

TC
ÇUKUROVA ÜNİVERSİTESİ
SAĞLIK BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
PROTETİK DİŞ TEDAVİSİ ABD

**RENKLENDİRME SOLÜSYONLARININ ZİRKONYA ALT
YAPILARIN RENGİNE VE ZİRKONYA-VENEER
SERAMİK BAĞLANMA DAYANIMINA ETKİSİNİN
DEĞERLENDİRİLMESİ**

Dt. Selin ÇELİK

**PROTETİK DİŞ TEDAVİSİ ANABİLİM DALI
UZMANLIK TEZİ**

**Danışman
Doç. Dr. Orhun EKREN**

Bu proje, Çukurova Üniversitesi Bilimsel Araştırmalar Projeleri Birimi tarafından
TDH-9752 No'lu proje olarak desteklenmiştir.

ADANA-2018

KABUL ve ONAY

XXXXXX

TEŞEKKÜR

Uzmanlık eğitimime başladığım günden itibaren öğrencisi olduğum için kendimi hep çok şanslı hissettiğim, klinik ve akademik anlamda desteklerini hiçbir zaman esirgemeyerek ufkumu genişleten saygıdeğer danışmanım Doç. Dr. Orhun Ekren'e,

Eğitim sürecim boyunca deneyim ve tecrübelerini her daim benimle paylaşan kıymetli hocalarım Prof. Dr. Cem Kurtoglu, Doç. Dr. Yurdanur Uçar, Doç. Dr. Koray Soygun ve Doç. Dr. Esmâ Başak Gül Aygün'e,

Kliniğe her gün keyifle gelmemi sağlayan sevgili çalışma arkadaşlarım Dt. Fatma Uslu, Dt. Orçun Ertepe, Dt. Elvin Eldarov, Dt. Öykü Ceren Kahraman, Dt. Başar Özkul, Dt. Deniz Karakuş'a,

Bu süreçte desteklerini her daim hissettiğim sevgili arkadaşlarım Dt. Duygu Turna, Uzm. Dt. Selin Erkan, Dr. Zeynep Özpolat'a,

Her zaman olduğu gibi bu süreçte de beni koşulsuz destekleyen dostum, kardeşim Dt. Meral Bağkur'a,

Protetik Diş Tedavisi Anabilim Dalı'ndaki güzel çalışma ortamını bize sağlayan tüm bölüm personelimize,

Hayatımı anlamlı hale getiren, kızları olmaktan gurur duyduğum canım annem, babam ve abim Ayşe Çelik, Niyazi Çelik ve Serdar Çelik'e

Çok Teşekkür Ederim.

İÇİNDEKİLER

	Sayfa
KABUL ve ONAY	ii
TEŞEKKÜR	iii
İÇİNDEKİLER	iv
ÇİZELGELER DİZİNİ	vi
ŞEKİLLER DİZİNİ	vii
SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ	viii
ÖZET	ix
ABSTRACT	x
1. GİRİŞ	1
2. GENEL BİLGİLER	3
2.1. Seramikler	3
2.1.1. Dental Seramiklerin Tarihçesi	3
2.2. Metal Destekli Seramikler	3
2.3. Tam Seramik Sistemler	4
2.3.1. Tam Seramik Sistemlerin Sınıflandırılması	4
2.4. Zirkonyum	5
2.4.1. Zirkonyum Dioksit	6
2.5. Dental Uygulamalarda Kullanılan Zirkonya Tipleri	6
2.5.1. Yitriya Katyonlu Zirkonya Polikristali (3Y-TZP)	7
2.5.2. Magnezyum Katyonlu Parsiyel Stabilize Zirkonya (Mg-PSZ)	7
2.5.3. Zirkonya ile Güçlendirilmiş Alümina (ZTA)	7
2.6. Zirkonya Blokların Üretimi	7
2.6.1. Sinterlenmemiş (<i>Green stage</i>) Zirkonya	7
2.6.2. Pre-sinterize Zirkonya	8
2.6.3. Sinterize Zirkonya	8
2.7. Zirkonyanın Estetik Özellikleri	8
2.7.1. Renklendirme	9
2.7.1.1. Renkli Bloklar	9
2.7.1.2. Renklendirme Solüsyonu Uygulaması	9

2.7.1.3. Liner Uygulaması.....	10
2.8. Zirkonya Altyapı Üzerine Üst Yapı Porseleni Uygulanması.....	10
2.8.1. Zirkonya Altyapı – Veneer Seramik Arasındaki Bağlanma Dayanımını Etkileyen Faktörler	11
2.8.1.1. Isısal Genleşme Katsayısı	11
2.8.1.2. Üst Yapı Porseleni ve Restorasyon Geometrisi	12
2.8.1.3 Yüzey Pürüzlendirme İşlemleri.....	12
2.9. Bağlanma Dayanımı Test Yöntemleri.....	12
2.9.1. Çekme Bağlanma Dayanım Testi (Tensile Test)	13
2.9.2. Makaslama Bağlanma Dayanım Testi (Shear Test).....	14
3. GEREÇ ve YÖNTEM	16
3.1. Deney Gruplarının Oluşturulması	16
3.2. Altyapıların Hazırlanması	17
3.2.1. Renklendirme İşlemleri.....	18
3.3. Renk Ölçüm İşlemleri	18
3.4. Bağlanma Dayanım Testleri için Örneklerin Hazırlanması	19
3.5. Makaslama Testlerinin Yapılması.....	20
3.6. İstatistiksel Analiz.....	21
3.7. SEM-EDS Analizleri.....	22
4. BULGULAR.....	23
4.1. Renk Değeri (E) Test Bulguları	23
4.2. Makaslama Bağlanma Dayanımı Test Bulguları	24
4.3. SEM-EDS Analiz Bulguları	26
5. TARTIŞMA.....	28
6. SONUÇLAR ve ÖNERİLER.....	36
KAYNAKLAR	37
ÖZGEÇMİŞ	43

