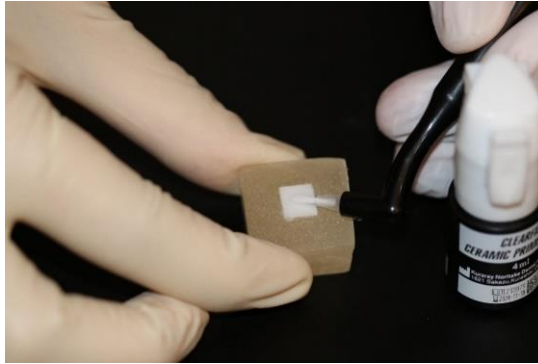


Şekil 3.2 Grupların sınıflandırılması ve detayları

1.grup kontrol grubu olarak belirlendi ve doğal tükürük kontaminasyonu yapılmadı. Bağlantı yüzeylerine ince uçlu fırça ile 15 sn MDP içerikli primer uygulandı ve üretici firmanın kılavuzu doğrultusunda 5 sn beklendikten sonra hava ile kurutuldu. Örnekler standardizasyon kitine yerleştirildikten sonra üretici firmanın kılavuzu doğrultusunda rezin siman 10 sn ışıklandı ve 5 dk kimyasal polimerizasyonun tamamlanması için beklendi. Polimerizasyonu tamamlanan örnekler kırma testi uygulanıncaya kadar karanlık ortamda bekletildi.



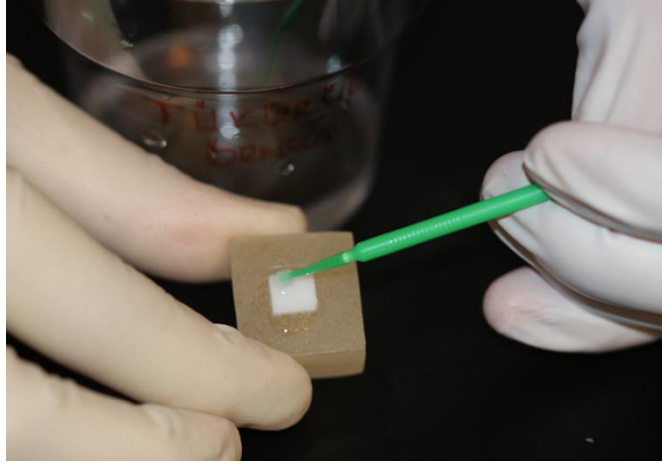
Şekil 3.3 Bağlantı standardizasyonu için kullanılan kit



Şekil 3.4 Hazırlanan örneklere seramik primer uygulaması

2.grup tükürük kontaminasyonu öncesi MDP içeren primer uygulanan grup olarak belirlendi ve erken MDP grubu olarak adlandırıldı. Örneklerin bağlantı yüzeylerine 1.gruptaki prosedür kullanılarak MDP içerikli primer uygulandı ve doğal tükürük ince fırça yardımıyla zirkonya üzerine uygulanıp 3 dakika beklendi. Kontaminasyon

sonrasında tükürük hava su spreyi ile uzaklaştırıldı ve tekrar aynı prosedürle seramik primer uygulandı. Tüm örneklerde kullanılan prosedür ile rezin siman uygulandı.



Şekil 3.5 Hazırlanan örneklerin tükürük ile kontamine edilmesi

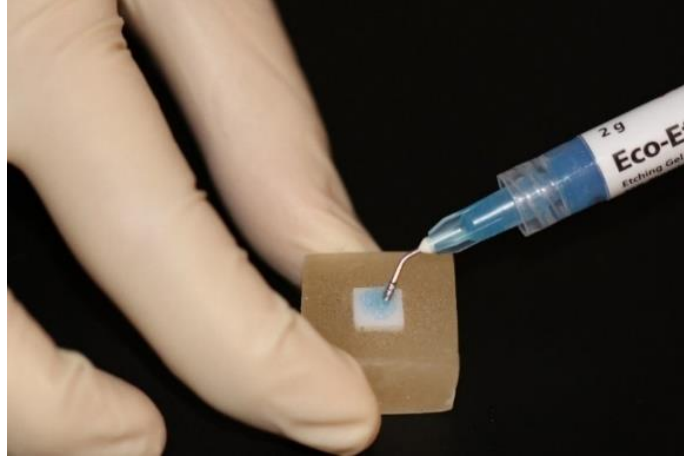
3.grup hava-su spreyi grubu olarak belirlendi ve örneklere ince uçlu fırça yardımıyla doğal tükürük sürülüp; hava-su spreyi ile 20 sn yıkandı, 20 sn kurutuldu. Örnekler yıkanıp kurutulduktan sonra seramik primer uygulaması ve rezin siman uygulaması aynı prosedürlerle yapıldı.

4.grup NaOCI grubu olarak belirlendi, örnekler 3 dk tükürük kontaminasyonu sonrası 5 sn hava-su spreyi ile yıkanıp kurutuldu ve %5,25'lik NaOCI kullanılarak 15 sn temizleme işlemi yapıldı. Primer ve rezin siman uygulaması aynı prosedürlerle yapıldı.



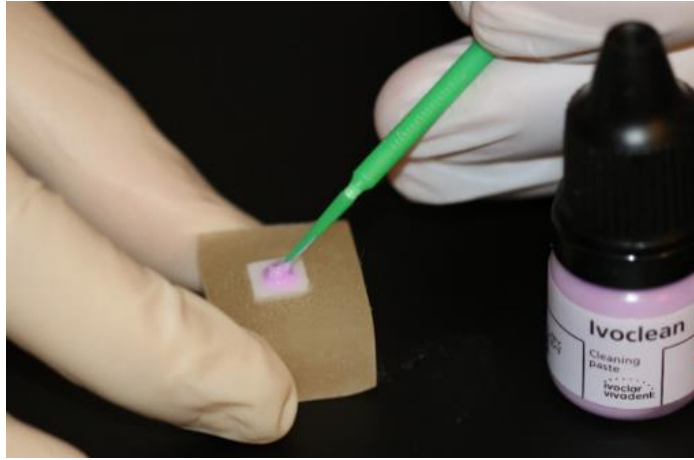
Şekil 3.6 Hazırlanan örneklere NaOCI uygulaması

5.grup fosforik asit grubu olarak belirlendi, örnekler 3 dk tükürük kontaminasyonu sonrası 5 sn hava-su spreyi ile yıkanıp kurutuldu ve %37'lik fosforik asit kullanılarak 15 sn temizleme işlemi yapıldı. Primer ve rezin siman uygulaması aynı prosedürlerle yapıldı.



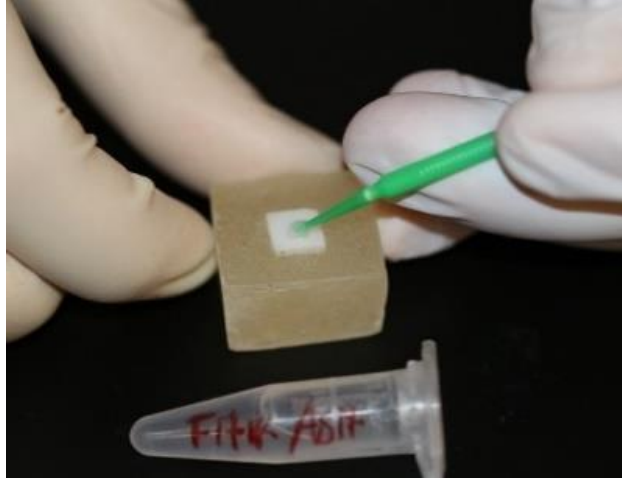
Şekil 3.7 Hazırlanan örneklere fosforik asit uygulaması

6.grup Ivoclean grubu olarak belirlendi, örnekler 3 dk tükürük kontaminasyonu sonrası 5 sn hava-su spreyi ile yıkanıp kurutuldu ve Ivoclean temizleme pastası üretici firmanın talimatları doğrultusunda kullanıldı; solüsyon sürülüp 20 saniye reaksiyonu için bekletildi ve hava-su spreyi ile 20 sn yıkandı, 20 sn kurutuldu. Primer ve rezin siman uygulaması aynı prosedürlerle yapıldı.



Şekil 3.8 Hazırlanan örneklere Ivoclean pastası uygulaması

7.grup fitik asit grubu olarak belirlendi, örnekler 3 dk tükürük kontaminasyonu sonrası 5 sn hava-su spreyi ile yıkanıp kurutuldu ve deneysel olarak hazırlanan %1'lik fitik asit çözeltisi ile 15 sn temizleme işlemi yapıldı. Primer ve rezin siman uygulaması aynı prosedürlerle yapıldı.

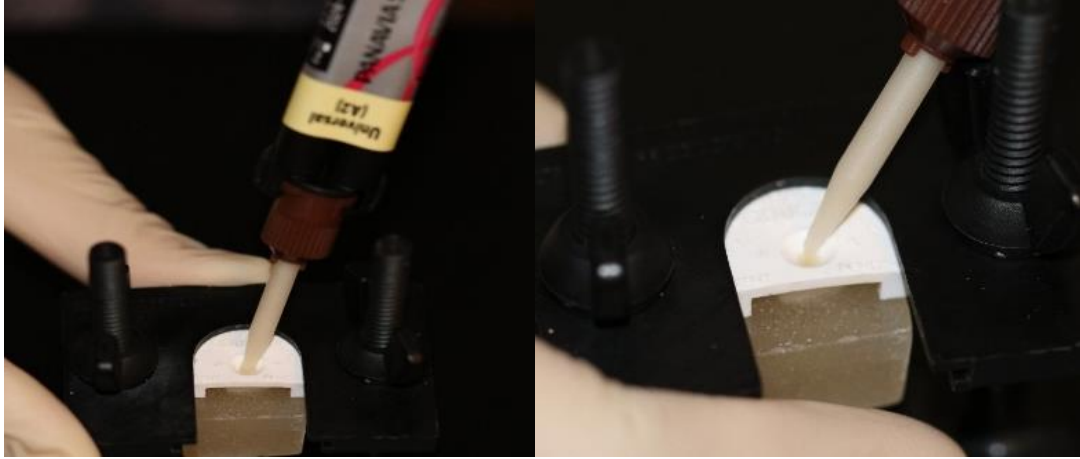


Şekil 3.9 Hazırlanan örneklere fitik asit çözeltisi uygulaması

8.grup tekrar kumlama grubu olarak belirlendi, örnekler 3 dk tükürük kontaminasyonu sonrası 5 sn hava-su spreyi ile yıkanıp kurutuldu. Temizleme işlemi için başlangıçta uygulanan kumlama prosedürü tekrarlandı. Primer ve rezin siman uygulaması aynı prosedürlerle yapıldı.



Şekil 3.10 Kontaminasyon sonrası kumlama işleminin yapılması



Şekil 3.11 Örneklerin bağlantı yüzeyleri standardize edilerek rezin siman uygulanması



Şekil 3.12 Örneklerin ışınlanması

### 3.5. Termal Siklus Uygulanması

Hacettepe Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Ar-ge Laboratuvarında, rezin simanın bağlı olduğu 120 adet monolitik zirkonya seramik örneğe 5-55 C ( $\pm 2^{\circ}\text{C}$ )’de 5000 termal siklus uygulandı. Termal siklus cihazının (MOD Dental, Ankara, Türkiye) banyosunda örneklerin bekleme süresi 15 sn, bir banyodan diğer banyoya geçiş süresi ise 5 sn olarak belirlendi.



Şekil 3.13 Termal Siklus Cihazı (MOD Dental)

### 3.6. Makaslama Bağlantı Dayanıklılığı Testinin Gerçekleştirilmesi

5000 devirlik termal yaşlandırma işlemini takiben makaslama kuvveti uygulanabilmesi için örnekler Universal Test Cihazına (Universal Testing Machine, Lloyd Instruments, LRx, Fareham Hant, UK) yer düzlemine dik olacak pozisyonda yerleştirildi. Küresel çelik uç ile okluzal yüzeye 1 mm/dk hızla artan kuvvet uygulandı. Örneklerde kırılma olduğu anda elde edilen kuvvet Newton birimiyle kaydedildi ve bağlantı alanına bölünerek MPa birimiyle makaslama değerleri hesaplandı.

$$S \text{ [Makaslama bağlantı dayanıklılığı (MPa)]} = \frac{F \text{ [Kırılma noktasındaki kuvvet (N)]}}{A \text{ [Bağlanma yüzey alanı (mm<sup>2</sup>)]}}$$



Şekil 3.14 Makaslama testi için kullanılan universal test cihazı



Şekil 3.15 Makaslama testi için cihaza yerleştirilen örnek

### 3.7. Kopma Yüzeylerinin Değerlendirilmesi, SEM ve EDX Analizi

Yapılan makaslama bağlanma dayanım testi sonrasında oluşan kopma yüzeyleri Hacettepe Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Ar-ge Laboratuvarında bulunan stereomikroskop (SZ-PTOlympus/Japonya) kullanılarak 40X büyütmede incelenmiştir. Her grup için başarısızlık tipleri şu şekilde belirlenmiştir:

- Koheziv kırılma: Resin siman veya seramik içinde koheziv kopma

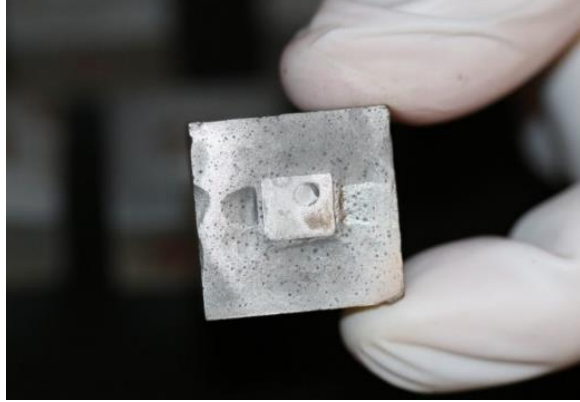


- Adeziv kırılma: Seramik-rezin siman arasında adeziv kopma
- Karma tip kırılma: Seramik-rezin siman ara yüzünde rezin simanın adeziv ve koheziv birlikte kopması



Şekil 3.16 Kullanılan stereomikroskop cihazı

Uygulanan makaslama bağlanma dayanım testi sonrası ortaya çıkan monolitik zirkonya seramik ve rezin siman arasındaki kopma yüzeylerinin incelenmesi için SEM cihazı (QUANTA 400F Field Emission SEM) kullanılmıştır. SEM analizi öncesinde incelenecek örnekler alüminyum blok üzerine yapıştırıcı bir bant yardımıyla sabitlenip, örnek yüzeyleri 200 Å kalınlığında altın ile kaplanmıştır. SEM analizi görüntü parametreleri 30.00 kV, WD 10-13.50 mm, mag:80x-1000x-4000x şeklindedir.



Şekil 3.17 SEM değerlendirmesi için altın kaplama yapılmış örnek

### 3.8. İstatistiksel Analiz

Kırma testi sonucunda elde edilen verilerin analizi Hacettepe Üniversitesi Biyoistatistik Anabilim Dalı'nda IBM SPSS 23.0 paket programı kullanılarak yapıldı. Parametrik test varsayımlarının incelenmesinde normallik varsayımı için Shapiro-Wilk, normallik testi grup varyanslarının incelenmesinde Levene testi kullanılmış olup, varsayımlar sağlanmadığından dayanıklılık açısından bağımsız grupların karşılaştırılmasında Kruskal-Wallis varyans analizi kullanılmıştır. Gruplar arasındaki fark anlamlı bulunduğundan Dunn-Bonferroni çoklu karşılaştırma testiyle hangi gruplar arasında fark bulunduğu incelenmiştir. Tanımlayıcı istatistik olarak gruplara ilişkin ortanca (minimum-maksimum) değerleri verilmiştir. Tüm analizler için anlamlılık düzeyi  $p < 0,05$  olarak belirlendi.

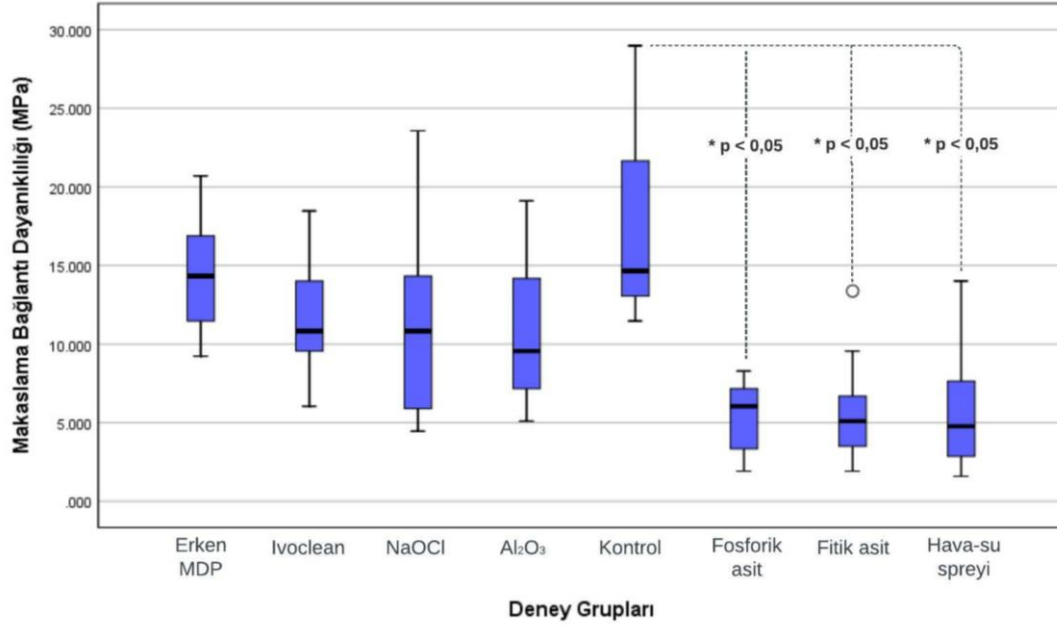
## 4. BULGULAR

### 4.1. Bağlantı Dayanıklılığı Test Sonuçlarının Değerlendirilmesi

Çalışma gruplarındaki zirkonya örneklerin makaslama bağlantı dayanıklılığı testi sonrası elde edilen tanımlayıcı istatistiksel verileri (minimum, maksimum, ortanca ve çeyrekler arası değerleri) Tablo 4.1’de verilmiştir.

Tablo 4.1 Grupların tanımlayıcı istatistik değerleri

	Makaslama Dayanımı (MPa)		
	Ortanca ± Çeyrekler arası aralık	Minimum	Maksimum
<b>Kontrol</b>	14,65 ± 9,88	11,47	28,98
<b>Fitik Asit</b>	5,10 ± 4,46	1,91	13,38
<b>Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub></b>	9,55 ± 7,32	5,07	19,11
<b>Fosforik Asit</b>	6,05 ± 4,46	1,91	8,28
<b>Hava-Su Spreyi</b>	4,78 ± 5,73	1,59	14,01
<b>Ivoclean</b>	10,83 ± 4,77	6,05	18,47
<b>Erken MDP</b>	14,33 ± 5,73	9,24	20,70
<b>NaOCl</b>	10,83 ± 9,24	4,46	23,57



\* İstatistiksel olarak kontrol grubu ile arasında anlamlı fark bulunan gruplar

Şekil 4.1 Kruskal-Wallis analizi ile grupların değerlendirilmesi ( $p < 0.05$ )

Grupların ortanca MPa değerleri sırasıyla; kontrol grubunda 14,65; fitik asit grubunda 5,10; fosforik asit grubunda 5,29; hava-su spreyi grubunda 4,78; Ivoclean grubunda 10,83; MDP grubunda 14,33; NaOCI grubunda 10,83, ve Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> grubunda 9,55 olarak elde edilmiştir. En yüksek ortanca değer kontrol grubundan elde edilirken en düşük değer hava-su spreyi grubundan elde edilmiştir.