ÇİZELGELER DİZİNİ

<u>Cizelge No:</u>	<u>Sayfa No:</u>
Çizelge 3.1. Çalışmada kullanılan malzemeler	16
Çizelge 3.2. Örnek gruplarının sınıflandırılması.....	17
Çizelge 3.3. Uygulanan liner ve dentin tabakalarının fırınlama programları.....	20
Çizelge 4.1. Örneklerin renk değerleri (E).....	23
Çizelge 4.2. Tukey Test ile yapılan ikili karşılaştırmalar ($p<.05$).....	23
Çizelge 4.3. Örneklerin makaslama bağlanma dayanımı değerleri.....	24
Çizelge 4.4. Tukey Test ile yapılan çoklu karşılaştırmalar.....	25



ŞEKİLLER DİZİNİ

<u>Sekil No:</u>	<u>Sayfa No:</u>
Şekil 2.1. Zirkonyanın değişik fazlardaki kristal yapılarının şematik görünümü	6
Şekil 3.1. Zirkonya altyapılar için STL formatında yapılan tasarım	18
Şekil 3.2. Spektrofotometre cihazı	19
Şekil 3.3. Bir örnek için yapılmış bir ölçümün değerleri	19
Şekil 3.4. Porselen yığılması tamamlanan örneklerin görüntüsü	20
Şekil 3.5. Test düzeneğine yerleştirilmiş bir örnek	21
Şekil 4.1. Weibull Analizi	26
Şekil 4.2. Zirkonya örneğin x100 büyütmedeki SEM-EDS görüntüsü	27
Şekil 4.3. Elemental analiz grafiği	27

SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ

CAD	: Bilgisayar destekli tasarım
CAM	: Bilgisayar destekli üretim
GPa	: Giga Paskal
HV	: Vickers sertlik değeri
ISO	: Uluslararası Standartlar Örgütü
K_{1c}	: Kırılma tokluğu
MgO	: Magnezyum oksit
Mg-PSZ	: Magnezyum katyonlu parsiyel stabilize zirkonya
mm²	: Milimetre kare
MPa	: Mega Paskal
N	: Newton
n	: Örnek sayısı
p	: İstatistiksel anlamlılık değeri
SS	: Standart sapma
STL	: Stereolitografi
TZP	: Tetragonal zirkonya polikristali
Y₂O₃	: Yttrium oksit
ZTA	: Alümina ile güçlendirilmiş zirkonya
3Y-TZP	: Yttriyum katyonlu zirkonya polikristali
µm	: Mikrometre
E	: Renk parametresi

ÖZET

Renklendirme Solüsyonlarının Zirkonya Altyapıların Rengine ve Zirkonya-Veneer Seramik Bağlanma Dayanımına Etkisinin Değerlendirilmesi

Artan popülaritesine rağmen, zirkonyanın fiziksel özelliklerinin renklendirme prosedürlerinden nasıl etkilendiğiyle ilgili literatürdeki çalışmalar çok sınırlıdır.

Çalışmamızın amaçları; renklendirme solüsyonu ile renklendirilmiş ve prefabrike renklendirilmiş zirkonyaların renklerini değerlendirmek ve karşılaştırmak ardından renklendirme solüsyonlarının zirkonya altyapı ile veneer seramik arasındaki bağlanma dayanımına etkisini araştırmaktır.

Altmış dört adet küp şeklinde örnek, renklendirilmemiş zirkonya bloklardan CAD/CAM yöntemiyle üretildi ve rastgele 4 gruba ayrıldı (n=16). G30, G60 ve G120 grupları sırasıyla 30 saniye, 60 saniye ve 120 saniye renklendirme solüsyonuna daldırıldı. Bağlanma dayanımı kontrol grubuna (BDK) hiçbir renklendirme prosedürü uygulanmadı. Renklendirme işlemi tamamlandıktan sonra, test grupları ve prefabrike renklendirilmiş zirkonya (PRZ) (n=16) arasındaki renk farklılıkları spektrofotometre yardımıyla değerlendirildi. Makaslama bağlanma dayanımı testinden önce veneer seramik zirkonya üzerine uygulandı ve fırımlandı. Makaslama testi Testometric cihazında çapraz kafa hızı 1 mm/dk olacak şekilde uygulandı. İstatistiksel analiz tek yönlü ANOVA ve takibinde Tukey HSD testi kullanılarak yapıldı (p<0.05). Ardından Weibull analizi uygulandı ve her grup için Weibull modülü hesaplandı.

PRZ grubu renk değeri (E=77,34) istatistiksel olarak diğer bütün gruplardan farklı bulundu. Test grupları arasında G60'ın renk değeri, G30 ve G120'den istatistiksel olarak farklı bulundu. PRZ grubu aynı zamanda en yüksek bağlanma dayanımı değerine sahip (31,5 MPa) ve istatistiksel olarak BDK ve G120 gruplarından farklı bulundu. BDK grubu en düşük bağlanma dayanımı değerine sahip (19,1 MPa) ve istatistiksel olarak PRZ ve G60 gruplarından farklı bulundu. Weibull modülü PRZ için 64,78, G120 için 0,1 olarak hesaplandı.

Çalışmanın sınırları dahilinde, renklendirme solüsyonlarının hem renk hem de bağlanma dayanımıyla ilgili öngörülemez sonuçlar ortaya çıkardığı görülmüştür. Bu prosedürün standardize edilmesi gerekmektedir.

Anahtar Kelimeler: Zirkonya, renklendirme solüsyonları, bağlanma dayanımı

ABSTRACT

The Effect of Coloring Liquids on Color of Zirconia Frameworks and Bond Strength of Zirconia-Veneer Ceramic

Despite its popularity, there are limited studies in literature regarding effect of coloring procedures on physical properties of zirconia.

The aims of the study are to evaluate and compare the color of liquid shaded and pre-colored zirconia and to investigate the effect of coloring liquids on the bond strength between veneer ceramic and zirconia core.

Sixty-four cube-shaped specimens were fabricated using uncolored zirconia blocks by CAD/CAM and divided into four groups randomly (n=16). G30, G60 and G120 groups were subjected to coloring liquids for 30 sec., 60 sec. and 120 sec. respectively. Control bond strength group (CBS) was subjected to no coloring procedure. After coloring, color differences between test groups and precolored zirconia group (PCZ) (n=16) were evaluated by using a spectrophotometer. Prior to shear-bond test, veneer ceramic was applied on zirconia and sintered. Shear bond test was conducted with Testometric with a cross-head speed of 1 mm/sec. The statistical data were analysed with one-way ANOVA and Tukey HSD test ($p \leq 0.05$). Weibull analysis was performed and Weibull modulus was calculated for each group.

PCZ group ($E=77,34$) was statistically different from all groups. G60 was statistically different from G30 and G120. PCZ has the highest bond strength value (31,5 MPa) and was statistically different from G120 and CBS. The CBS had the lowest bond strength value (19,1 MPa) and was statistically different from G60. The Weibull modulus was calculated as 64,78 for PCZ and 0,1 for G120.

Within the limitations of this study, it was shown that coloring liquids had unpredictable outcomes regarding the color and bond strength. This procedure should be standardised.

Keywords: Zirconia, coloring liquids, bond strength

1. GİRİŞ

Sabit bölümlü protezlerde metal destekli seramik restorasyonlar uzun yıllardır başarıyla kullanılmaktadır^{1,2}. Ancak günümüzde estetik beklentilerin artışıyla beraber tüm üstün mekanik özelliklerine rağmen metal destekli seramik restorasyonlar bu beklentileri karşılayamamaktadır. Metal seramik restorasyonların ışık geçirmez altyapısı, diş eti bölgesindeki metal yansıması, kıymetsiz metal alaşımlarında görülebilen metal alerjisi ve yine kıymetsiz metal alaşımlarının korozyona yatkınlığı gibi faktörler hekimi ve hastayı tam seramik restorasyonların kullanımına yönlendirmektedir. Tam seramik restorasyonlar, metal seramik restorasyonların estetik sıkıntılarını giderebilirler. Ancak dental seramikler üstün estetik, kimyasal stabilite ve biyouyumluluklarına rağmen düşük gerilme dayanıklılığına ve kırılma bir yapıya sahiptirler. Baskı kuvvetlerine karşı direnci yüksek (350–550 MPa) olan dental seramiklerin, gerilme kuvvetlerine karşı dirençleri oldukça düşüktür (20–60 MPa)³. Posterior bölgelerde artan çiğneme kuvvetleri tam seramik restorasyonların başarısız olmalarına neden olabilir.

Dental seramik teknolojisindeki gelişmelerle beraber estetik, fonksiyonel, biyolojik olarak başarılı ve aynı zamanda fonksiyonel çiğneme kuvvetlerine karşı dirençli restorasyonların önü açılmıştır. Tam seramik restorasyonlardan biri olan zirkonyum, kimyasal stabilitesi ve biyouyumluluğunun yanı sıra yüksek kırılma dayanımı ile posterior restorasyonlarda da kullanılabilen ve bu özelliği ile diğer dental seramikler arasında öne çıkmaktadır.