Tablo 4.2 Grupların ikili karşılaştırılması

Gruplar	Anlamlı farklılık bulunan gruplar ( $p < 0,05$ )
Kontrol	Fitik asit - Fosforik Asit - Hava su spreyi
Fitik asit	Kontrol - Ivoclean - Erken MDP
Fosforik asit	Kontrol - Ivoclean - Erken MDP
NaOCl	-
Hava-su spreyi	Kontrol - Ivoclean - Erken MDP
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	-
Erken MDP	Fitik asit - Fosforik Asit - Hava su spreyi
Ivoclean	Fitik asit - Fosforik Asit - Hava su spreyi

Grupların kontrol grubuyla karşılaştırılması sonucunda; fosforik asit grubu, hava-su spreyi grubu, fitik asit grubu istatistiksel olarak anlamlı derecede düşük bağlantı değerleri sunarken; erken MDP, NaOCl, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> ve Ivoclean gruplarıyla kontrol grubu arasında ise istatistiksel olarak anlamlı fark görülmemiştir.

#### 4.2. Stereomikroskop Görüntüleri ve Değerlendirilmesi

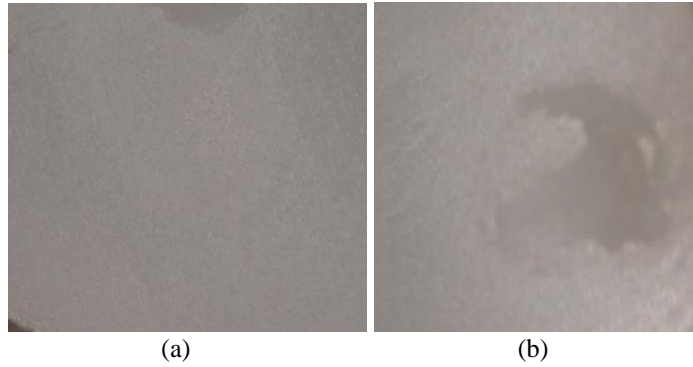
Makaslama bağlantı dayanıklılığı testiyle oluşan kopma tipleri Hacettepe Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Araştırma Merkezi'nde bulunan stereomikroskop (SZ-PTOlympus/Japonya) kullanılarak 40X büyütmede incelenmiştir.

Kontrol grubunda 11 karma tip, 4 adeziv tip kırılma gözlemlenmiştir. Ivoclean grubunda 10 karma tip, 5 adeziv tip; MDP grubunda ise 8 karma tip, 5 adeziv ve 2 koheziv tip kırılma gözlemlenmiştir. NaOCI grubunda 10 karma tip, 2 adeziv tip ve 3 koheziv tip kırılma; hava-su grubunda ise 11 adeziv ve 4 karma tip kırılma gözlemlenmiştir. Fosforik asit grubunda 5 karma, 9 adeziv ve 1 koheziv kırılma gözlemlenirken fitik asit grubunda ise 6 karma ve 9 adeziv tip kırılma gözlemlenmiştir.  $Al_2O_3$  grubunda ise 7 karma tip, 4 adeziv ve 4 koheziv tip kırılma gözlemlenmiştir. Kontrol grubuna göre daha düşük bağlantı değerleri elde edilen fitik asit, fosforik asit ve hava-su spreyi gruplarında adeziv tip kırılma daha fazla görülmektedir.

Tablo 4.3 Örneklerde gözlemlenen kırılma tipleri

Gruplar	Karma tip kırılma gözlemlenen örnek adedi	Adeziv tip kırılma gözlemlenen örnek adedi	Koheziv tip kırılma gözlemlenen örnek adedi
Kontrol	11	4	-
Ivoclean	10	5	-
Erken MDP	8	5	2
NaOCI	10	2	3
Hava-su spreyi	4	11	-
Fosforik asit	5	9	1
Fitik asit	6	9	-
$Al_2O_3$	7	4	4

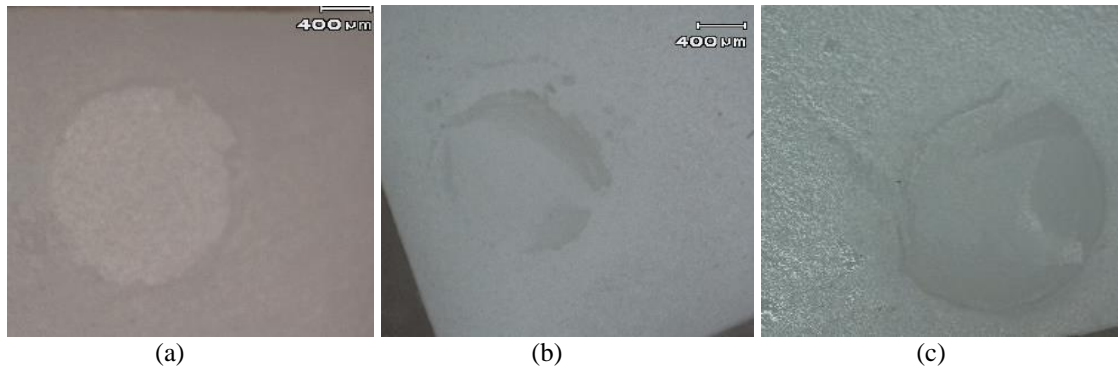
#### 4.2.1. Kontrol Grubu Stereomikroskop Görüntüleri



Şekil 4.2 Kontrol grubunda gözlemlenen adeziv ve karma tip kırılma örneği

Kontrol grubunda bulunan örneklerin 4 tanesinde Şekil 4.2(a)'da görüldüğü gibi zirkonya yüzey ve rezin siman arasında ayrılma gerçekleşirken, 11 tanesinde Şekil 4.2(b)'de görülen rezin simanın kendi içerisinde ve rezin siman ile zirkonya arasında ayrılmanın olduğu karma tip kopma gözlemlenmiştir.

#### 4.2.2. MDP Grubu Stereomikroskop Görüntüleri

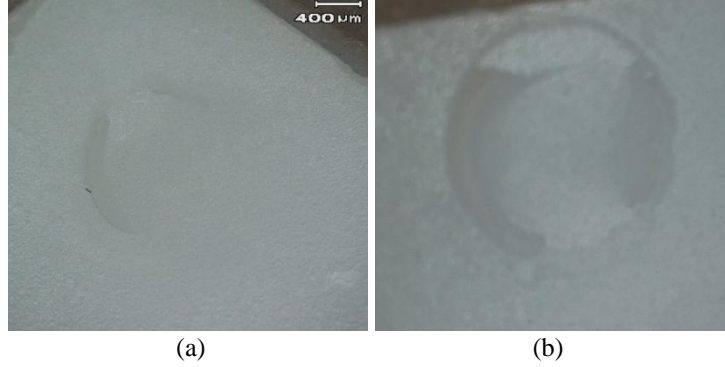


Şekil 4.3 MDP grubunda gözlemlenen adeziv ve karma tip ve koheziv tip kırılma örneği

MDP grubunda bulunan örneklerin 5 tanesinde Şekil 4.3(a)'da görüldüğü gibi zirkonya yüzey ve rezin siman arasında ayrılma gerçekleşirken, 8 tanesinde Şekil 4.3(b)'de görülen rezin simanın kendi içerisinde ve rezin siman ile zirkonya arasında ayrılmanın olduğu karma tip kopma gözlemlenmiştir. 2 örnekte de Şekil 4.3(c)'de görülen rezin

simanın kendi içerisinde ayrıldığı ve zirkonya yüzeyinde rezin siman tabakasının kaldığı koheziv tip kırılma gözlemlenmiştir.

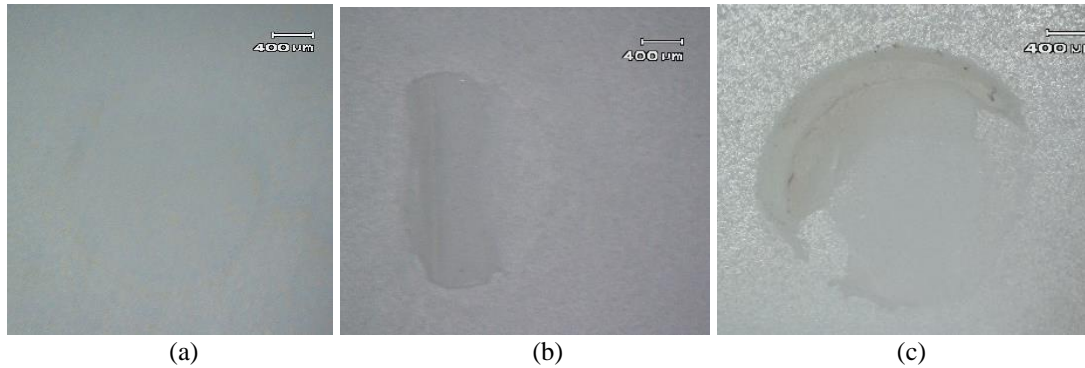
#### 4.2.3. Ivoclean Grubu Stereomikroskop Görüntüleri



Şekil 4.4 Ivoclean grubunda gözlemlenen adeziv ve karma tip kırılma örneği

Ivoclean grubunda bulunan örneklerin 5 tanesinde Şekil 4.4(a)'da görüldüğü gibi zirkonya yüzey ve rezin siman arasında ayrılma gerçekleşirken, 10 tanesinde Şekil 4.4(b)'de görülen rezin simanın kendi içerisinde ve rezin siman ile zirkonya arasında ayrılmanın olduğu karma tip kopma gözlemlenmiştir.

#### 4.2.4. NaOCI Grubu Stereomikroskop Görüntüleri



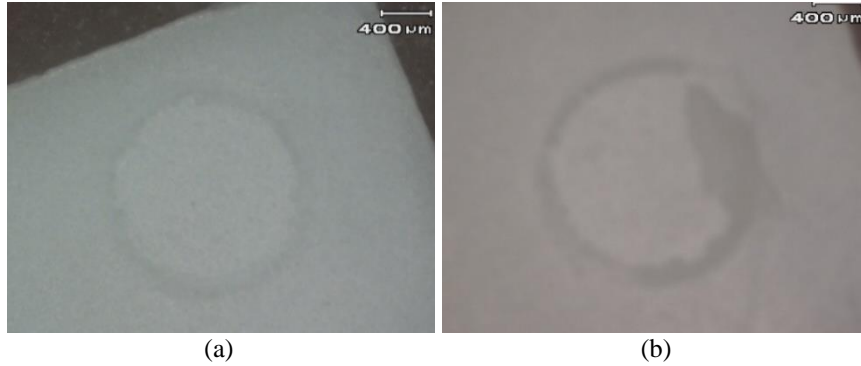
Şekil 4.5 NaOCI grubunda gözlemlenen adeziv ve karma tip ve koheziv tip kırılma örneği

NaOCI grubunda bulunan örneklerin 3 tanesinde Şekil 4.5(a)'da görüldüğü gibi zirkonya yüzey ve rezin siman arasında ayrılma gerçekleşirken, 9 tanesinde Şekil



4.5(b)'de görülen rezin simanın kendi içerisinde ve rezin siman ile zirkonya arasında ayrılmanın olduğu karma tip kopma gözlemlenmiştir. 3 örnekte de Şekil 4.5(c)'de görülen rezin simanın kendi içerisinde ayrıldığı ve zirkonya yüzeyinde rezin siman tabakasının kaldığı koheziv tip kırılma gözlemlenmiştir.

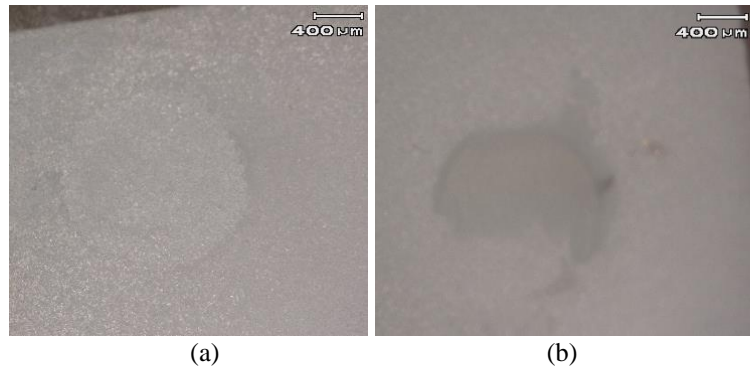
#### 4.2.5. Fitik Asit Grubu Stereomikroskop Görüntüleri



Şekil 4.6 Fitik Asit grubunda gözlemlenen adeziv ve karma tip kırılma örneği

Fitik asit grubunda bulunan örneklerin 9 tanesinde Şekil 4.6(a)'da görüldüğü gibi zirkonya yüzey ve rezin siman arasında ayrılma gerçekleşirken, 6 tanesinde Şekil 4.6(b)'de görülen rezin simanın kendi içerisinde ve rezin siman ile zirkonya arasında ayrılmanın olduğu karma tip kopma gözlemlenmiştir.

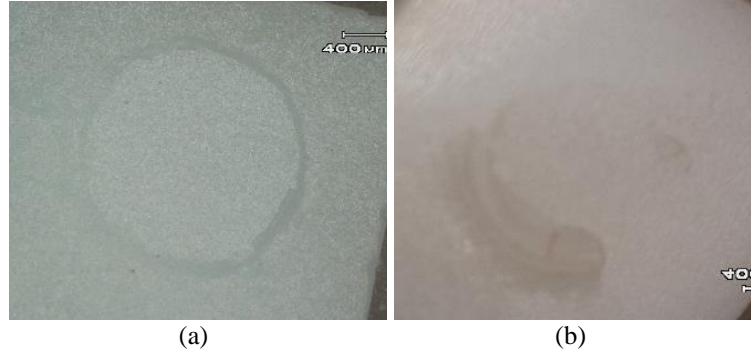
#### 4.2.6. Fosforik Asit Grubu Stereomikroskop Görüntüleri



Şekil 4.7 Fosforik Asit grubunda gözlemlenen adeziv ve karma tip kırılma örneği

Fosforik Asit grubunda bulunan örneklerin 9 tanesinde Şekil 4.7(a)'da görüldüğü gibi zirkonya yüzey ve rezin siman arasında ayrılma gerçekleşirken, 96 tanesinde Şekil 4.7(b)'de görülen rezin simanın kendi içerisinde ve rezin siman ile zirkonya arasında ayrılmanın olduğu karma tip kopma gözlemlenmiştir.

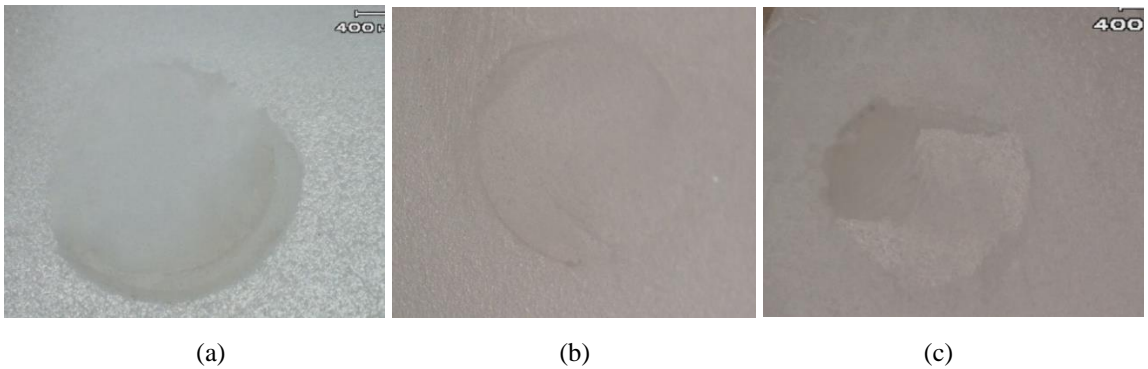
#### 4.2.7. Hava-Su Spreyi Grubu Stereomikroskop Görüntüleri



Şekil 4.8 Hava-Su Spreyi grubunda gözlemlenen adeziv ve karma tip kırılma örneği

Hava-su spreyi grubunda bulunan örneklerin 4 tanesinde Şekil 4.8(a)'da görüldüğü gibi zirkonya yüzey ve rezin siman arasında ayrılma gerçekleşirken, 11 tanesinde Şekil 4.8(b)'de görülen rezin simanın kendi içerisinde ve rezin siman ile zirkonya arasında ayrılmanın olduğu karma tip kopma gözlemlenmiştir.

#### 4.2.8. Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> Grubu Stereomikroskop Görüntüleri

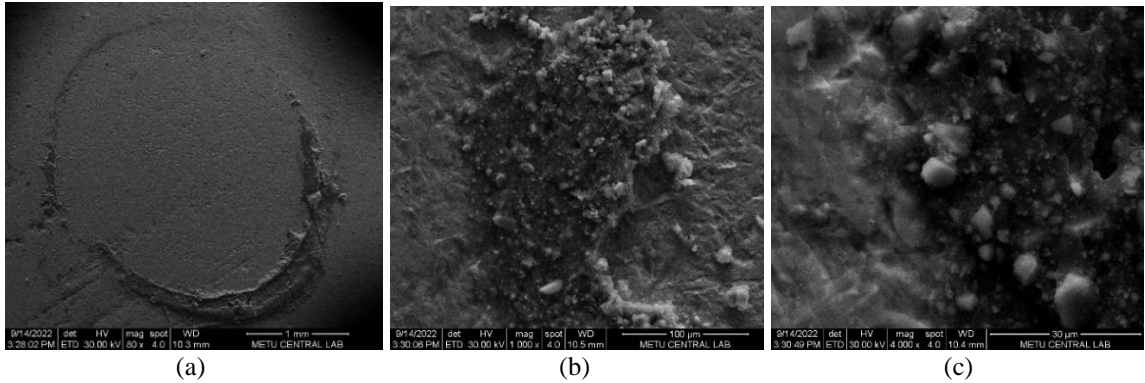


Şekil 4.9 Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> grubunda gözlemlenen adeziv ve karma tip kırılma örneği

NaOCI grubunda bulunan örneklerin 3 tanesinde Şekil 4.9(a)'da görüldüğü gibi zirkonya yüzey ve rezin siman arasında ayrılma gerçekleşirken, 9 tanesinde Şekil 4.9(b)'de görülen rezin simanın kendi içerisinde ve rezin siman ile zirkonya arasında ayrılmanın olduğu karma tip kopma gözlemlenmiştir. 3 örnekte de Şekil 4.9(c)'de görülen rezin simanın kendi içerisinde ayrıldığı ve zirkonya yüzeyinde rezin siman tabakasının kaldığı koheziv tip kırılma gözlemlenmiştir.