Zirkonya altyapılar metal altyapılara kıyasla daha kabul edilebilir bir estetiğe sahiptir, ancak opak ve beyaz görünümü estetik sıkıntılar yaratır. Bu beyaz görünümü ortadan kaldırmak için zirkonya altyapıların renklendirilmesi ve ardından uygun şekilde renklendirilmiş zirkonya altyapıların veneer seramik ile kaplanması gerekir. Restorasyonun uzun dönem başarısı için altyapı ile üst yapı seramiği arasındaki bağlantının iyi olması gerekmektedir.

Zirkonya altyapıların renklendirilmesinde; zirkonyum dioksit tozuna üretim aşamasında metalik pigmentlerin eklenerek blokların renkli olarak üretilmesi, altyapıların sinterleme işlemi öncesinde renklendirme solüsyonuna daldırılması ve liner uygulaması gibi yöntemler kullanılır⁴.

Çalışmamızın amaçları;

1. Bir renklendirme solüsyonuna farklı sürelerde daldırılmış zirkonya altyapılarla, prefabrike olarak renklendirilmiş zirkonya altyapıların renklerinin karşılaştırılması,
2. Zirkonya altyapıların veneer seramik ile bağlanma dayanımının değerlendirilmesi ve renklendirme prosedürlerinin zirkonya–veneer seramik bağlantısına olan etkisinin araştırılmasıdır.

Çalışmamızın hipotezleri;

1. Renklendirme solüsyonuna farklı sürelerde daldırılan zirkonya altyapılar ile prefabrike olarak renklendirilmiş zirkonya altyapılar arasında renk açısından fark yoktur.
2. Renklendirme solüsyonu ile renklendirilmiş zirkonya altyapılar ile prefabrike olarak renklendirilmiş zirkonya altyapıların veneer seramikle olan bağlanma dayanımları arasında fark yoktur.

2. GENEL BİLGİLER

2.1. Seramikler

Seramik, bir veya birden fazla metalin, oksijen gibi metal olmayan bir elementle yaptığı, güçlü, sert, kırılğan, iletken olmayan, kimyasal ve biyokimyasal olarak kararlı bir birleşimdir⁵. Porselen terimi ise seramik materyaller ailesinin temel olarak kaolin, quartz ve feldspardan oluşan ve aynı şekilde yüksek sıcaklıklarda fırınlanan bir alt grubunu tanımlamak için kullanılır. Metal-seramik restorasyonlar için kullanılan dental seramikler bu aileye dâhildir ve dental porselenler olarak adlandırılırlar⁶.

2.1.1. Dental Seramiklerin Tarihçesi

Dental seramikler diş hekimliğinde ilk kez 1700'lerin sonlarında kullanılmaya başlanmıştır. Porselen jaket kronlar ise 1900'lerin başlarında geliştirilmiştir. Bu porselen jaket kronlar feldspatik ve alüminöz porselenin platin folyo ile pişirilmesinden oluşmuştur ve tam seramik kronların ilk örneği olarak kabul edilirler⁶. Düşük dayanıklılıklarından dolayı porselen jaket kronların kullanımı anterior dişlerle sınırlı kalmıştır. 1960'lara gelindiğinde metal altyapı ve veneer seramiğin termal genleşme katsayıları arasındaki uyumsuzluğun soğuma sırasında kırıklara yol açtığı görülmüş ve lösit içeren feldspatik porselenlerin gelişimi başlamıştır. Bu problem, üretim aşamasında feldspar ile lösitin kontrollü olarak karıştırılmasıyla çözülmüştür ve feldspatik porselenin termal genleşme katsayısının çok dar bir aralıkta ayarlanmasını sağlamıştır. Böylece metal destekli seramiklerin güvenilirliği artmış ve seramik materyalinin metal altyapıya bağlanması sağlanmıştır⁶.

2.2. Metal Destekli Seramikler

Feldspatik seramikler iyi bir biyouyumlulukla beraber ideal estetiği de sağlayabilirler. Aynı zamanda baskı kuvvetleri karşısında mekanik dirençleri çok iyidir, ancak kesme kuvvetleri altında gerilme dayanımları düşük olduğu için kolayca kırılırlar⁷. Dayanıklılığı arttırmak için seramikler metal altyapı ile desteklenirler⁸.

Metal destekli seramik restorasyonlarda mekanik özellikler iyileştirilirken başka sorunlar ortaya çıkmıştır. Metal altyapı ve altyapıdaki grimsi gölgeyi maskeleyebilmek için kullanılan opak porselen tabakası, translüsensininin yokluğundan dolayı ideal estetik

sonuç için yetersiz kalmıştır. Metal-seramik restorasyonlar ışığı sadece absorbe eder veya yansıtıırken, diş dokuları yüksek derecede translüsensi gösterirler⁷. Bu nedenle metal-seramik restorasyonlar doğal diş dokusunu taklit etmede yetersiz kalmışlardır. Bunun yanı sıra kıymetsiz metal alaşımlarının diş eti renginde oluşturdukları değişimler, korozyona uğramaları ve alerji potansiyeli gibi dezavantajları da vardır⁹.

Metal-seramik restorasyonların estetik açıdan yetersiz kalması, üreticileri daha estetik olan tam seramik restorasyonların geliştirilmesine yönlendirmiştir.

2.3. Tam Seramik Sistemler

Kırılmaya neden olan gerilim ve makaslama kuvvetlerine karşı dayanıklı, güçlü bir metal altyapı ve estetik özelliklere sahip veneer seramiğın kombinasyonu uzun yıllar başarılı olmuştur⁶. Günümüzde estetik ve biyo-uyumluluk ihtiyaçlarının artması, metal altyapıların yerini tam seramik altyapıların almasıyla sonuçlanmıştır¹⁰.

Bu sistemlerin biyolojik uyumları, ağız içinde kimyasal reaksiyona girme olasılığı yüksek olan metallere kıyasla daha üstündür. Daha homojen yapıdadırlar ve doğal diş dokusuna yakın termal genişleme katsayısına ve ısı iletkenliğine sahiptirler¹¹. Aynı zamanda renkte derinlik sağladıkları ve ışığı yansıtma özelliğine sahip oldukları için doğal diş dokusuna daha yakın bir görünümde dirler¹².

2.3.1. Tam Seramik Sistemlerin Sınıflandırılması

Tam seramik sistemlerin sınıflandırılmasında, yüksek dirençli seramik kor materyalleri kimyasal yapılarına göre 3 ana gruba ayrılabilirler¹³.

1. Cam seramikler
 - Lösitle güçlendirilmiş cam seramikler
 - Lityum disilikat cam seramikler
2. Cam infiltre edilmiş seramikler
 - In-Ceram Alumina
 - In-Ceram Spinell
 - In-Ceram Zirconia

3. Polikristalin seramikler

- CAD/CAM sistemleri
 - ✓ Cerec sistemi
 - ✓ Cicero sistemi
 - ✓ Procera sistemi
 - ✓ Celay sistemi
 - ✓ Cercon sistemi
 - ✓ DC-HIP zirkon sistemi
 - ✓ Lava sistemi

Tam seramik restorasyonların artan popülaritesine rağmen kullanım alanları kırılma dayanıklılıklarının düşüklüğü yüzünden sınırlı kalmıştır¹⁴. Dayanıklılık sınırlamalarından dolayı tam seramik sistemlerin kullanımı okluzal ilişkiler ve fonksiyonel streslerin uygun olduğu üç veya dört üyeli sabit köprü restorasyonları ile sınırlanmıştır¹⁵.

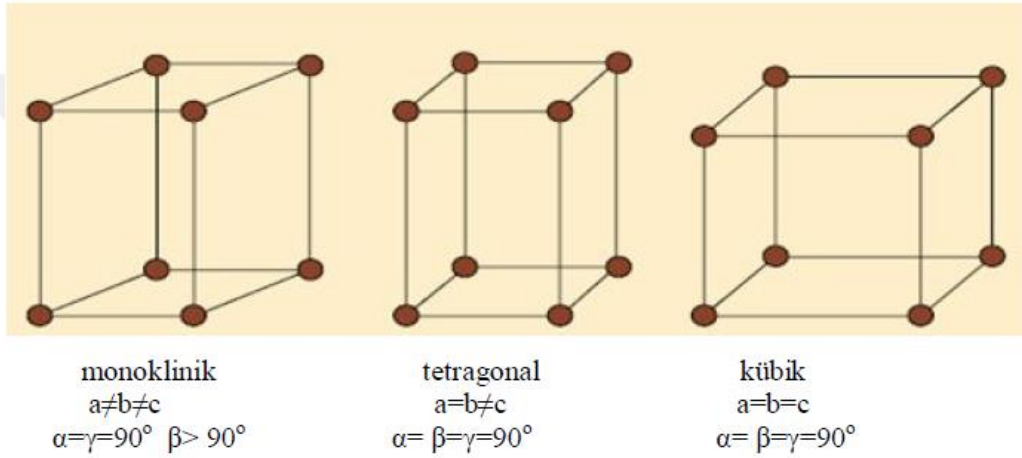
Tetragonal zirkonya polikristallerinin (TZP) altyapı materyali olarak tanıtılması tam seramik restorasyonların çok üyeli restorasyonlardaki kullanım sınırlamalarını ortadan kaldırmıştır¹⁵. İyi bir kimyasal stabiliteye sahip olması, üstün mekanik özellikleri, estetik rengi ve CAD/CAM teknolojisi ile beraber kullanılabilmesi zirkonyayı altyapı materyali olarak bir seçenek haline getirmiştir¹⁶.

2.4. Zirkonyum

Zirkonyum, periyodik tablonun D grubuna ait bir geçiş elementidir. Doğada hiçbir zaman serbest metal olarak tek başına bulunmaz. Oda sıcaklığında gümüşümsü beyaz renkli bir katıdır. Heksagonal kristal formunda bir yapı gösterir. Aşınmaya ve korozyona çok dirençlidir^{17,18}. Zirkonyum bir çok farklı bileşik halinde bulunabilir. Bilinen bileşikleri zirkonyum silikat ($ZrSiO_4$) ve zirkonyum oksittir (ZrO_2). Zirkonyum silikatın diğer adı 'zirkon', zirkonyum oksitin diğer adları ise 'zirkonya', 'zirkonyum dioksit' ve 'baddeleyit'tir. Zirkonyum bileşiklerinin içerisinde daima 50/1 oranında hafniyum (Hf) elementi bulunur ve zirkonyum metalinin saflaştırılması sırasında elde edilir¹⁸.