### 4.3. SEM Görüntüleri

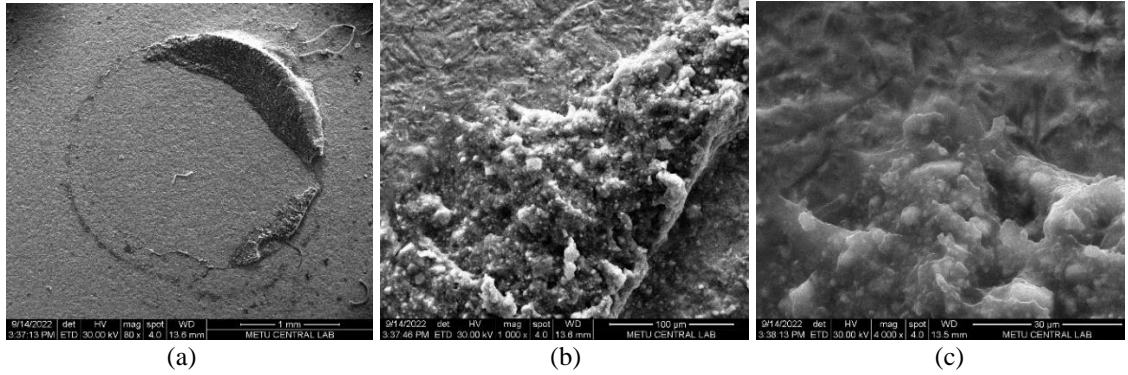
#### 4.3.1. Kontrol Grubu SEM Görüntüleri



Şekil 4.10 Kontrol grubu örneklerinin makaslama testi sonrası SEM görüntüleri

Zirkonya yüzeyinde kumlama işleminin etkin yapılamadığı kısımlarda Şekil 4.10(a)'da görüldüğü gibi zımparanın neden olduğu çizgi şeklinde pürüzlü alanlar görülmektedir. Kopma yüzeyinde zirkonya ve rezin simanın birbirinden tamamen ayrıldığı adeziv tip kırılma gözlemlenmektedir ve organik artıkları görülmektedir. Şekil 4.10(c)'de görülen 4000x büyütmede ise bu sınır ve geçişi daha yakından incelenmiştir.

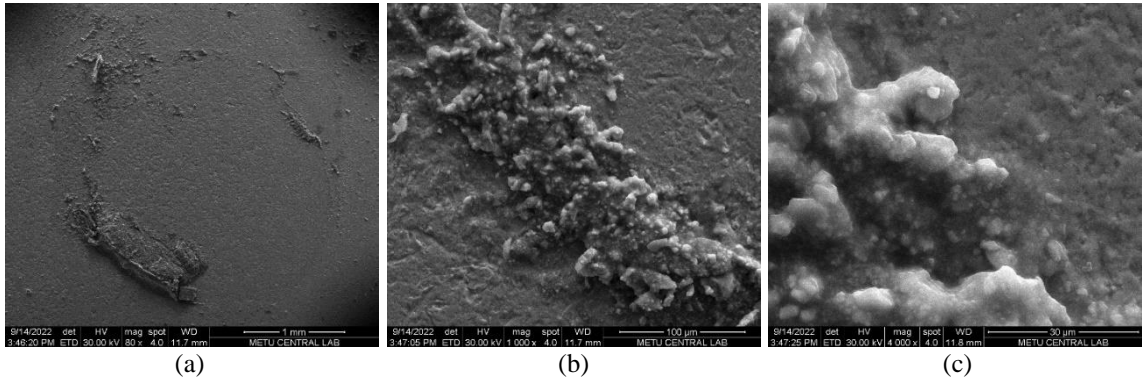
### 4.3.2. MDP Grubu SEM Görüntüleri



Şekil 4.11 MDP grubu örneklerinin makaslama testi sonrası SEM görüntüleri

MDP grubu makaslama testi sonrası kırılmanın gerçekleştiği alan Şekil 4.11(a)'da 80x büyütmede gösterilmektedir. Kopma yüzeyinde zirkonya ve rezin siman kalıntısının bulunduğu karma tip kırılma örneği görülmektedir. Kopma yüzeyinde rezin siman ve zirkonyanın birlikte bulunduğu bir sınırdan 1000x büyütme (Şekil 4.11(b)) ve 4000x büyütme (Şekil 4.11(c)) ile alınan görüntüsü incelenmektedir.

### 4.3.3. Ivoclean Grubu SEM Görüntüleri

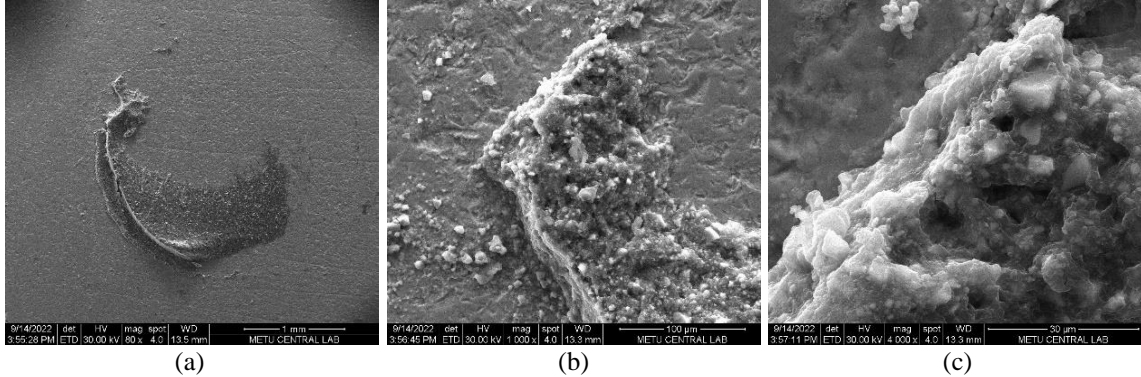


Şekil 4.12 Ivoclean grubu örneklerinin makaslama testi sonrası SEM görüntüleri

Ivoclean grubu makaslama testi sonrası kırılmanın gerçekleştiği alan Şekil 4.12(a)'da 80x büyütmede gösterilmektedir. Kopma yüzeyinde zirkonya ve rezin siman kalıntısının bulunduğu karma tip kırılma örneği görülmektedir. Kopma yüzeyinde rezin

siman ve zirkonyanın birlikte bulunduğu bir sınırdan 1000x (Şekil 4.12(b)) ve 4000x (Şekil 4.12(c)) büyütme ile alınan görüntüsü incelenmektedir.

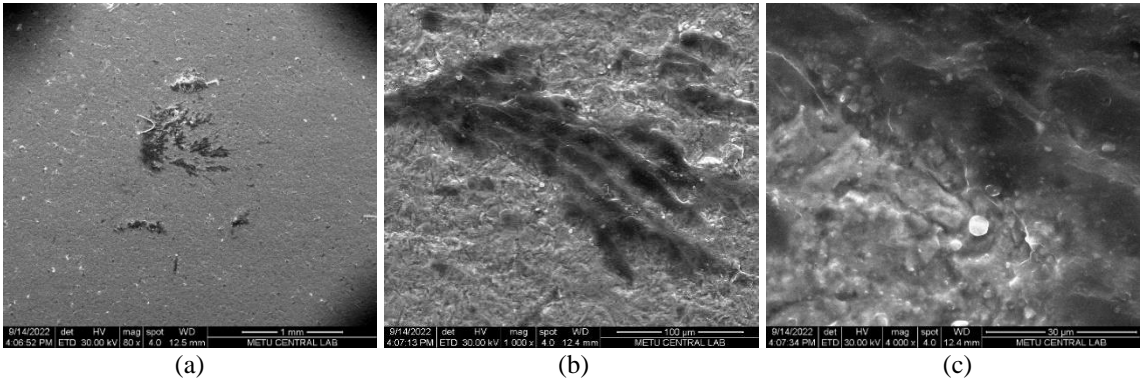
#### 4.3.4. NaOCI Grubu SEM Görüntüleri



Şekil 4.13 NaOCI grubu örneklerinin makaslama testi sonrası SEM görüntüleri

NaOCI grubu makaslama testi sonrası kırılmanın gerçekleştiği alan Şekil 4.13(a)'da 80x büyütmede gösterilmektedir. Kopma yüzeyinde zirkonya ve rezin siman kalıntısının bulunduğu karma tip kırılma örneği görülmektedir. Kopma yüzeyinde rezin siman ve zirkonyanın birlikte bulunduğu bir sınırdan 1000x (Şekil 4.13(b)) ve 4000x (Şekil 4.13(c)) büyütme ile alınan görüntüsü incelenmektedir.

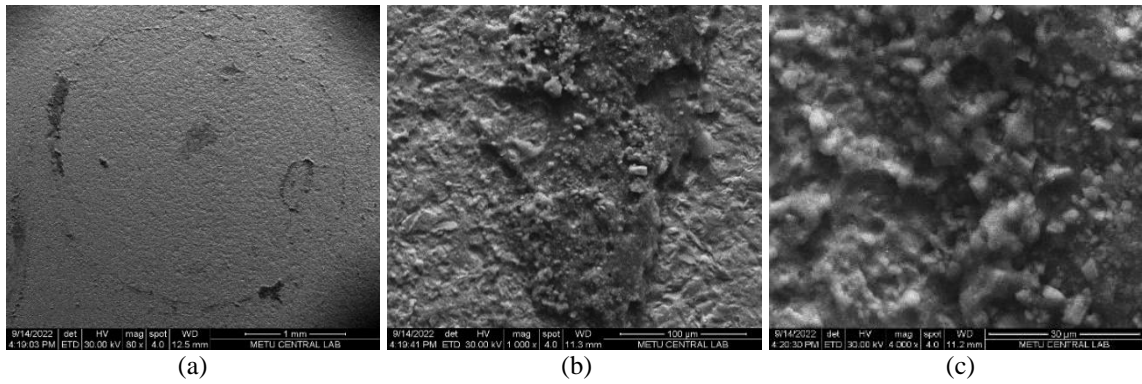
#### 4.3.5. Fitik Asit Grubu SEM Görüntüleri



Şekil 4.14 Fitik Asit grubu örneklerinin makaslama testi sonrası SEM görüntüleri

Fitik asit grubu makaslama testi sonrası kırılmanın gerçekleştiği alan Şekil 4.14(a)'da 80x büyütmede gösterilmektedir. Kopma yüzeyinde zirkonya ve bir miktar rezin siman kalıntısının bulunduğu karma tip kırılma örneği görülmektedir. Kopma yüzeyinde rezin siman ve zirkonyanın birlikte bulunduğu bir sınırından 1000x (Şekil 4.14(b)) ve 4000x (Şekil 4.14(c)) büyütme ile alınan görüntülerinde organik artık kalıntıları ayrıntılı şekilde gözlemlenebilmektedir.

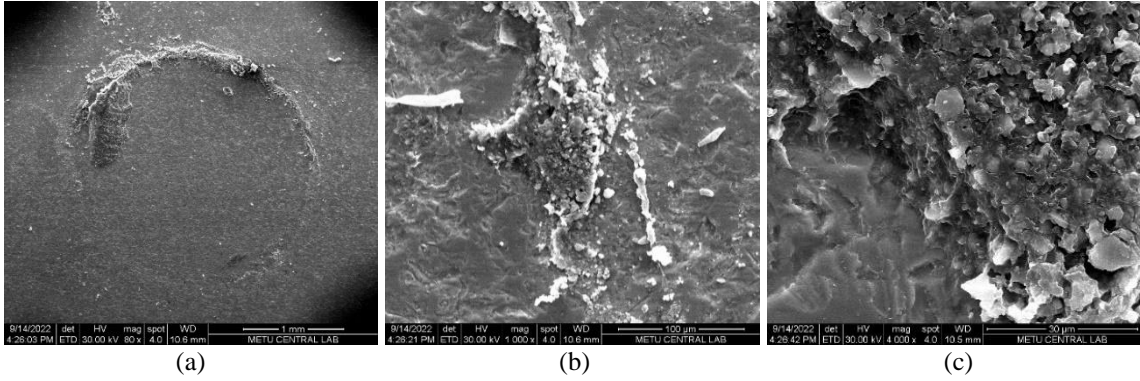
#### 4.3.6. Fosforik Asit Grubu SEM Görüntüleri



Şekil 4.15 Fitik asit grubu örneklerinin makaslama testi sonrası SEM görüntüleri

Fosforik asit grubu makaslama testi sonrası kırılmanın gerçekleştiği alan Şekil 4.15(a)'da 80x büyütmede gösterilmektedir. Kopma yüzeyinde zirkonya ve rezin simanın birbirinden tamamen ayrıldığı adeziv tip kırılma gözlemlenmektedir ve organik artık kalıntıları görülmektedir. Kopma yüzeyinde rezin siman ve zirkonyanın birlikte bulunduğu bir sınırından 1000x (Şekil 4.15(b)) ve 4000x (Şekil 4.15(c)) büyütme ile alınan görüntüsü incelenmektedir.

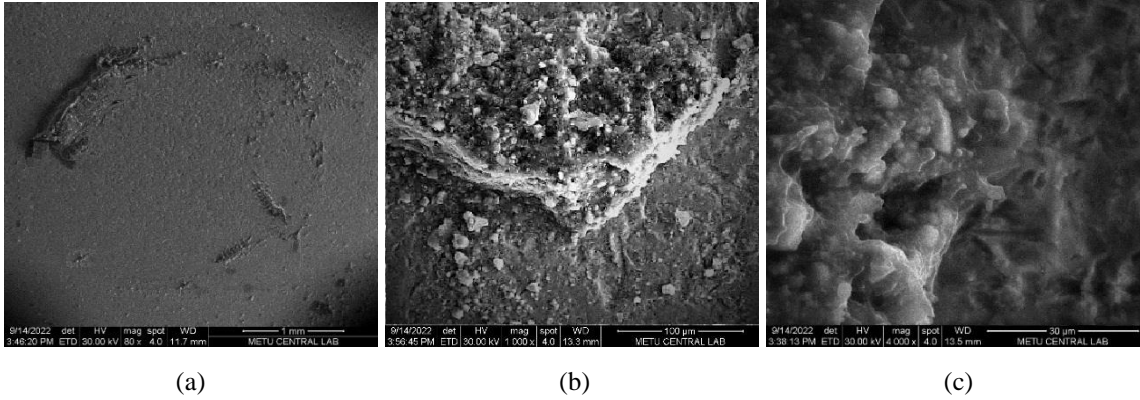
### 4.3.7. Hava-Su Spreyi Grubu SEM Görüntüleri



Şekil 4.16 Hava-su spreyi grubu örneklerinin makaslama testi sonrası SEM görüntüleri

Hava-su spreyi grubu makaslama testi sonrası kırılmanın gerçekleştiği alan Şekil 4.16(a)'da 80x büyütmede gösterilmektedir. Kopma yüzeyinde zirkonya ve resin simanın birbirinden tamamen ayrıldığı adeziv tip kırılma gözlemlenmektedir ve Şekil 4.16(b)'de bağlantı sınırında organik artıkları görülmektedir.

### 4.3.8. Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> Grubu SEM Görüntüleri



Şekil 4.17 Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> grubu örneklerinin makaslama testi sonrası SEM görüntüleri

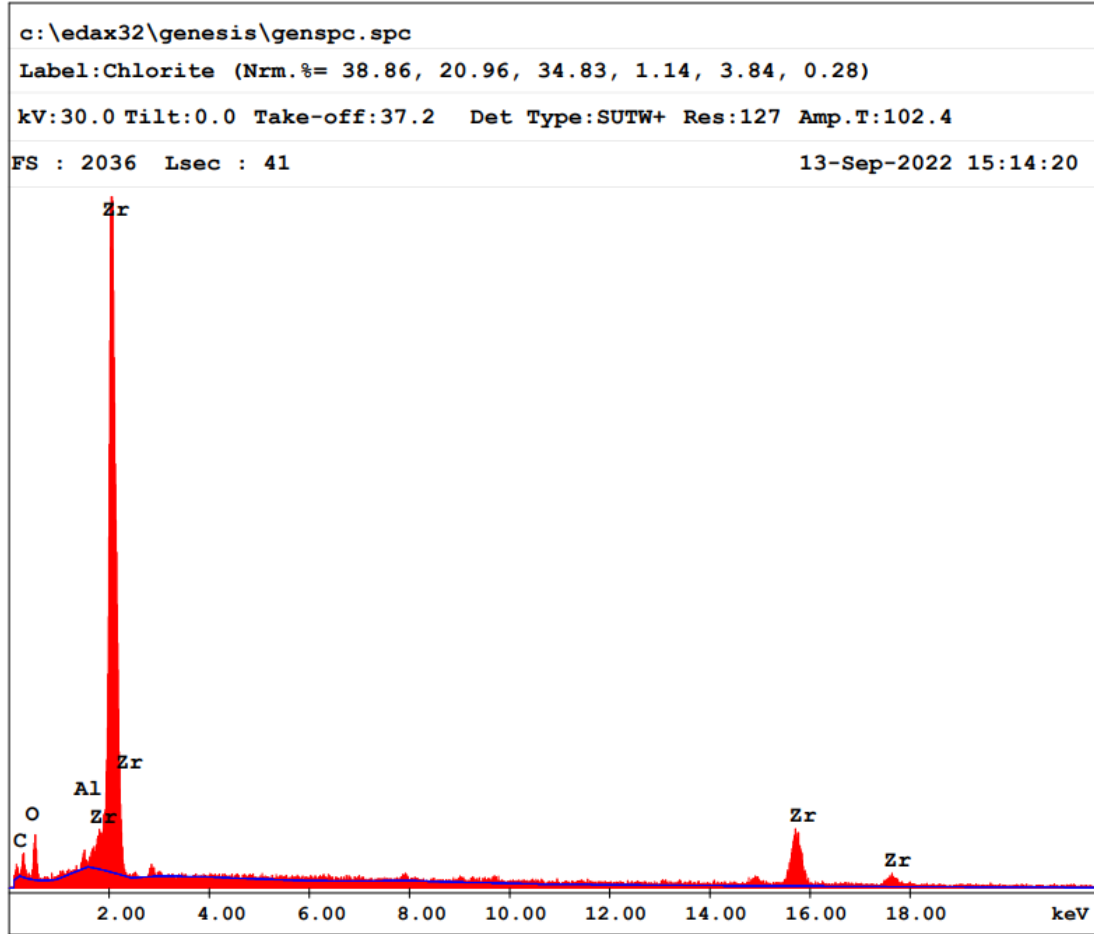
Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> grubu makaslama testi sonrası kırılmanın gerçekleştiği alan Şekil 4.17(a)'da 80x büyütmede gösterilmektedir. Kopma yüzeyinde zirkonya ve resin siman kalıntısının bulunduğu karma tip kırılma örneği görülmektedir. Kopma yüzeyinde resin siman ve

zirkonyanın birlikte bulunduğu bir sınırdan 1000x (Şekil 4.17(b)) ve 4000x (Şekil 4.17(c)) büyütme ile alınan görüntüsü incelenmektedir.



#### 4.4. EDS Analizi

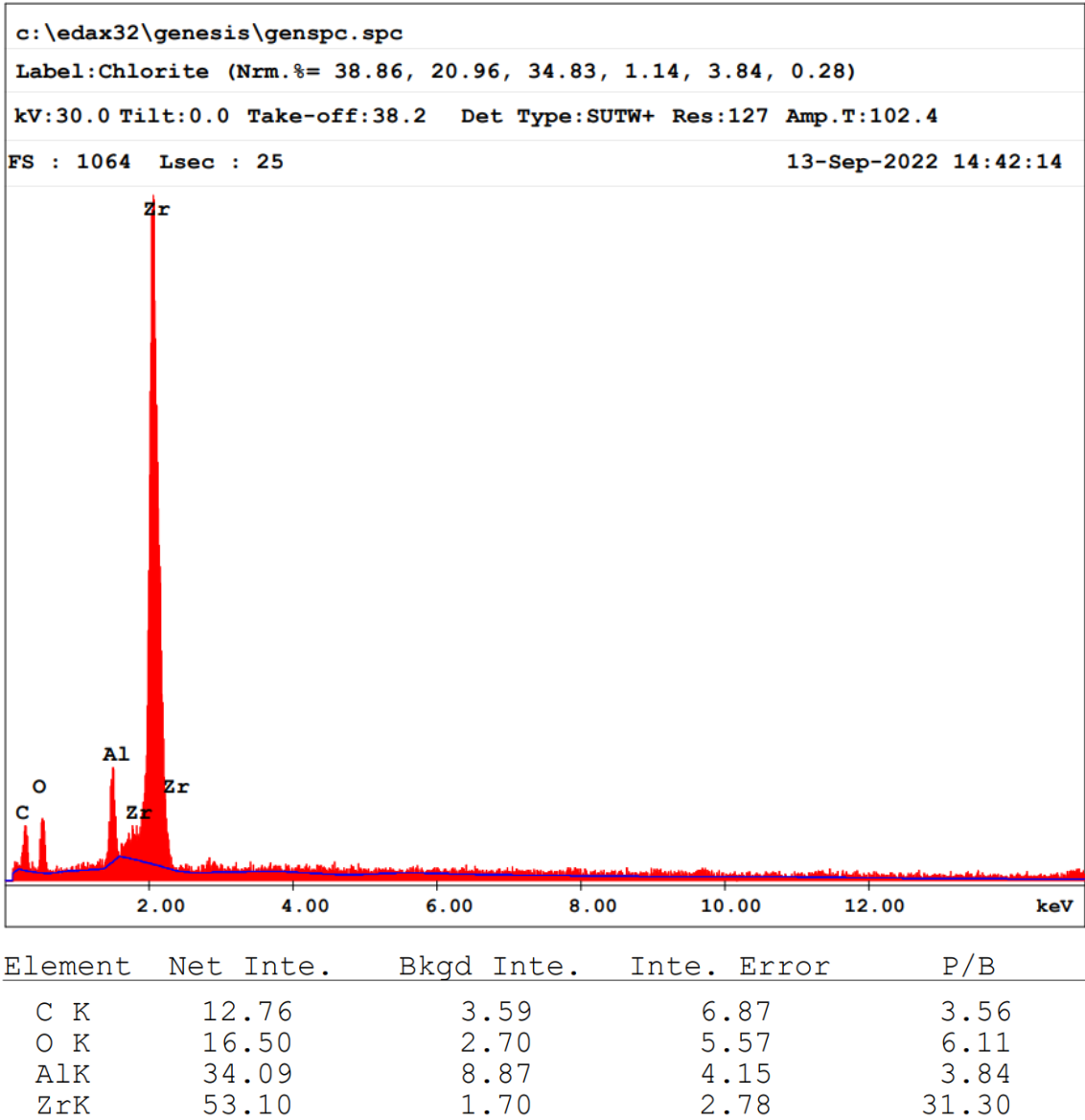
##### 4.4.1. Kontrol Grubu EDS Analizi



Şekil 4.18 Kontrol grubu EDS analizi sonuçları

EDS analizi sonuçlarına göre karbon atomunun oranı en az olan grup kontrol grubu olarak gözlemlendi. Kontrol grubunda tükürük kontaminasyonu yapılmamış olmasına rağmen, SEM ve EDS analizi için örneğin hazırlanma sürecinde kontamine olması sebebiyle minimum karbon atomlarının gözlemlendiği düşünülmektedir.

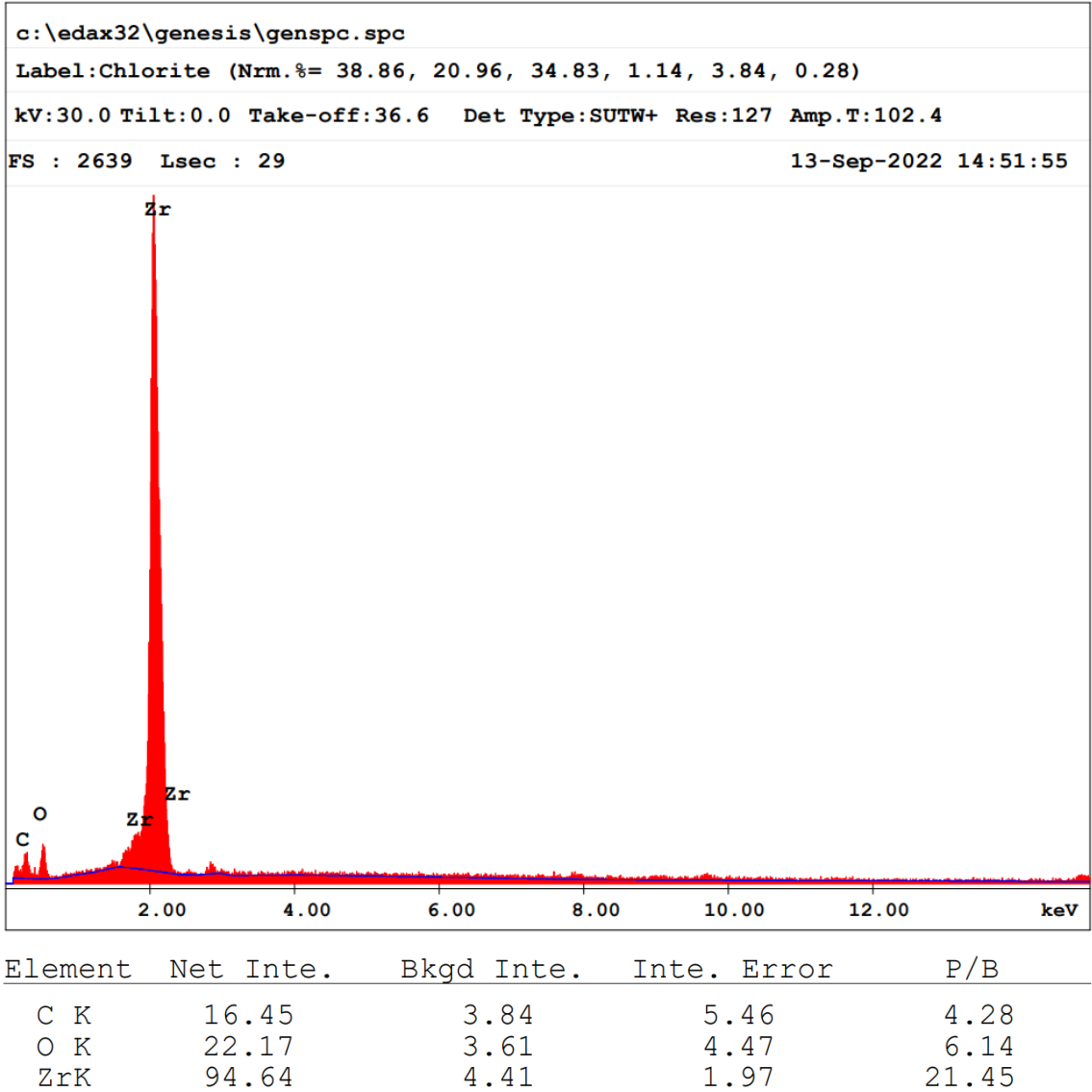
#### 4.4.2. MDP Grubu EDS Analizleri



Şekil 4.19 MDP grubu EDS analizi sonuçları

MDP grubu karbon atomlarının oranı kontrol grubundan sonra en az olarak gözlemlenen gruptur. MDP grubundan elde edilen sonuçlar doğrultusunda organik artıkları temizlemede etkin olduğu görülmektedir. Bu sonuçlar MDP grubunun kırılma testi sonuçları ile uyumludur.

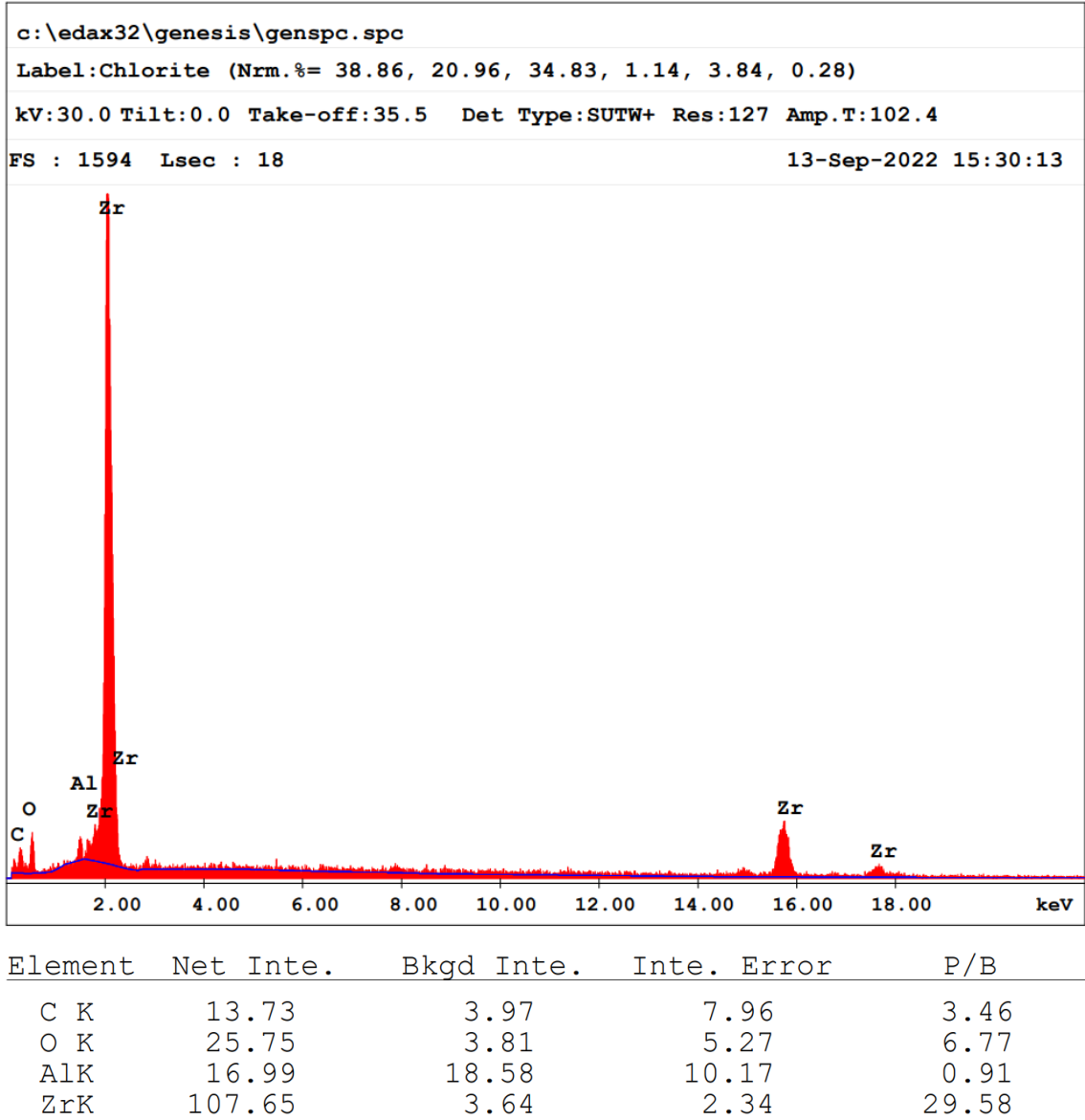
#### 4.4.3. Ivoclean Grubu EDS Analizleri



Şekil 4.20 Ivoclean grubu EDS analizi sonuçları

Ivoclean grubu karbon atomlarının oranı en az olarak gözlemlenen gruplardan biridir. Ivoclean grubundan elde edilen sonuçlar doğrultusunda organik artıkları temizlemede etkin olduğu görülmektedir. Bu sonuçlar Ivoclean grubunun kırılma testi sonuçları ile uyumludur.

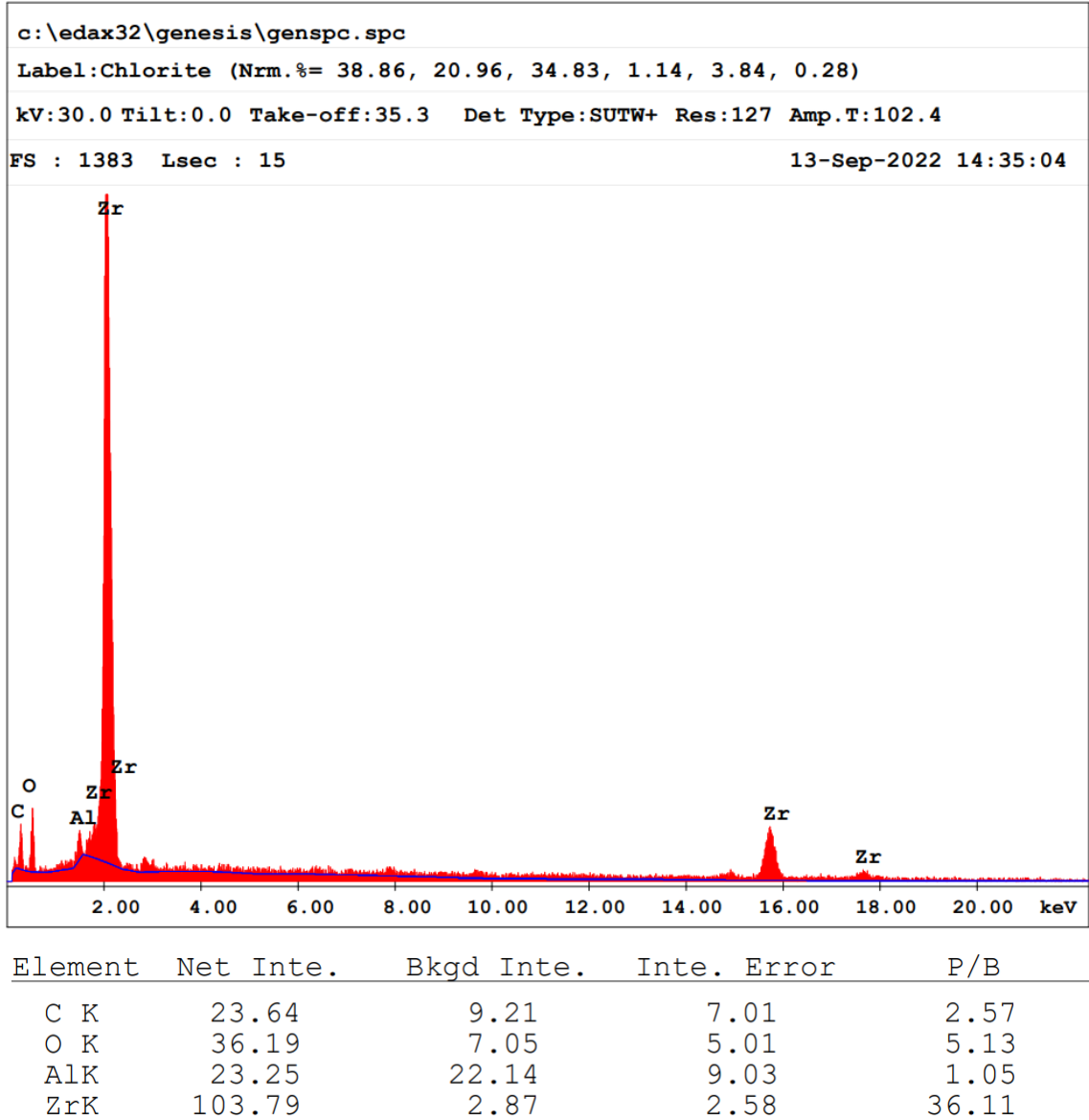
#### 4.4.4. NaOCI Grubu EDS Analizleri



Şekil 4.21 NaOCI grubu EDS analizi sonuçları

NaOCI grubu karbon atomlarının oranı MDP grubundan sonra en az olarak gözlemlenen gruptur. Elde edilen sonuçlar doğrultusunda organik artıkları başarılı şekilde temizlediği gözlemlendi. EDS analizi sonuçlarında karbon içeren kontaminasyonları temizleme başarısı MDP grubuna çok yakın olmasına rağmen kırma testi sonuçlarında MDP grubu kadar başarılı olmadığı görülmektedir.

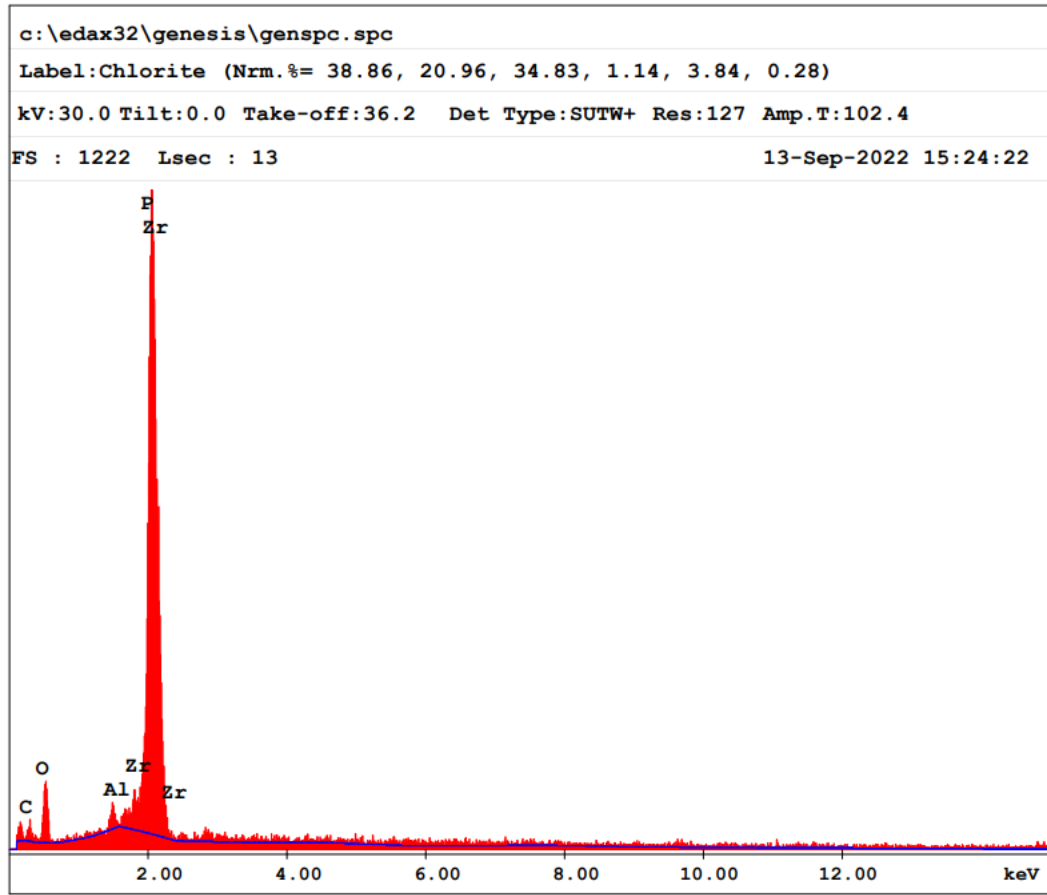
#### 4.4.5. Fitik Asit Grubu EDS Analizleri



Şekil 4.22 Fitik asit grubu EDS analizi sonuçları

Fitik asit grubu EDS analizi sonuçlarına göre fitik asidin içerisinde bulunan oksijen diğer gruplara göre daha fazla miktarda gözlemlendi. Kırılma testi sonuçlarına uyumlu olarak kontaminasyonu temizlemede başarısız olduğu ve karbon kalıntılarının beklendiği gibi fazla olduğu görüldü.