2.4.1. Zirkonyum Dioksit

Zirkonyanın üç farklı kristal yapısı vardır. Bunlar monoklinik, tetragonal ve kübik fazlardır. Monoklinik faz 1170 °C'ye kadar stabildir ve bu dereceden sonra tetragonal faza dönüşür. Tetragonal faz 2370 °C'ye kadar stabildir ve bu sıcaklığın üzerinde kübik faza dönüşür. Ergime noktası 2680 °C'dir ve bu dereceye kadar ise kübik fazda bulunur^{17,19}. ZrO₂ fırınlama ısısında tetragonal fazda, oda sıcaklığında ise monoklinik fazdadır¹⁹ (Şekil 2.1).



Şekil 2.1. Zirkonyanın değişik fazlardaki kristal yapılarının şematik görünümü

Zirkonyanın elastik modülüsü 200 GPa'dır, sertliği ise dental alaşımların yaklaşık olarak 4-5 katıdır (1200 HV)¹⁷. Yapılan in-vitro çalışmalarda zirkonyanın bükülme direnci (3 Nokta Bükme Testi) ortalama 900-1200 MPa, kırılma pekliği (K_{IC}) ise 7-10 MPa m^{1/2} olarak bulunmuştur^{17,20,21}. Bu da neredeyse alümina esaslı seramiklerin iki katıdır^{17,22}. Bu sayede zirkonya posterior çok üyeli köprülerde altyapı materyali olarak daha ince şekilde kullanılabilir. Bu özellikler dayanıklılık ve estetiğin önemli özellikler olduğu protetik diş hekimliğinde oldukça caziptir²³.

2.5. Dental Uygulamalarda Kullanılan Zirkonya Tipleri

Zirkonya içeren birçok seramik sistemi olmasına rağmen bunlardan yalnızca üç tanesi diş hekimliğinde kullanılmaktadır. Bunlar; yitriya katyonlu zirkonya polikristali

(3Y-TZP), magnezyum katyonlu parsiyel stabilize zirkonya (Mg-PSZ) ve zirkonya ile güçlendirilmiş alüminadır (ZTA)²³.

2.5.1. Yitriya Katyonlu Zirkonya Polikristali (3Y-TZP)

1990'lı yıllarda 3Y-TZP, diş hekimliğinde endodontik postlar ve implant dayanakları ile kullanıma girmiştir. Sonra tam seramik kron ve köprü protezlerinin yapımında alternatif bir altyapı malzemesi olarak değerlendirilmeye başlanmıştır^{24,25}. Restorasyonlar, önceden sinterlenmiş blokların hafif bir şekilde şekillenmesini (*soft machining*) takiben yüksek ısıda sinterleme ile veya tamamen sinterlenmiş blokların sert bir şekilde işlenmesi (*hard machining*) ile üretilmektedir²³.

3Y-TZP, saf zirkonyaya stabilizör olarak %3 oranında Y_2O_3 eklenmesiyle oluşur¹⁷. Bükülme dayanımının 800-1000 MPa, kırılma peklığının 6–8 MPa $m^{1/2}$ olmasıyla diğer tam seramik materyallerinden daha iyi mekanik özellikler gösterir²³.

2.5.2. Magnezyum Katyonlu Parsiyel Stabilize Zirkonya (Mg-PSZ)

Mg-PSZ ile ilgili olarak çok fazla çalışma yapılmasına rağmen, pörözite varlığı ve gren boyutunun büyük olması (30-60 μm) sebebiyle aşınmaya neden olduğu için başarı sağlanamamıştır. Ticari olarak Mg-PSZ bileşimi içerisinde %8-10 mol MgO bulunmaktadır^{23,26}.

2.5.3. Zirkonya ile Güçlendirilmiş Alümina (ZTA)

In-Ceram Zirkonya bu malzemeye bir örnektir. 3Y-TZP ile karşılaştırdığında, In-Ceram Zirkonya daha düşük mekanik özelliklere sahiptir^{26,27}.

2.6. Zirkonya Blokların Üretimi

Üretim şekline göre yitriya içeren zirkonya bloklar; sinterlenmemiş zirkonya, pre-sinterize zirkonya ve sinterize zirkonya olmak üzere üç gruba ayrılır²⁸.

2.6.1. Sinterlenmemiş (*Green stage*) Zirkonya

Seramik tozlarının özel bağlayıcılar kullanılarak ısı uygulanmadan preslenmesi ile hazırlanan bu tip bloklar tebeşir kadar yumuşaktır ve kolay işlenirler. Kuru ortamda elmas ve tungsten karbid frezlerle şekillendirilirler. Sinterleme işleminden sonra

sinterlenmemiş pöröz zirkonya, yaklaşık %20-30 oranında büzölmeye uğrayarak daha yoğun ve dayanıklı hale gelir. Bu nedenle oluşabilecek büzölmeyi kompanse etmek için normal boyutlarından %20-25 daha büyük hazırlanırlar^{10,17,27,28}.