#### 4.4.6. Fosforik Asit Grubu EDS Analizleri

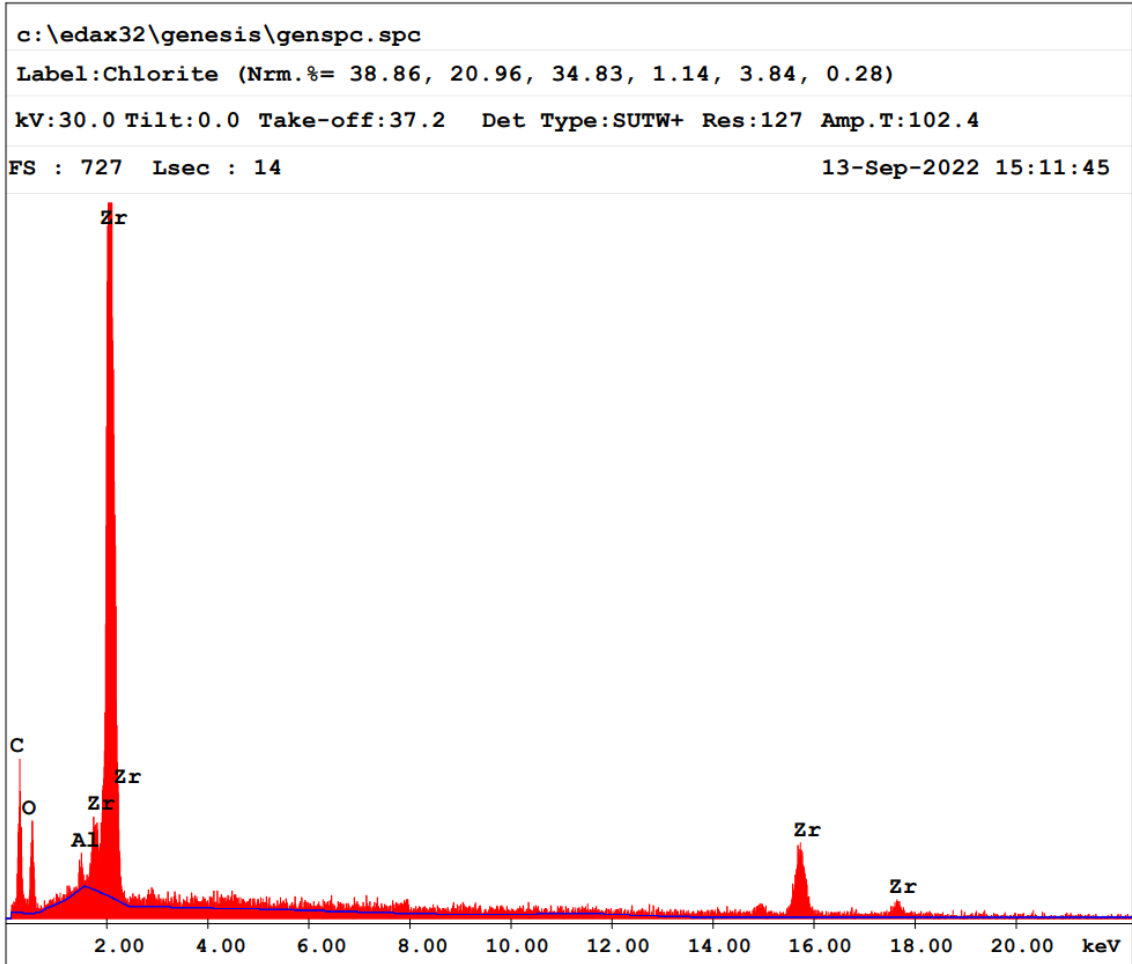


Element	Net Inte.	Bkgd Inte.	Inte. Error	P/B
C K	9.66	7.07	13.93	1.37
O K	42.45	5.93	4.79	7.15
AlK	17.80	23.43	12.46	0.76
P K	66.16	20.31	4.31	3.26
ZrK	52.79	1.67	3.91	31.55

Şekil 4.23 Fosforik asit grubu EDS analizi sonuçları

Fosforik asit grubu EDS analizi sonuçlarına göre beklendiği gibi örnek yüzeyindeki fosforun ve fosforik asidin içerisinde bulunan oksijenin diğer gruplara göre daha fazla olduğu gözlemlendi. Ancak kırılma testi sonuçlarına uyumsuz olarak karbon kalıntısının beklenenden az olduğu görüldü. Bunun sebebinin fosforik asidin kontaminasyonu temizlemede başarılı olmasına rağmen fosforik asit kalıntılarının bağlantı dayanıklılığını azaltması olduğu düşünülmektedir.

#### 4.4.7. Hava-su Spreyi Grubu EDS Analizleri

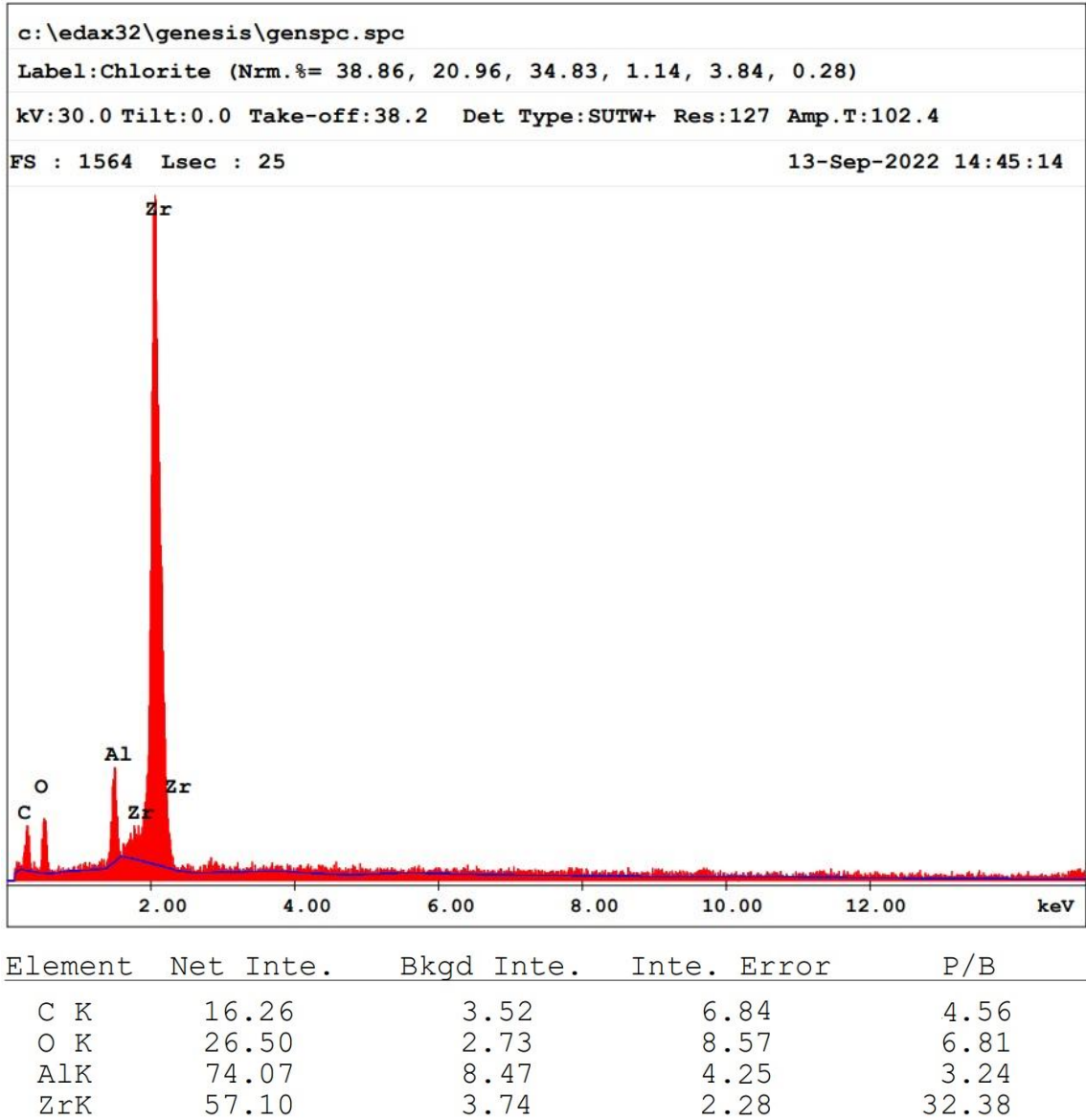


Element	Net Inte.	Bkgd Inte.	Inte. Error	P/B
C K	44.22	2.47	4.15	17.89
O K	30.28	2.06	5.08	14.70
AlK	11.60	16.68	15.14	0.70
ZrK	75.32	1.51	3.08	49.86

Şekil 4.24 Hava-su grubu EDS analizi sonuçları

EDS analizi sonuçlarına göre karbon atomunun oranı en fazla olan grup Hava-su spreyi grubu olarak gözlemlendi. Hava-su spreyi grubunda tükürük kontaminasyonu sonrası temizleme işlemi yalnızca hava-su spreyi ile gerçekleştirildiği için organik artıkları temizlemede etkin olmadığı görülmektedir. Bu sonuçlar hava-su spreyi grubunun kırılma testi sonuçları ile uyumludur.

#### 4.4.8. Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> Grubu EDS Analizleri



Şekil 4.25 Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> grubu EDS analizi sonuçları

Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> grubu karbon atomlarının oranı en az olarak gözlemlenen gruplardan biridir. Beklendiği gibi alüminyum elementinin en fazla gözlemlendiği gruptur. Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> grubundan elde edilen sonuçlar doğrultusunda organik artıkları temizlemede etkin olduğu görülmektedir. Bu sonuçlar Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> grubunun kırılma testi sonuçları ile uyumludur.



## 5. TARTIŞMA

Çalışmanın sıfır hipotezi; tükürük ile kontamine zirkonya yüzeylerine uygulanan kimyasal temizleme ajanları aynı arındırma etkisine sahiptir ve tükürük temizleme işlemi yapılan gruplar ile kontamine olmamış grup arasında makaslama bağlantı dayanıklılığı değerleri arasında fark yoktur. Temizleme ajanları uygulanan grupların bir kısmında birbirine benzer değerler elde edilse de hiçbir grupta aynı değerlerin elde edilmemiş olması ve kontamine olmamış grupta daha yüksek değerler elde edilmesi nedeniyle çalışmanın sıfır hipotezi reddedilmiştir.

İtriyum ile stabilize edilmiş zirkonyanın (Y-TZP), üstün fiziksel özellikleri, biyouyumluluğu, yüksek kırılma direnci, düşük kalınlıklarda üretilebilir olması ve minimal koruyucu diş preparasyonuna izin vermesi gibi avantajları sonucunda; Y-TZP son yıllarda sıklıkla tercih edilen bir materyal haline gelmiştir (1, 3, 36).

CAD-CAM teknolojisi ile üretim kolaylaşması ve zirkonyanın kimyasal içeriğindeki değişiklikler ile estetik özelliklerinin artırılması, zirkonyanın anterior bölgelerde de monoblok kullanımına olanak sağlamıştır (5, 156). Bu nedenle çalışmamızda yüksek translüsens zirkonya seramik örneği olan Zolid HT+ (Straumann - Amann Girrbach AG) blokları kullanılmıştır.

Seramik restorasyonlarının karakteristik fiziksel özellikleri ve doğasında bulunan kırılma direnci, klinik başarıları için doğru endikasyon kullanımını, marjinal uyumun iyi olmasını ve diş-rezin-zirkonya arasında dayanıklı bağlantı sağlanmasını kritik hale getirir (157).

Adeziv simantasyonun başarısı nem ve kontaminasyon varlığında belirgin derecede azalmaktadır (10, 11, 158). Provalar sırasında restorasyonun kan veya tükürük ile kontaminasyonunu engellemek zor olmaktadır (15, 125). Bu nedenle, daha önce yapılan çalışmalarda kontaminasyonun giderilmesi ve güçlü rezin bağlantısının sağlanması için çeşitli yöntemler araştırılmıştır (159).

Zirkonyalarda adeziv simantasyon prosedürü daha iyi estetik özellikler ve marjinal uyum elde edilmesini sağlarken aynı zamanda konservatif preparasyona izin vermektedir.

Bu nedenle çalışmamızda MDP içerikli self-adeziv rezin siman Panavia SA cement plus (kuraray, Japonya) kullanılarak adeziv simantasyon yapılmıştır.

Çalışmamızda örneklerin kontaminasyonunda, klinik durumun daha iyi yansıtılabilmesi için doğal tükürük kullanılmıştır. Kontaminasyon sonrası uygulanan temizleme yöntemleri, dayanıklı bağlantı sağlanabilmesi için kritik önem taşımaktadır. Kontaminasyon temizliği için mekanik ve kimyasal yöntemler kullanılabilir. Dayanıklı bağlantı sağlanması için mikrotutuculuk elde edilmesi önem taşımaktadır. Konvansiyonel silika bazlı seramiklerde mikrotutuculuğu sağlayan HF aside karşı zirkonyalar direnç göstermektedir (51, 160). Bu yüzden zirkonyalarda mikromekanik tutuculuk için önerilen esas yöntem alümina kuşlamadır (161, 162).

Yang ve ark.'nın 2008 yılında yapılan çalışması ile hava-su spreyi, %70 isopropanol, %37'lik fosforik asit ve tekrar kuşlama işleminin zirkonya kontaminant temizleme etkinliği incelenmiş ve çalışma sonucunda tekrar kuşlama işleminin incelenen gruplar arasında en etkili temizleme yöntemi olduğu bildirilmiştir. İshii ve ark.'nın 2015 yılında yapılan çalışmasında hava-su spreyi, %37'lik fosforik asit jeli, Ivoclean solüsyonu ve tekrar kuşlama işlemi zirkonyalarda kontaminasyon temizliği için kullanılmış ve çalışma sonucunda kontrol grubunda, Ivoclean grubunda, tekrar kuşlama grubunda diğer gruplara kıyasla anlamlı ölçüde yüksek bağlantı dayanıklılığı elde edilirken bu 3 grup arasında anlamlı fark bulunmamıştır (163).

Silva ve ark. 2022 yılında yayımlanan meta-analiz çalışmasında 804 potansiyel çalışma incelenip 36 tanesi seçildikten sonra termal yaşlandırma prosedürü kullanılmayan, sadece tükürük ile kontaminasyonu incelemeyen ve zirkonya örneklerinin kontamine edilmediği çalışmalar ile meta-analizde incelenen temizleme yöntemlerine uygun görülmeyen yöntemlerin kullanıldığı çalışmalar çıkartıldıktan sonra toplam 11 çalışma incelenmiş ve meta-analizinde sonucunda  $Al_2O_3$  kuşlama yönteminin zirkonya yüzeyinden kontaminant temizlenmesinde en etkili yöntem olarak bildirilirken; temizleme solüsyonları, plazma yöntemi ve NaOCI kullanılmasıyla memnun edici sonuçlar elde edildiğini bildirmiştir. Bununla birlikte fosforik asit ve alkol ile temizlemenin kontaminat temizlemede efektif olmadığı gerekçesiyle kullanımı önerilmemiştir (164).

Zirkonyaların kontaminasyon sonrası alüminyum oksit parçacıkları ile tekrar kumlanması en güncel kabul gören mekanik temizleme yöntemidir fakat tekrar kumlama yöntemi materyalde kayıplara ve hasarlara sebep olabilmektedir bu neden bu işlemin tekrarlanması bağlantı dayanıklılığını artırsa da materyal kalınlığının limitli olduğu durumlarda materyalin dayanıklılığını azaltabilmektedir.

Zirkonyalarda uzun ömürlü dayanıklı bağlantı sağlanması için kumlama yöntemi ile MDP içerikli primer ve rezin simanların birlikte kullanılması önerilmektedir. Konuyla ilgili 2017 yılında Khan Aftab ve ark. yaptığı derlemeyle kumlama işleminin kompozit rezin-zirkonya bağlantısının artırılması için gerekli bir adım olduğu sonucuna ulaşmıştır. Bununla birlikte pürüzlendirme işleminin zirkonyalarda tetragonal fazdan monoklinik faza geçişi tetiklediğini ve gerilim streslerini artırdığı bildirilmektedir. Artan gerilim ve faz geçişi klinikte başarısızlıkla sonuçlanabilmektedir (87, 165-167) (86, 168).

Çalışmamızda kullanılan kimyasal temizleme yöntemleri; %1'lik deneysel fitik asit solüsyonu, Ivoclean temizleme pastası, MDP primerinin kontaminasyon öncesi uygulanması, %37'lik fosforik asit jeli, %5.25lik NaOCI solüsyonu kullanılmasıdır. Bunlara ek olarak hava su spreyi grubu ve kontrol grubu bulunmaktadır. Literatürde MDP primeri kontaminasyon öncesi uygulanarak kontaminasyon miktarını ve kontaminasyonun etkisini azalttığı için temizleme yöntemi sınıfında incelenebilmektedir.

2016 yılında Angkasith ve ark.'nın zirkonyalarda tükürük kontaminasyonu sonrası temizleme yöntemlerinin başarısını incelediği bir çalışmada, örnek yüzeyleri taze tükürük örneğiyle ince bir tabaka şeklinde kaplanmıştır ve 3 dakika boyunca kontaminasyon için bekletilmiştir. Kontamine örneklerin temizlenmesi için hava-su spreyi, %37'lik fosforik asit jeli, Ivoclean solüsyonu ve tükürük kontaminasyonu öncesi MDP primeri uygulaması kullanılmıştır. Çalışma sonucunda Ivoclean ve tükürük öncesi MDP uygulanan gruplarda bağlantı dayanıklılığı değerleri kullanılan diğer temizleme solüsyonlarına göre daha başarılı bulunmuştur ve kontaminasyon öncesi MDP uygulanması, Ivoclean solüsyonu kullanılması ve kumlama işleminin tekrarı önerilmiştir. Çalışmamızda Angkasith ve ark. gibi zirkonya örnekler taze tükürük örneği ince bir tabaka şeklinde kaplanmış ve 3 dakika beklenmiştir (120). Çalışmamızda bu öneriler doğrultusunda Ivoclean, tekrar kumlama ve kontaminasyon öncesi MDP uygulaması yapılan gruplar oluşturulmuştur.

Kim ve ark.'nın 2015 yılında yaptıkları çalışma ile temizleme yöntemlerinin bağlantı dayanıklılığına etkisi incelenmiştir. Çalışmada kullanılan zirkonya örneklerinin hepsine kumlama işlemi ve ultrasonik temizleme prosedürü uygulandıktan sonra örnekler 7 farklı gruba ayrılmıştır. Kontrol grubu haricindeki gruplar 1 dakika boyunca doğal tükürükte bekletildikten sonra hava-su spreyi ile yıkanmıştır. Kontrol, hava-su spreyi, tekrar kumlama, Ivoclean solüsyonu, ağırlıkça %1'lik sodyum dodesil sülfat, ağırlıkça %1'lik H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> ve ağırlıkça %1'lik NaOCI grupları oluşturulup bu grupların bağlantı yüzeyleri ve alanları standardize edilmiştir, MDP monomeri içeren bir rezin siman (Panavia F 2.0 kuraray) kullanılarak 5000 devirlik termal siklus uygulaması sonrası 1.0 mm/dk kuvvet uygulamasıyla makaslama testi yapılmıştır. Çalışmanın sonucunda kontaminasyonun temizlenmesinde tekrar kumlama işlemi, Ivoclean çözeltisi ve %1'lik NaOCI çözeltisi kullanılmasıyla iyi bağlantı değerleri elde edildiği belirtilmiş ve kumlama prosedürüne göre solüsyonların kullanılmasının daha basit uygulama prosedürüyle güçlü etkinliğe sahip olduğu söylenmiştir (169).

Çalışmamızda Kim ve ark.'nın çalışmasında olduğu gibi bağlantı yüzeyleri tüm örneklere aynı prosedürler aynı cihazlarla uygulanarak ve bağlantı alanı ise kullanılan kit yardımıyla standardize edilmiştir. Aynı zamanda çalışmamızda 5000 devir termal siklus uygulaması ve 1.0 mm/dk kuvvet uygulamasıyla makaslama testi yapılmış ve çalışmamızda kontrol, hava-su spreyi, kontaminasyon öncesi MDP içeren primer uygulaması, Ivoclean temizleme pastası, %5.25'lik NaOCI çözeltisi, %1'lik fitik asit çözeltisi, %37'lik fosforik asit jeli ve tekrar kumlama grupları oluşturulmuştur.

Attia ve ark.'nın 2020 yılında translüsens zirkonyalarda tükürük temizleme yöntemleri ile ilgili yapılan çalışmasında hazırlanan translüsens zirkonya örnekler 10 dk boyunca doğal tükürükte bekletildikten sonra, her grupta 20 örnek olacak şekilde 4 grup oluşturulmuştur; %70 isopropanol, zirclean, %5.25'lik NaOCI solüsyonu ve temizleme işlemi uygulanmayan grup. Gruplarda Rely X Unicem self adeziv siman kullanılarak stardant prosedür uygulanması ardından her gruptaki örneklerin yarısına 5000 devirlik termal yaşlandırma işlemi yapılmıştır. Çalışmanın sonucunda yaşlandırma öncesi %70 isopropanol, Zirclean ve %5.25'lik NaOCI çözeltisi arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunmamakla birlikte isopropanol çözeltisiyle temizlenen örneklerden daha

düşük bağlantı değerleri elde edilmiştir. Yaşlandırma sonrası en yüksek bağlantı değerleri zirclean grubunu takiben NaOCI grubunda elde edilmiştir fakat sadece zirclean grubundaki düşüş anlamlı bulunmamıştır, diğer gruplarda anlamlı düşüş bildirilmiştir. Ek olarak çalışmalarında NaOCI'nin tükürük fosfatlarını uzaklaştırma özelliğinden dolayı %5.25'lik NaOCI solüsyonu kullandıklarını ve aşırı düzeyde NaOCI kullanımının rezin polimerizasyonunu bozan oksijen oluşumuna neden olduğunu bildirmiştir. Bu bilgiler literatürde birkaç çalışma ile destelenmektedir (170, 171). Bu nedenle çalışmamızda NaOCI konsantrasyonu sınırını %5.25 olarak belirlenmiştir (172).

Akın Aladağ ve ark.'nın çalışmaları sonucunda %0.5'lik NaOCI ve Ivoclean temizleme pastasının farklı seramik tiplerinde farklı etki gösterdiği belirtilmiştir. Bu iki yöntem zirkonyalarda kullandığında yüksek bağlantı değerleri elde edilmiş ve klinik kullanım için önerilmiştir. Lösit cam seramiklerde ise bağlantı dayanıklılığı değerlerini azaltması nedeniyle önerilmemiştir (173).

Literatürde fosforik asidin kontaminasyonu temizlemek için kullanıldığı çalışmalar bulunmaktadır. Fakat fosforik asidin bağlantı dayanıklılığını azaltan fosfor kalıntısı bıraktığı ileri sürülmektedir (120, 158). Çalışmamızda fosforik asit grubunun EDS analizi sonuçlarında da fosfor kalıntıları görülmüştür.

Fosforik asidin kullanıldığı bazı çalışmalarda elde edilen bağlantı dayanıklılığı değerleri kontrol gruplarına göre anlamlı derecede düşük bulunmuştur. Çalışmamızda fosforik asidin bağlantı değerleri üzerine etkisi, bu etkinin tükürük temizleme üzerindeki etkisi kaynaklı mı yoksa öne sürülen fosfor kalıntısının bağlantı değerleri üzerindeki etkisi kaynaklı mı olduğu değerlendirilmek istenmiştir.

Fetiosa ve ark.'nın çalışmasında 108 tane zirkonya örneği çalışmamızda yaptığımız gibi 50 mikrometre alümina ile kumlandıktan sonra kontrol grubu hariç diğer gruplar 1 dakika boyunca tükürüğe daldırılmıştır. Daha sonra örnekler su ile yıkama, %37'lik fosforik asit jel, %70lik isopropanol ve Ivoclean temizleme pastası ile temizlenmiştir. Çalışma sonucunda kontrol grubuyla kıyaslandığında Ivoclean kullanımı önerilmiştir (174).

Fucong Tian ve arkadaşları 2022 yılında yaptıkları yeni bir çalışma ile zirkonya örneklerinin kan veya tükürük kontaminasyonu sonrası kimyasal temizleme yöntemleri

ile temizlenmesinin bağlantı dayanıklılığı üzerindeki etkisi incelenmiştir. Çalışmada temizleme yöntemleri olarak hava-su spreyi, %37 fosforik asit jeli, %5.25'lik NaOCI, Zirclean, Ivoclean ve Katana temizleme solüsyonları kullanılmıştır. Hava-su spreyi uygulamasının zirkonya yüzeyindeki kontaminantları büyük oranda temizlendiği bildirilmesine karşın kontrol grubuna kıyasla bağlantı değerlerinin anlamlı derecede düşük olduğu bildirilmiştir. Çalışma sonucunda bağlantı değerleri hava su grubunda en düşük, daha sonra %37'lik fosforik asit grubu ve %5.25'lik NaOCI grubu olarak belirtilmiştir. %5.25'lik NaOCI grubu ile elde edilen değerler %37'lik fosforik asit ve hava-su spreyi grubundan yüksek olsa da çalışma sonucunda %5.25'lik NaOCI solüsyonu önerilmemiştir. ZirClean, katana, Ivoclean gruplarında ise kontrol grubu kadar bağlantı değerleri sağlandığı ve kontaminantlar etkin şekilde temizlendiği için önermektedir (175).

Çalışmamızda ise %5.25lik NaOCI solüsyonuyla Ivoclean grubu, kontaminasyon öncesi MDP uygulanan grup, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> grubu ve kontrol grubu arasında anlamlı fark bulunmamıştır.

Yoshida ve ark. 2018 yılında yayımlanan çalışmalarında tükürük ile kontamine olmuş örneklerde farklı temizleme yöntemleri ve 2 farklı rezin siman kullanılarak zirkonya örneklerin bağlantı dayanıklılığı değerlendirilmiştir. Temizleme yöntemleri olarak hava-su spreyi, %37'lik fosforik asit, Ivoclean, ADG jel ve tekrar kumlama yöntemi kullanılmıştır. Sodyum hipoklorit (NaOCI) dentinde deproteinize edici bir solüsyon olarak kullanılmaktadır ve magnezyum, karbonat iyonlarının yanı sıra organik materyali de uzaklaştırabilen bir proteolitik solüsyondur. Çalışma sonucunda tükürük kontaminasyonu ADG jel kullanılan ve tekrar kumlama işlemi yapılan gruplar hariç diğer tüm gruplarda 2 rezin siman tipinde de bağlantı değerlerini düşürmüştür. 2 rezin siman tipi içinde en yüksek değerler ADG jel, Ivoclean, tekrar kumlama gruplarında elde edilmiş ve kontrol grubuna benzer sonuçlar elde edilmiş. En düşük değerler ise hava-su spreyi ile elde edilmiş (176).

ADG jel %10-15 NaOCI ve alümina içeriğinden oluşan Kuraray markasının bir temizleme jelidir. Çalışmamızda ADG jelinin etkinliğinin içerisindeki NaOCI'den kaynaklı olabileceği düşünülmüş ve NaOCI grubu yapılmıştır.

Wolfart ve ark. zirkonya örneklerinin bağlantı dayanıklılığında MDP etkisini değerlendirmek için 2007 yılında yaptıkları çalışmada, zirkonya örneklerini 6 ana gruba ve bu 6 ana grubu yaşlandırma işlemene göre de 2'şer alt gruba ayırmıştır. İlk grupta heliobond-variolink II uygulaması, ikinci grupta 15 saniye sodyum hidrokarbonat solüsyonuyla hava su spreyi uygulaması, üçüncü grupta 50 mikron alümina kumlama sonrası heliobond ve variolink II uygulaması yapılmıştır. Diğer kalan 3 grupta ise heliobond uygulaması yapılmamış ve MDP içerikli Panavia F siman kullanılarak 3 prosedür tekrar edilmiştir. Çalışmanın sonucunda alümina ile kumlanan ve MDP içerikli Panavia F siman kullanılan grupta yaşlandırma öncesi ve sonrasında da en yüksek değerler elde edilmiştir ve dayanıklı zirkonya-rezin bağlantısı sağlanabilmesi için hem alümina kumlama yapılması hem de MDP içerikli rezin siman kullanılması önerilmiştir (89).

Literatürde MDP monomeri içeren rezin simanların, zirkonya yüzeyindeki hidroksil grupları ve MDP molekülünün fosfat ester grupları arasında oluşan reaksiyon sonucu bağlantı dayanıklılığını artıracığı bildirilmektedir (177, 178).

Shokry ve arkadaşları 2022 yılında yaptıkları çalışmada farklı rezin siman sistemleri ve farklı primer sistemlerinin zirkonya dayanıklılığına etkisinin araştırılması için 30 tane çekilmiş molar dişten düz okluzal yüzeye sahip prepare diş formunda örnekler, primer ve rezin siman kullanılarak zirkonya kronlara simante edilmiştir. Zirkonya restorasyonların iç yüzeyleri 50 mikron 2.5 bar basınca alümina ile kumlanmıştır. Çalışma için hazırlanan örnekler 3 farklı araştırma grubuna; grup M: Multilink speed/monobond N, grup P: Panavia V5/ Clearfil ceramic primer plus, grup D: Duo-link universal/ Z prime plus ayrılmıştır. Tüm örneklere 10.000 devir termal siklus uygulanmıştır. Çalışma sonucunda D grubu en düşük dayanıklılık değerleri sergilemiş ve M, P grupları ile anlamlı farklılık sergilemiştir. M ve P grupları daha yüksek değerler sergilemiş ve aralarında anlamlı bir fark bulunmamıştır. Çalışmanın bulguları MDP içeren primer ve alümina kumlama yönteminin birlikte kullanıldığı zaman zirkonya ve rezin siman arasındaki fizikokimyasal etkileşimi artırdığı bildiren diğer çalışmalar ile uyumlu bulunmuştur (8, 179-183).

Nassar ve ark. %1'lik fitik asidin bağlantı dayanıklılığına, smear tabakasına ve pulpa hücrelerine etkisinin incelendiği in vitro çalışmada çekilmiş dişlerden hazırlanan

dentin kesiti örneklerinde %37'lik fosforik asit grubu kontrol grubu olarak belirlenmiş ve %1'lik fitik asit grubu sonuçları ile karşılaştırılmış. Fitik asit grupları 15 sn, 30 sn ve 60 sn asitleme süresine göre 3 ayrı grup olarak değerlendirilirken fosforik asit 15 sn uygulanmıştır. Daha sonra dentin yüzeylerine bond uygulaması ardından rezin kompozit simante edilmiştir; çalışma sonucunda fitik asit uygulanan tüm gruplarda bağlantı dayanıklılığı kontrol grubuna göre anlamlı derecede yüksek bulunmuştur (184).

Çalışmamızda fitik asidin organik artıkları temizleme özelliğinden yararlanılarak zirkonya ve rezin siman arasında bağlantı dayanıklılığını artırabileceği düşünülmüş ve %1'lik fitik asit grubu oluşturulmuştur, fakat elde edilen sonuçlar istatistiksel olarak anlamlı bulunmamıştır.

Muana ve ark.'larının fitik asit ve EDTA'nın mikrosertliği ve kimyasal sertleşen rezin simanlara bağlantı dayanıklılığı ile ilgili çalışmada dentin örnekleri 5 gruba ayrılmıştır; 1.grup kontrol grubu olarak belirlenmiş ve herhangi bir işlem uygulanmamıştır; 2.grupta %1'lik fitik asit solüsyonu ultrasonik temizleme ile birlikte kullanılıp 3.grupta ise yine %1'lik fitik asit solüsyonu kullanılmış fakat ultrasonik temizleme yapılmamıştır. 4.grupta %18'lik EDTA ve ultrasonik sonik temizleme kullanılmış, 5.grupta yine %18'lik EDTA kullanılmış fakat ultrasonik temizleme kullanılmamıştır. Daha sonra hazırlanan örnekler üzerine 1 mm kalınlığında G-CEM LinkAce veya RelyX Unicem 2 rezin siman uygulanmıştır. Çalışma sonucunda kullanılan ajanların hiçbirinin G-CEM LinkAce rezin simanın çekme (tensile) bağlantı dayanıklılığı üzerinde anlamlı etkisi olmamıştır fakat Rely X rezin simanda ultrasonik temizleme ile birlikte fitik asit uygulanan grupta kontrol ve EDTA grubuna göre anlamlı derecede yüksek bağlantı değerleri elde edilmiştir (185).

Kong ve ark. 2016 yılında yapılan çalışmasında dentin örneklerinde %35 fosforik asit, 0.5 M EDTA ve %1 fitik asidin dentin ile ışık ile sertleşen 3 mm kalınlığındaki rezin simanın bağlantı dayanıklılığını değerlendirmiş ve çalışmanın sonucunda fosforik asit ve EDTA grubunun fitik asite kıyasla anlamlı derece düşük tensile bağlantı dayanıklılığı gösterdiğini bildirmiştir (186).

Çalışmamızda ulaşılan sonuçlar tükürük öncesi MDP uygulamasının, %5.25'lik NaOCI solüsyonun, Ivoclean pastasının ve tekrar kumlama işleminin tükürük



kontaminasyonunu temizlemede etkili olduğu ve yüksek bağlantı değerleri elde edilmesini sağladığını göstermektedir. Aynı zamanda çalışmamız sonucunda fitik asit, fosforik asit ve hava-su spreyi ile yüksek bağlantı değerleri elde edilemediği gösterilmiştir. Çalışmamızın sonuçları literatürdeki sonuçlarla uyumludur. Fitik asit solüsyonunun da fosforik asitte olduğu gibi geriye fosfor tabakası bıraktığı, bu nedenle bağlantıyı bozduğu ve EDS analizi sonuçlarında yüksek oksijen oranı görülmesi fitik asit solüsyonunun yüksek oksijen içeriğinden kaynaklandığı düşünülmektedir. Ayrıca yüzeyden kontaminatları uzaklaştırma etkinliğinin haricinde fitik asidin yüzeye tutunup bağlantıyı bozması da ihtimaller dahilindedir. Ayrıca alışmamızda yapılan EDS analizinde fosfor sinyalleri ile zirkonya sinyalleri çakışmaktadır ve elde edilen fosfor değerleri güvenilir olmakla beraber kesin olan oranı yansıtamamaktadır.

Çalışmamız in vitro bir çalışmadır. Bu nedenle oral ortamı taklit edebilmek için doğal tükürük kullanılmıştır ve termal sıklusa maruz bırakılmıştır. Fakat bunlar tek başına yeterli olmamaktadır, çünkü oral ortamın oklüzyon, çiğneme siklusu, anatomik farklılar, tükürük yapısının hastadan hastaya değişmesi, sıcak-soğuk döngüsü gibi birçok parametrenin birleşimini içeren bir yapısı bulunmaktadır. Kullanılan rnek sayısı artırılarak gruplar arası farklılıklar daha net değerlendirebilir.

## 6. SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu çalışmanın sınırlamaları dahilinde aşağıdaki sonuçlar elde edilmiştir:

1) Tükürük, rezin siman ve yüksek translüsens zirkonya arasındaki bağlantı değerlerini azaltmaktadır.

2) %37'lik fosforik asit jeli, %1'lik fitik asit çözeltisi ve hava-su spreyi tükürük kontaminantlarını arındırmada yetersiz kalmış ve düşük makaslama bağlantı değerleri elde edilmesine sebep olmuştur.

3)Tükürük kontaminasyonu öncesi MDP primer uygulaması, tükürük kontaminasyonu sonrası Ivoclean temizleme pastası, %5.25'lik NaOCI çözeltisi kullanılması veya tekrar alümina partikülleri ile kumlanması, zirkonya ve rezin-siman arasında yüksek makaslama bağlantı değerleri elde edilmesini sağlamıştır.

4) Klinik kullanım için tükürük kontaminasyonu öncesi MDP primer uygulaması, Ivoclean temizleme pastası hem pratik olması hem de yüksek bağlantı değerleri elde edilmesi sebebiyle önerilmektedir.