2.6.2. Pre-sinterize Zirkonya

Pre-sinterize zirkonya bloklar, sinterlenmemiş zirkonyanın 500°C’de yaklaşık 30 dakika fırınlanması ile elde edilirler. Y-TZP tozu üretimi esnasında blokların preslenebilmesi için içerisine sinterizasyon sırasında elimine olan bağlayıcı ajanlar eklenir²⁹. Normalden büyük boyutta hazırlanan altyapı aşındırma sonrası basınçsız olarak 1350 °C - 1500 °C arasında sisteme ait fırında sinterlenir. Böylece sinterlenmemiş pöröz zirkonya yaklaşık %20’ lik bir büzölme göstererek daha yoğun ve dayanıklı hale gelir^{10,17,27,28}.

2.6.3. Sinterize Zirkonya

Tam sinterize blokların üretiminde ilk önce materyal yaklaşık olarak 1350°C’de sinterlenir, daha sonra partikül yoğunluğunu arttırmak amacıyla 1400-1500°C arasında yüksek basınç altında izostatik ortamda ısıtılır. Bu işlem sonunda yapı gri-siyah bir renk alır, ardından beyaz bir renk alana kadar açık havada ısıtılmaya devam edilir³⁰.

Tam sinterize zirkonyum oksit bloklarda aşındırma işlemi yapılmadan önce sinterleme işlemi tamamlandığı için büzölme bu esnada gerçekleşmektedir. Bu nedenle altyapı üretim sırasında gerçek boyutlarında hazırlanır. Aşındırma işlemi sert bir yapı üzerinde gerçekleştirildiği için özel aşındırma üniteleri gerektirir ve uzun zaman alır^{23,30}. Tam sinterize zirkonyum oksit blokların işlenmeleri zordur, ancak sinterleme büzölmesinin olmaması bu blokların avantajıdır³¹.

2.7. Zirkonyanın Estetik Özellikleri

Metal altyapılardan farklı olarak zirkonya tamamen opak olmamasının estetik avantajına sahiptir. Mikro yapısına ve kalınlığına bağlı olarak zirkonya yarı translüsent bir özellik gösterir³². Ayrıca beyaz renginden dolayı metal seramik restorasyonların dış eti sınırında gösterdiği siyah yansıma etkisini göstermez³³. Tüm bu avantajlarına rağmen zirkonyanın rengi beyazdır ve doğal diş rengini elde etmek için veneer seramiklerle kaplanması yetmeyebilir çünkü altyapının rengi restorasyonun son rengini etkiler^{34,35}. Bu

nedenden dolayı renkli zirkonya altyapıların kullanılması daha doğal bir görüntü elde edilmesine yardımcı olur.

Renklendirilmiş zirkonya altyapı kullanımının estetik görünümün yanı sıra bir başka avantajı da renklendirilmemiş altyapıda opak rengi baskılamak için veneer seramik kalınlığını arttırma gerekliliğini ortadan kaldırmasıdır. Böylece aşırı kalınlık yapacak liner materyaline olan ihtiyaç da ortadan kalkmış olur³⁶.

2.7.1. Renklendirme

Renkli zirkonyaları elde etmek için üç temel yaklaşım vardır⁴:

1. Zirkonyum dioksit tozuna üretim aşamasında metal oksitlerin ilave edilmesiyle zirkonyum blokların renkli olarak üretilmesi
2. Sinterlenmemiş zirkonya altyapıların sinterleme işleminden önce özel renklendirme solüsyonlarına tabi tutulması
3. Zirkonyanın sinterleme işlemini takiben geleneksel dental seramik fırınlarında pişirilen astarlarla (liner) boyanması.

2.7.1.1. Renkli Bloklar

Zirkonyum dioksit tozuna üretim aşamasında metal oksitler ilave edilip ardından bu şekilde sinterlenerek renkli zirkonyum bloklar üretilir. Bu teknik sayesinde başarılı bir şekilde doğal diş rengine yakın üretim yapılabilir³⁷.

2.7.1.2. Renklendirme Solüsyonu Uygulaması

Zirkonya altyapıların sinterleme işlemi öncesi renklendirme solüsyonlarına tabi tutulması da bir başka renklendirme yöntemidir. Renklendirme solüsyonları yapıya fırça ile uygulanabilir ya da hazırlanan altyapı renklendirme solüsyonuna daldırılarak istenilen renk elde edilmeye çalışılır.

Zirkonyum sinterleme öncesi daha pöröz bir yapıda olduğundan, renklendirme solüsyonu ve içeriğindeki iyonlar yapıya kolayca diffüze olur ve sinterleme işlemi sonrası renk sabitlenir.

Renklendirme solüsyonlarının içeriğinde çeşitli metal iyonları bulunmaktadır^{37,38}. Bu iyonlar ve oluşturdukları renkler başlıca şu şekildedir³⁹:

- **Demir (Fe):** Kahverengi
- **Erbium (Er):** Açık mor
- **Neodinium (Nd):** Açık pembe
- **Seryum (Ce):** Krem ve/veya turuncu
- **Terbium (Tb):** Açık turuncu
- **Manganez (Mn):** Siyah
- **Praseodimium (Pr):** Koyu sarı

2.7.1.3. Liner Uygulaması

Sinterlenmiş beyaz bloklar üzerine liner uygulanması da bir başka renklendirme yöntemidir. Liner materyalinin kullanımı ile zirkonyanın beyaz renginin maskelenmesi ve zirkonya altyapı ile üst yapı porseleninin daha iyi bağlanması amaçlanır⁴⁰.