## 7. KAYNAKLAR

1. Irmak Ö, Yaman BC, Orhan EO, Kılıçarslan MA, Mante FK, Ozer F. Influence of cleaning methods on bond strength to saliva contaminated zirconia. *Journal of Esthetic and Restorative Dentistry*. 2018;30(6):551-6.
2. Koko M, Takagaki T, Abdou A, Inokoshi M, Ikeda M, Wada T, et al. Effects of the ratio of silane to 10-methacryloyloxydecyl dihydrogenphosphate (MDP) in primer on bonding performance of silica-based and zirconia ceramics. *J Mech Behav Biomed Mater*. 2020;112:104026.
3. Denry I, Kelly JR. State of the art of zirconia for dental applications. *Dental materials*. 2008;24(3):299-307.
4. Blatz MB, Chiche G, Holst S, Sadan A. Influence of surface treatment and simulated aging on bond strengths of luting agents to zirconia. *Quintessence international*. 2007;38(9).
5. Blatz M, Vonderheide M, Conejo J. The effect of resin bonding on long-term success of high-strength ceramics. *Journal of dental research*. 2018;97(2):132-9.
6. Diaz-Arnold AM, Vargas MA, Haselton DR. Current status of luting agents for fixed prosthodontics. *The Journal of prosthetic dentistry*. 1999;81(2):135-41.
7. Gargari M, Gloria F, Napoli E, Pujia AM. Zirconia: cementation of prosthetic restorations. Literature review. *ORAL & implantology*. 2010;3(4):25.
8. Özcan M, Bernasconi M. Adhesion to zirconia used for dental restorations: a systematic review and meta-analysis. *Journal of Adhesive Dentistry*. 2015;17(1).
9. Lüthy H, Loeffel O, Hammerle CH. Effect of thermocycling on bond strength of luting cements to zirconia ceramic. *Dental Materials*. 2006;22(2):195-200.
10. Al-Akhali M. Influence of adhesive technique and thermomechanical fatigue on the fracture strength of minimally invasive CAD/CAM occlusal veneers: *Universitätsbibliothek Kiel*; 2019.
11. Mourshed B, Samran A, Alfagih A, Samran A, Abdulrab S, Kern M. Anterior cantilever resin-bonded fixed dental prostheses: a review of the literature. *Journal of prosthodontics*. 2018;27(3):266-75.
12. Phark JH, Duarte S, Jr., Kahn H, Blatz MB, Sadan A. Influence of contamination and cleaning on bond strength to modified zirconia. *Dent Mater*. 2009;25(12):1541-50.
13. Yang B, Lange-Jansen HC, Scharnberg M, Wolfart S, Ludwig K, Adelung R, et al. Influence of saliva contamination on zirconia ceramic bonding. *Dent Mater*. 2008;24(4):508-13.
14. Quaas AC, Yang B, Kern M. Panavia F 2.0 bonding to contaminated zirconia ceramic after different cleaning procedures. *Dent Mater*. 2007;23(4):506-12.
15. Güers P, Wille S, Strunskus T, Polonskyi O, Kern M. Durability of resin bonding to zirconia ceramic after contamination and the use of various cleaning methods. *Dental Materials*. 2019;35(10):1388-96.

16. Gautam C, Joyner J, Gautam A, Rao J, Vajtai R. Zirconia based dental ceramics: structure, mechanical properties, biocompatibility and applications. *Dalton Trans.* 2016;45(48):19194-215.
17. Stawarczyk B, Keul C, Eichberger M, Figge D, Edelhoff D, Lümke N. Three generations of zirconia: From veneered to monolithic. Part I. *Quintessence international.* 2017;48(5).
18. 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(3):227-35.
19. İŞİSAĞ Ö, ŞAHİN O, KÖROĞLU A. Diş Hekimliğinde Tam Seramik Sistemler. *Uluslararası Diş Hekimliği Bilimleri Dergisi.* 2016(1):19-25.
20. Giordano R, McLaren EA. Ceramics overview: classification by microstructure and processing methods. *Compend Contin Educ Dent.* 2010;31(9):682-4, 6, 8 passim; quiz 98, 700.
21. Kelly JR, Benetti P. Ceramic materials in dentistry: historical evolution and current practice. *Aust Dent J.* 2011;56 Suppl 1:84-96.
22. Giordano R, 2nd. A comparison of all-ceramic restorative systems: Part 2. *Gen Dent.* 2000;48(1):38-40, 3-5.
23. Kelly JR. CERAMICS IN RESTORATIVE AND PROSTHETIC DENTISTRY. *Annual Review of Materials Science.* 1997;27(1):443-68.
24. Weinstein LK, Weinstein AB. Porcelain covered metal-reinforced teeth. *Google Patents;* 1962.
25. McLean JW, Hughes TH. The reinforcement of dental porcelain with ceramic oxides. *Br Dent J.* 1965;119(6):251-67.
26. Zarone F, Di Mauro MI, Ausiello P, Ruggiero G, Sorrentino R. Current status on lithium disilicate and zirconia: a narrative review. *BMC Oral Health.* 2019;19(1).
27. KJ A. *Phillips science of dental materials.* 11th. Maryland Heights, MO, USA: Saunders: Elsevier Inc. 2003.
28. Beuer F, Schweiger J, Edelhoff D. Digital dentistry: an overview of recent developments for CAD/CAM generated restorations. *British dental journal.* 2008;204(9):505-11.
29. Andersson M, Oden A. A new all-ceramic crown. A dense-sintered, high-purity alumina coping with porcelain. *Acta Odontol Scand.* 1993;51(1):59-64.
30. Raigrodski AJ. Clinical and laboratory considerations for the use of CAD/CAM Y-TZP-based restorations. *Practical procedures & aesthetic dentistry: PPAD.* 2003;15(6):469-76; quiz 77.
31. Heffernan MJ, Aquilino SA, Diaz-Arnold AM, Haselton DR, Stanford CM, Vargas MA. Relative translucency of six all-ceramic systems. Part I: core materials. *J Prosthet Dent.* 2002;88(1):4-9.
32. Heffernan MJ, Aquilino SA, Diaz-Arnold AM, Haselton DR, Stanford CM, Vargas MA. Relative translucency of six all-ceramic systems. Part II: core and veneer materials. *The Journal of prosthetic dentistry.* 2002;88(1):10-5.

33. KOÇAK DA, TÜRKER ŞB. Diş hekimliğinde zirkonyum. Atatürk Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Dergisi. 2006;2006(1):41-5.
34. Chevalier J. What future for zirconia as a biomaterial? *Biomaterials*. 2006;27(4):535-43.
35. Zhang Y, Lawn B. Novel zirconia materials in dentistry. *Journal of dental research*. 2018;97(2):140-7.
36. Malkondu Ö, Tinastepe N, Akan E, Kazazoğlu E. An overview of monolithic zirconia in dentistry. *Biotechnology & biotechnological equipment*. 2016;30(4):644-52.
37. Piconi C, Maccauro G. Zirconia as a ceramic biomaterial. *Biomaterials*. 1999;20(1):1-25.
38. Malkoc MA, Sevimay M, Yaprak E. The use of zirconium and feldspathic porcelain in the management of the severely worn dentition: a case report. *Eur J Dent*. 2009;3(1):75-80.
39. 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):841-7.
40. Cattani Lorente M, Scherrer SS, Richard J, Demellayer R, Améz-Droz M, Wiskott HW. Surface roughness and EDS characterization of a Y-TZP dental ceramic treated with the CoJet Sand. *Dent Mater*. 2010;26(11):1035-42.
41. Kobayashi K, Kuwajima H, Masaki T. Phase change and mechanical properties of ZrO<sub>2</sub>-Y<sub>2</sub>O<sub>3</sub> solid electrolyte after ageing. *Solid State Ionics*. 1981;3:489-93.
42. Koenig V, Bekaert S, Dupont N, Vanheusden A, Le Goff S, Douillard T, et al. Intraoral low-temperature degradation of monolithic zirconia dental prostheses: results of a prospective clinical study with ex vivo monitoring. *Dental Materials*. 2021;37(7):1134-49.
43. Chevalier J, Gremillard L, Virkar AV, Clarke DR. The tetragonal-monoclinic transformation in zirconia: lessons learned and future trends. *Journal of the American Ceramic Society*. 2009;92(9):1901-20.
44. Lugh V, Sergo V. Low temperature degradation-aging-of zirconia: A critical review of the relevant aspects in dentistry. *Dental materials*. 2010;26(8):807-20.
45. Ban S. Chemical durability of high translucent dental zirconia. *Dent Mater J*. 2020;39(1):12-23.
46. Goff J, Hayes W, Hull S, Hutchings M, Clausen KN. Defect structure of yttria-stabilized zirconia and its influence on the ionic conductivity at elevated temperatures. *Physical Review B*. 1999;59(22):14202.
47. Badwal S. Zirconia-based solid electrolytes: microstructure, stability and ionic conductivity. *Solid State Ionics*. 1992;52(1-3):23-32.
48. Scaminaci Russo D, Cinelli F, Sarti C, Giachetti L. Adhesion to zirconia: A systematic review of current conditioning methods and bonding materials. *Dentistry journal*. 2019;7(3):74.
49. Kelly JR. Dental ceramics: current thinking and trends. *Dental Clinics*. 2004;48(2):513-30.

50. Kelly JR, Denry I. Stabilized zirconia as a structural ceramic: an overview. *Dent Mater.* 2008;24(3):289-98.
51. Thompson JY, Stoner BR, Piascik JR, Smith R. Adhesion/cementation to zirconia and other non-silicate ceramics: where are we now? *Dental Materials.* 2011;27(1):71-82.
52. Sundh A, Sjögren G. Fracture resistance of all-ceramic zirconia bridges with differing phase stabilizers and quality of sintering. *Dental materials.* 2006;22(8):778-84.
53. Jung Y-G, Peterson I, Kim DK, Lawn BR. Lifetime-limiting strength degradation from contact fatigue in dental ceramics. *Journal of dental research.* 2000;79(2):722-31.
54. De Aza P, De Aza A, De Aza S. Crystalline bioceramic materials. *Bol Soc Esp Ceram.* 2005;44(3):135-45.
55. De Aza A, Chevalier J, Fantozzi G, Schehl M, Torrecillas R. Crack growth resistance of alumina, zirconia and zirconia toughened alumina ceramics for joint prostheses. *Biomaterials.* 2002;23(3):937-45.
56. Christel P, Meunier A, Heller M, Torre J, Peille C. Mechanical properties and short-term in vivo evaluation of yttrium-oxide-partially-stabilized zirconia. *Journal of biomedical materials research.* 1989;23(1):45-61.
57. Zarone F, Russo S, Sorrentino R. From porcelain-fused-to-metal to zirconia: clinical and experimental considerations. *Dental materials.* 2011;27(1):83-96.
58. Fabris S, Paxton AT, Finnis MW. A stabilization mechanism of zirconia based on oxygen vacancies only. *Acta Materialia.* 2002;50(20):5171-8.
59. Christensen GJ. Porcelain-fused-to-metal versus zirconia-based ceramic restorations, 2009. *The Journal of the American Dental Association.* 2009;140(8):1036-9.
60. Tong H, Tanaka CB, Kaizer MR, Zhang Y. Characterization of three commercial Y-TZP ceramics produced for their high-translucency, high-strength and high-surface area. *Ceramics international.* 2016;42(1):1077-85.
61. Zhang F, Inokoshi M, Batuk M, Hadermann J, Naert I, Van Meerbeek B, et al. Strength, toughness and aging stability of highly-translucent Y-TZP ceramics for dental restorations. *Dental Materials.* 2016;32(12):e327-e37.
62. Mayo MJ. Processing of nanocrystalline ceramics from ultrafine particles. *International materials reviews.* 1996;41(3):85-115.
63. Michele C, Keeling AJ, Aziz A. Translucent zirconia in the ceramic scenario for perspectives. 1996;75:18-32.
64. Quigley NP, Loo DS, Choy C, Ha WN. Clinical efficacy of methods for bonding to zirconia: A systematic review. *The Journal of Prosthetic Dentistry.* 2021;125(2):231-40.
65. Melo R, Souza R, Dursun E, Monteiro E, Valandro L, Bottino M. Surface treatments of zirconia to enhance bonding durability. *Operative dentistry.* 2015;40(6):636-43.
66. Pjetursson BE, Sailer I, 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 I: single crowns. *Clinical oral implants research.* 2007;18:73-85.

67. 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.
68. Indergård JA, Skjold A, Schriwer C, Øilo M. Effect of cementation techniques on fracture load of monolithic zirconia crowns. *Biomaterial Investigations in Dentistry.* 2021;8(1):160-9.
69. Stawarczyk B, Keul C, Eichberger M, Figge D, Edelhoff D, Lümke N. Three generations of zirconia: From veneered to monolithic. Part II. *Quintessence International.* 2017;48(6).
70. Ernst C-P, Cohnen U, Stender E, Willershausen B. In vitro retentive strength of zirconium oxide ceramic crowns using different luting agents. *The Journal of prosthetic dentistry.* 2005;93(6):551-8.
71. Rinke S, Gersdorff N, Lange K, Roediger M. Prospective evaluation of zirconia posterior fixed partial dentures: 7-year clinical results. *International journal of prosthodontics.* 2013;26(2).
72. Blatz MB, Sadan A, Kern M. Resin-ceramic bonding: a review of the literature. *J Prosthet Dent.* 2003;89(3):268-74.
73. Soares CJ, Soares PV, Pereira JC, Fonseca RB. Surface treatment protocols in the cementation process of ceramic and laboratory-processed composite restorations: a literature review. *J Esthet Restor Dent.* 2005;17(4):224-35.
74. Soares CJ, Martins LR, Fonseca RB, Correr-Sobrinho L, Fernandes Neto AJ. Influence of cavity preparation design on fracture resistance of posterior Leucite-reinforced ceramic restorations. *J Prosthet Dent.* 2006;95(6):421-9.
75. Awliya W, Oden A, Yaman P, Dennison JB, Razzoog ME. Shear bond strength of a resin cement to densely sintered high-purity alumina with various surface conditions. *Acta Odontol Scand.* 1998;56(1):9-13.
76. Cavalcanti AN, Foxton RM, Watson TF, Oliveira MT, Giannini M, Marchi GM. Bond strength of resin cements to a zirconia ceramic with different surface treatments. *Oper Dent.* 2009;34(3):280-7.
77. Mattiello RDL, Coelho TMK, Insaurralde E, Coelho AAK, Terra GP, Kasuya AVB, et al. A review of surface treatment methods to improve the adhesive cementation of zirconia-based ceramics. *International Scholarly Research Notices.* 2013;2013.
78. Yagawa S, Komine F, Fushiki R, Kubochi K, Kimura F, Matsumura H. Effect of priming agents on shear bond strengths of resin-based luting agents to a translucent zirconia material. *Journal of prosthodontic research.* 2018;62(2):204-9.
79. Ebeid K, Wille S, Salah T, Wahsh M, Zohdy M, Kern M. Evaluation of surface treatments of monolithic zirconia in different sintering stages. *Journal of prosthodontic research.* 2018;62(2):210-7.
80. Wattanasirmit K, Charasseangpaisarn T. Effect of different cleansing agents and adhesive resins on bond strength of contaminated zirconia. *Journal of prosthodontic research.* 2019;63(3):271-6.

81. Attia A. Bond strength of three luting agents to zirconia ceramic-influence of surface treatment and thermocycling. *Journal of Applied Oral Science*. 2011;19:388-95.
82. Attia A, Lehmann F, Kern M. Influence of surface conditioning and cleaning methods on resin bonding to zirconia ceramic. *Dental Materials*. 2011;27(3):207-13.
83. Khan AA, Al Kheraif AA, Jamaluddin S, Elsharawy M, Divakar DD. Recent Trends in Surface Treatment Methods for Bonding Composite Cement to Zirconia: A Review. *J Adhes Dent*. 2017;19(1):7-19.
84. Aboushelib MN. Evaluation of zirconia/resin bond strength and interface quality using a new technique. *Journal of Adhesive Dentistry*. 2011;13(3):255.
85. 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. *Dental Materials*. 2006;22(3):283-90.
86. Fushiki R, Komine F, Blatz MB, Koizuka M, Taguchi K, Matsumura H. Shear bond strength between an indirect composite layering material and feldspathic porcelain-coated zirconia ceramics. *Clinical oral investigations*. 2012;16(5):1401-11.
87. Yamaguchi H, Ino S, Hamano N, Okada S, Teranaka T. Examination of bond strength and mechanical properties of Y-TZP zirconia ceramics with different surface modifications. *Dental materials journal*. 2012;31(3):472-80.
88. Inokoshi M, De Munck J, Minakuchi S, Van Meerbeek B. Meta-analysis of bonding effectiveness to zirconia ceramics. *Journal of dental research*. 2014;93(4):329-34.
89. Wolfart M, Lehmann F, Wolfart S, Kern M. Durability of the resin bond strength to zirconia ceramic after using different surface conditioning methods. *Dental Materials*. 2007;23(1):45-50.
90. Inokoshi M, Kameyama A, De Munck J, Minakuchi S, Van Meerbeek B. Durable bonding to mechanically and/or chemically pre-treated dental zirconia. *Journal of Dentistry*. 2013;41(2):170-9.
91. Inokoshi M, Poitevin A, De Munck J, Minakuchi S, Van Meerbeek B. Bonding effectiveness to different chemically pre-treated dental zirconia. *Clinical Oral Investigations*. 2014;18(7):1803-12.
92. Monaco C, Cardelli P, Scotti R, Valandro LF. Pilot evaluation of four experimental conditioning treatments to improve the bond strength between resin cement and Y-TZP ceramic. *Journal of Prosthodontics: Implant, Esthetic and Reconstructive Dentistry*. 2011;20(2):97-100.
93. Subaşı MG, İnan Ö. Influence of surface treatments and resin cement selection on bonding to zirconia. *Lasers in medical science*. 2014;29(1):19-27.
94. Magne P, Paranhos MP, Burnett Jr LH. New zirconia primer improves bond strength of resin-based cements. *Dental materials*. 2010;26(4):345-52.
95. Mahmoodi N, Hooshmand T, Heidari S, Khoshro K. Effect of sandblasting, silica coating, and laser treatment on the microtensile bond strength of a dental zirconia ceramic to resin cements. *Lasers in medical science*. 2016;31(2):205-11.



96. Valandro LF, Della Bona A, Bottino MA, Neisser MP. The effect of ceramic surface treatment on bonding to densely sintered alumina ceramic. *The Journal of prosthetic dentistry*. 2005;93(3):253-9.
97. Akazawa N, Koizumi H, Nogawa H, Nakayama D, Kodaira A, Matsumura H. Effect of mechanochemical surface preparation on bonding to zirconia of a tri-n-butylborane initiated resin. *Dental materials journal*. 2017;36(1):19-26.
98. Iwasaki T, Komine F, Fushiki R, Kubochi K, Shinohara M, Matsumura H. Shear bond strengths of an indirect composite layering material to a tribochemically silica-coated zirconia framework material. *Dental materials journal*. 2016;35(3):461-9.
99. Saker S, Ibrahim F, Ozcan M. Effect of different surface treatments on adhesion of In-Ceram Zirconia to enamel and dentin substrates. *J Adhes Dent*. 2013;15(4):369-76.
100. Heikkinen T, Matinlinna J, Vallittu P, Lassila L. Effect of primers and resins on the shear bond strength of resin composite to zirconia. *SRX Dentistry*. 2010;2010.
101. Colombo M, Poggio C, Lasagna A, Chiesa M, Scribante A. Vickers micro-hardness of new restorative CAD/CAM dental materials: evaluation and comparison after exposure to acidic drink. *Materials*. 2019;12(8):1246.
102. Mirmohammadi H, Aboushelib MN, Salameh Z, Kleverlaan CJ, Feilzer AJ. Influence of enzymatic and chemical degradation on zirconia resin bond strength after different surface treatments. *American journal of dentistry*. 2010;23(6):327-30.
103. Thammajaruk P, Buranadham S, Thanatvarakorn O, Ferrari M, Guazzato M. Influence of glass-ceramic coating on composite zirconia bonding and its characterization. *Dental Materials*. 2019;35(1):105-13.
104. Paranhos MPG, Burnett Jr LH, Magne P. Effect of Nd: YAG laser and CO 2 laser treatment on the resin bond strength to zirconia ceramic. *Quintessence international*. 2011;42(1).
105. Ural Ç, Kalyoncuoğlu E, Balkaya V. The effect of different power outputs of carbon dioxide laser on bonding between zirconia ceramic surface and resin cement. *Acta Odontologica Scandinavica*. 2012;70(6):541-6.
106. Lin Y, Song X, Chen Y, Zhu Q, Zhang W. Effect of Er: YAG laser irradiation on bonding property of zirconia ceramics to resin cement. *Photomedicine and laser surgery*. 2013;31(12):619-25.
107. Gomes AL, Ramos JC, Santos-del Riego S, Montero J, Albaladejo A. Thermocycling effect on microshear bond strength to zirconia ceramic using Er: YAG and tribochemical silica coating as surface conditioning. *Lasers in medical science*. 2015;30(2):787-95.
108. Dérand P, Derand T. Bond strength of luting cements to zirconium oxide ceramics. *International Journal of Prosthodontics*. 2000;13(2).
109. Ural Ç, Külünk T, Külünk Ş, Kurt M, Baba S. Determination of resin bond strength to zirconia ceramic surface using different primers. *Acta Odontologica Scandinavica*. 2011;69(1):48-53.
110. Román-Rodríguez JL, Fons-Font A, Amigó-Borrás V, Granell-Ruiz M, Busquets-Mataix D, Panadero RA, et al. Bond strength of selected composite resin-cements to zirconium-oxide ceramic. *Medicina oral, patología oral y cirugía bucal*. 2013;18(1):e115.

111. Behr M, Proff P, Kolbeck C, Langrieger S, Kunze J, Handel G, et al. The bond strength of the resin-to-zirconia interface using different bonding concepts. *Journal of the mechanical behavior of biomedical materials*. 2011;4(1):2-8.
112. Blatz MB, Phark J-H, Ozer F, Mante FK, Saleh N, Bergler M, et al. In vitro comparative bond strength of contemporary self-adhesive resin cements to zirconium oxide ceramic with and without air-particle abrasion. *Clinical Oral Investigations*. 2010;14(2):187-92.
113. Fischer J, Grohmann P, Stawarczyk B. Effect of zirconia surface treatments on the shear strength of zirconia/veneering ceramic composites. *Dental materials journal*. 2008;27(3):448-54.
114. Lima RBW, Barreto SC, Alfrisany NM, Porto TS, De Souza GM, De Goes MF. Effect of silane and MDP-based primers on physico-chemical properties of zirconia and its bond strength to resin cement. *Dental Materials*. 2019;35(11):1557-67.
115. Tian T, Tsoi JK-H, Matinlinna JP, Burrow MF. Aspects of bonding between resin luting cements and glass ceramic materials. *Dental materials*. 2014;30(7):e147-e62.
116. Frankenbergera R, Hartmannb V, Krechc M, Krämerd N, Reiche S, Braunf A, et al. Adhesive luting of new CAD/CAM materials Adhäsive Befestigung neuer CAD/CAM-Materialien. *International journal of computerized dentistry*. 2015;18(1):9-20.
117. Chen C, Kleverlaan CJ, Feilzer AJ. Effect of an experimental zirconia–silica coating technique on micro tensile bond strength of zirconia in different priming conditions. *Dental Materials*. 2012;28(8):e127-e34.
118. Gomes AL, Castillo-Oyagüe R, Lynch CD, Montero J, Albaladejo A. Influence of sandblasting granulometry and resin cement composition on microtensile bond strength to zirconia ceramic for dental prosthetic frameworks. *Journal of dentistry*. 2013;41(1):31-41.
119. Cheung GC, Botelho MG, Matinlinna JP. Effect of surface treatments of zirconia ceramics on the bond strength to resin cement. *J Adhes Dent*. 2014;16(1):49-56.
120. Angkasith P, Burgess JO, Bottino MC, Lawson NC. Cleaning methods for zirconia following salivary contamination. *Journal of Prosthodontics*. 2016;25(5):375-9.
121. Canullo L, Micarelli C, Bettazoni L, Koçi B, Baldissara P. Zirconia-composite bonding after plasma of argon treatment. *International Journal of Prosthodontics*. 2014;27(3).
122. Piascik JR, Swift EJ, Braswell K, Stoner BR. Surface fluorination of zirconia: adhesive bond strength comparison to commercial primers. *Dental Materials*. 2012;28(6):604-8.
123. Piascik J, Swift E, Thompson J, Grego S, Stoner B. Surface modification for enhanced silanation of zirconia ceramics. *Dental Materials*. 2009;25(9):1116-21.
124. Smith RL, Villanueva C, Rothrock JK, Garcia-Godoy CE, Stoner BR, Piascik JR, et al. Long-term microtensile bond strength of surface modified zirconia. *Dental Materials*. 2011;27(8):779-85.

125. Zhang S, Kocjan A, Lehmann F, Kosmač T, Kern M. Influence of contamination on resin bond strength to nano-structured alumina-coated zirconia ceramic. *European Journal of Oral Sciences*. 2010;118(4):396-403.
126. Feitosa SA, Patel D, Borges AL, Alshehri EZ, Bottino MA, Ozcan M, et al. Effect of cleansing methods on saliva-contaminated zirconia--an evaluation of resin bond durability. *Oper Dent*. 2015;40(2):163-71.
127. Aladag A, Elter B, Comlekoglu E, Kanat B, Sonugelen M, Kesercioglu A, et al. Effect of different cleaning regimens on the adhesion of resin to saliva-contaminated ceramics. *J Prosthodont*. 2015;24(2):136-45.
128. Yang B, Scharnberg M, Wolfart S, Quaas AC, Ludwig K, Adelung R, et al. Influence of contamination on bonding to zirconia ceramic. *J Biomed Mater Res B Appl Biomater*. 2007;81(2):283-90.
129. Kim DH, Son JS, Jeong SH, Kim YK, Kim KH, Kwon TY. Efficacy of various cleaning solutions on saliva-contaminated zirconia for improved resin bonding. *J Adv Prosthodont*. 2015;7(2):85-92.
130. Ishii R, Tsujimoto A, Takamizawa T, Tsubota K, Suzuki T, Shimamura Y, et al. Influence of surface treatment of contaminated zirconia on surface free energy and resin cement bonding. *Dent Mater J*. 2015;34(1):91-7.
131. Aboush YE. Removing saliva contamination from porcelain veneers before bonding. *J Prosthet Dent*. 1998;80(6):649-53.
132. Nassar M, Nassar R, Maki H, Al-Yagoob A, Hachim M, Senok A, et al. Phytic Acid: Properties and Potential Applications in Dentistry. *Front Mater* 8: 638909 doi: 103389/fmats. 2021.
133. Nassar M, Hiraishi N, Islam MS, Aizawa M, Tamura Y, Otsuki M, et al. Effect of phytic acid used as etchant on bond strength, smear layer, and pulpal cells. *Eur J Oral Sci*. 2013;121(5):482-7.
134. Nassar M, Hiraishi N, Tamura Y, Otsuki M, Aoki K, Tagami J. Phytic acid: an alternative root canal chelating agent. *J Endod*. 2015;41(2):242-7.
135. Milleman KR, Creeth JE, Burnett GR, Milleman JL. A randomized clinical trial to evaluate the stain removal efficacy of a sodium phytate dentifrice formulation. *J Esthet Restor Dent*. 2018;30(2):E45-E51.
136. Parkinson CR, Burnett GR, Creeth JE, Lynch RJM, Budhawant C, Lippert F, et al. Effect of phytate and zinc ions on fluoride toothpaste efficacy using an in situ caries model. *J Dent*. 2018;73:24-31.
137. Uyanik O, Nagas E, Kucukkaya Eren S, Cehreli ZC, Vallittu PK, Lassila LVJ. Effect of phytic acid on the setting times and tensile strengths of calcium silicate-based cements. *Aust Endod J*. 2019;45(2):241-5.
138. Nordbo H, Rolla G. Desorption of salivary proteins from hydroxyapatite by phytic acid and glycerophosphate and the plaque-inhibiting effect of the two compounds in vivo. *J Dent Res*. 1972;51(3):800-11.
139. Şahin C. Yaşlandırma Yöntemlerinin Zirkonyumun Dayanıklılığına Etkisi. *Türkiye Klinikleri Dishekimligi Bilimleri Dergisi*. 2021;27(3):433-8.

140. Ruben J, Roeters F, Montagner A, Huysmans M. A multifunctional device to simulate oral ageing: the "Rub&Roll". *Journal of the mechanical behavior of biomedical materials*. 2014;30:75-82.
141. Blatz MB, Sadan A, Martin J, Lang B. In vitro evaluation of shear bond strengths of resin to densely-sintered high-purity zirconium-oxide ceramic after long-term storage and thermal cycling. *The Journal of prosthetic dentistry*. 2004;91(4):356-62.
142. Mair L, Padipatvuthikul P. Variables related to materials and preparing for bond strength testing irrespective of the test protocol. *Dental materials*. 2010;26(2):e17-e23.
143. Gale M, Darvell B. Thermal cycling procedures for laboratory testing of dental restorations. *Journal of dentistry*. 1999;27(2):89-99.
144. Sakaguchi R, Powers J. Testing of dental materials and biomechanics. *Craig's Restorative Dental Materials 13th ed Philadelphia, PA: Elsevier Mosby*. 2012;85.
145. Devatha AB, Lakshmi MN, Kumar NB, Erukala S, Valluri R, Ealla KKR. A comparative study of shear bond strength of direct bonding system with and without a liquid primer: An in vitro study. *Journal of pharmacy & bioallied sciences*. 2019;11(Suppl 3):S515.
146. Kansal R, Rani S, Kumar M, Kumar S, Issar G. Comparative evaluation of shear bond strength of newer resin cement (RelyX ultimate and RelyX U200) to lithium disilicate and zirconia ceramics as influenced by thermocycling. *Contemporary clinical dentistry*. 2018;9(4):601.
147. Baracco B, Fuentes M, Garrido MA, Gonzalez-Lopez S, Ceballos L. ISO/TS 11405: Dental materials-testing of adhesion to tooth structure. ISO/TS 11405: Dental materials-testing of adhesion to tooth structure., 2003. *Odontology*. 2013;101(2):177-85.
148. Greig V. Craig's restorative dental materials. *British Dental Journal*. 2012;213(2):90-.
149. Salz U, Bock T. Testing adhesion of direct restoratives to dental hard tissue-a review. *Journal of Adhesive Dentistry*. 2010;12(5).
150. Van Meerbeek B, Peumans M, Poitevin A, Mine A, Van Ende A, Neves A, et al. Relationship between bond-strength tests and clinical outcomes. *Dental materials*. 2010;26(2):e100-e21.
151. Sudsangiam S, van Noort R. Do dentin bond strength tests serve a useful purpose. *J Adhes Dent*. 1999;1(1):57-67.
152. Della Bona A, Anusavice KJ, Mecholsky Jr JJ. Failure analysis of resin composite bonded to ceramic. *Dental Materials*. 2003;19(8):693-9.
153. Koga D, Kusumi S, Shodo R, Dan Y, Ushiki T. High-resolution imaging by scanning electron microscopy of semithin sections in correlation with light microscopy. *Journal of Electron Microscopy*. 2015;64(6):387-94.
154. Cengiz A, Mısırlıgil A, Aydın M. Tıp ve diş hekimliğinde genel ve özel mikrobiyoloji. Ankara: Güneş Kitabevi. 2004:737-45.
155. Sun P, Laforge FO, Mirkin MV. Scanning electrochemical microscopy in the 21st century. *Physical Chemistry Chemical Physics*. 2007;9(7):802-23.
156. Koko M, Takagaki T, Abdou A, Inokoshi M, Ikeda M, Wada T, et al. Effects of the ratio of silane to 10-methacryloyloxydecyl dihydrogenphosphate (MDP) in primer on

bonding performance of silica-based and zirconia ceramics. *Journal of the Mechanical Behavior of Biomedical Materials*. 2020;112:104026.

157. Raigrodski AJ, Hillstead MB, Meng GK, Chung K-H. Survival and complications of zirconia-based fixed dental prostheses: a systematic review. *The Journal of prosthetic dentistry*. 2012;107(3):170-7.

158. Phark J-H, Duarte Jr S, Kahn H, Blatz MB, Sadan A. Influence of contamination and cleaning on bond strength to modified zirconia. *Dental Materials*. 2009;25(12):1541-50.

159. Quaas A, Yang B, Kern M. Panavia F 2.0 bonding to contaminated zirconia ceramic after different cleaning procedures. *Dental Materials*. 2007;23(4):506-12.

160. Marshall SJ, Bayne SC, Baier R, Tomsia AP, Marshall GW. A review of adhesion science. *Dental materials*. 2010;26(2):e11-e6.

161. Casucci A, Monticelli F, Goracci C, Mazzitelli C, Cantoro A, Papacchini F, et al. Effect of surface pre-treatments on the zirconia ceramic–resin cement microtensile bond strength. *Dental materials*. 2011;27(10):1024-30.

162. Amaral M, Belli R, Cesar PF, Valandro LF, Petschelt A, Lohbauer U. The potential of novel primers and universal adhesives to bond to zirconia. *Journal of dentistry*. 2014;42(1):90-8.

163. Yang B, Lange-Jansen H, Scharnberg M, Wolfart S, Ludwig K, Adelung R, et al. Influence of saliva contamination on zirconia ceramic bonding. *Dental Materials*. 2008;24(4):508-13.

164. Silva N, Araújo G, Vila-Nova TEL, Bezerra MGP, Calderon PDS, Özcan M, et al. Which Zirconia Surface-cleaning Strategy Improves Adhesion of Resin Composite Cement after Saliva Contamination? A Systematic Review and Meta-Analysis. *The Journal of Adhesive Dentistry*. 2022;24(1):175-86.

165. Perdigão J, Fernandes S, Pinto A, Oliveira F. Effect of artificial aging and surface treatment on bond strengths to dental zirconia. *Operative Dentistry*. 2013;38(2):168-76.

166. Khan AA, Al Kheraif A, Jamaluddin S, Elsharawy M, Divakar DD. Recent trends in surface treatment methods for bonding composite cement to zirconia: a review. *J Adhes Dent*. 2017;19(1):7-19.

167. Qeblawi DM, Muñoz CA, Brewer JD, Monaco Jr EA. The effect of zirconia surface treatment on flexural strength and shear bond strength to a resin cement. *The Journal of prosthetic dentistry*. 2010;103(4):210-20.

168. El-Korashy DI, El-Refai DA. Mechanical properties and bonding potential of partially stabilized zirconia treated with different chemomechanical treatments. *J Adhes Dent*. 2014;16(4):365-76.

169. Kim D-H, Son J-S, Jeong S-H, Kim Y-K, Kim K-H, Kwon T-Y. Efficacy of various cleaning solutions on saliva-contaminated zirconia for improved resin bonding. *The journal of advanced prosthodontics*. 2015;7(2):85-92.

170. Krifka S, Preis V, Rosentritt M. Effect of decontamination and cleaning on the shear bond strength of high translucency zirconia. *Dentistry journal*. 2017;5(4):32.

171. Nagas E, Uyanik MO, Eymirli A, Cehreli ZC, Vallittu PK, Lassila LV, et al. Dentin moisture conditions affect the adhesion of root canal sealers. *Journal of endodontics*. 2012;38(2):240-4.
172. Attia MA, Ebeid KK. Effect of decontamination methods on shear bond strength of resin cement to translucent monolithic zirconia. *Brazilian Dental Science*. 2020;23(4):9p-p.
173. Aladağ A, Elter B, Çömlekoğlu E, Kanat B, Sonugelen M, Kesercioğlu A, et al. Effect of different cleaning regimens on the adhesion of resin to saliva-contaminated ceramics. *Journal of Prosthodontics*. 2015;24(2):136-45.
174. Feitosa S, Patel D, Borges A, Alshehri E, Bottino M, Özcan M, et al. Effect of cleansing methods on saliva-contaminated zirconia—an evaluation of resin bond durability. *Operative dentistry*. 2015;40(2):163-71.
175. Tian F, Londono J, Villalobos V, Pan Y, Ho HX, Eshera R, et al. Effectiveness of different cleaning measures on the bonding of resin cement to saliva-contaminated or blood-contaminated zirconia. *Journal of Dentistry*. 2022;120:104084.
176. Yoshida K. Influence of cleaning methods on resin bonding to saliva-contaminated zirconia. *Journal of Esthetic and Restorative Dentistry*. 2018;30(3):259-64.
177. Lin J, Shinya A, Gomi H, Shinya A. Effect of self-adhesive resin cement and tribochemical treatment on bond strength to zirconia. *International Journal of Oral Science*. 2010;2(1):28-34.
178. Elsaka SE. Influence of surface treatments on the bond strength of resin cements to monolithic zirconia. *J Adhes Dent*. 2016;18(5):387-95.
179. Shokry M, Al-Zordk W, Ghazy M. Retention strength of monolithic zirconia crowns cemented with different primer-cement systems. *BMC Oral Health*. 2022;22(1):1-9.
180. Chuang S-F, Kang L-L, Liu Y-C, Lin J-C, Wang C-C, Chen H-M, et al. Effects of silane- and MDP-based primers application orders on zirconia–resin adhesion—A ToF-SIMS study. *Dental Materials*. 2017;33(8):923-33.
181. Takagaki T, Lyann SK, Ikeda M, Inokoshi M, Sadr A, Nikaido T, et al. Effects of alumina-blasting pressure on the bonding to super/ultra-translucent zirconia. *Dental Materials*. 2019;35(5):730-9.
182. Chen C, Chen Y, Lu Z, Qian M, Xie H, Tay F. The effects of water on degradation of the zirconia-resin bond. *Journal of dentistry*. 2017;64:23-9.
183. Kern M. Bonding to oxide ceramics—laboratory testing versus clinical outcome. *Dental Materials*. 2015;31(1):8-14.
184. Nassar M, Hiraishi N, Islam MS, Aizawa M, Tamura Y, Otsuki M, et al. Effect of phytic acid used as etchant on bond strength, smear layer, and pulpal cells. *European journal of oral sciences*. 2013;121(5):482-7.
185. Muana HL, Hiraishi N, Nakajima M, Kong K, Tagami J. Effect of the dentin chelating agents phytic acid and edta on degree of conversion, microhardness, and bond strength of chemical-curing self-adhesive cements. *J Adhes Dent*. 2019;21(4):299-306.

186. Kong K, Hiraishi N, Nassar M, Otsuki M, Yiu CK, Tagami J. Effect of phytic acid etchant on resin–dentin bonding: Monomer penetration and stability of dentin collagen. *Journal of Prosthodontic Research*. 2017;61(3):251-8.