2.8. Zirkonya Altyapı Üzerine Üst Yapı Porseleni Uygulanması

Daha estetik restorasyonlar elde edebilmek için zirkonya altyapıların feldspatik porselenlerle kaplanması gerekmektedir.

Zirkonya altyapı üzerine veneer seramik uygulanan restorasyonlar gibi iki fazlı yapıların stres dağılımı, tek fazlı (monolitik) bir yapının stres dağılımından çok daha karmaşıktır. İki farklı materyalden oluşan bu restorasyonların direnci, kuvvetlere karşı en dayanıksız bölgelerinin sağlamlığıyla doğru orantılıdır. Bu sistemlerde en dayanıksız bölge en yüksek gerilim streslerinin meydana geldiği veya en fazla yüzey kusurunun bulunduğu altyapı-üst yapı arası bağlantı yüzeyi ya da üst yapı porseleninin kendisidir^{41,42}. Zirkonyum oksit altyapılı restorasyonlarda en sık görülen başarısızlık sebebi, üst yapı seramiğinin altyapıdan tamamen veya tabakalar halinde ayrılmasıdır⁴³.

Zirkonya altyapılı sistemlerde veneer seramiğin altyapıdan tabakalar halinde ayrılması, altyapı-üst yapı arasındaki ısıl genişleme katsayısı uyumsuzluğu, hastaya bağlı faktörler, erken temas noktalarından kaynaklanan dinamik yükler, harmonik bir oklüzyonun olmaması, yetersiz bağlanma kuvveti, restorasyonun uygun olmayan geometrisi, materyallerin özellikleri, materyallerin yorgunluğu, altyapı desteğinin yetersiz oluşu ve seramik içi defektler gibi birçok faktöre bağlı olarak meydana gelebilir^{44,45}.

2.8.1. Zirkonya Altyapı – Veneer Seramik Arasındaki Bağlanma Dayanımını Etkileyen Faktörler

Zirkonya ile veneer seramik arasındaki bağlantı mekanizması henüz tam olarak anlaşılammış olmasına rağmen, oluşan kısıtlı bağlantının ve veneer seramiğin zayıf performansının; zirkonya ile veneer seramik arasındaki ısıl genleşme katsayısı farkı, kimyasal bağın yetersiz dayanıklılığı, bağlantı yüzeyindeki defektlerin türü ve yoğunluğu, ıslanabilirlik ve mekanik kilitlenme sonucu ortaya çıkan sıkıştırıcı stres miktarına bağlı olduğu belirtilmiştir⁴⁶.

2.8.1.1. Isıl Genleşme Katsayısı

Altyapı ile üst yapı arasındaki ısıl uyumsuzluk, veneer seramiğin ısıl genleşme katsayısının altyapı seramiğinden düşük ya da yüksek olmasına bağlı olarak, veneer tabakada baskı ya da gerilim streslerinin oluşmasına neden olur. Seramikler baskı streslerine karşı dayanıklıyken, gerilim streslerine karşı dayanıksızdır. Veneer tabakasında küçük baskı stresleri, veneer seramiği kuvvetlendirerek, kırılma direncini arttırdığı için istenilen bir durumdur. Veneer seramiğin ısıl genleşme katsayısının alt yapıdan bir miktar düşük olması sayesinde, soğuma sırasında istenilen baskı stresleri oluşmaktadır^{47,48}. Veneer seramiğin ısıl genleşme katsayısı değeri, altyapı materyalinden yüksek olduğunda ise; veneerin altyapıdan ayrılması ve mikroçatlaklar gözlenebilmektedir⁴⁸. Zirkonyum oksit in ısıl genleşme katsayısı ($11 \times 10^{-6} \text{ K}^{-1}$), zirkonyum oksit altyapılar için kullanılan veneer seramiklerin termal genleşme katsayısı ($9.0-9.6 \times 10^{-6} \text{ K}^{-1}$)'ndan biraz daha büyüktür^{17,49}. Soğuma sırasında zirkonya hızla büzülür ve veneer seramiğe sıkıştırıcı kuvvet uygulanmasına neden olur. Böylece metal destekli porselen sistemlerindeki benzer şekilde fakat daha az miktardaki sıkışmayla veneer seramik zirkonyum oksite bağlanır^{49,50}. Zirkonya, diğer tam seramiklere göre daha düşük ısıl genleşme katsayısına sahip olduğu için, zirkonya ile aynı veya daha düşük ısıl genleşme katsayısına sahip özel üst yapı seramikleri geliştirilmiştir. Bu tip iki fazlı restorasyonlarda, altyapı ve üst yapı seramiği arasındaki ısıl genleşme katsayısı uyumsuzluğunun olabildiğince az olması, altyapı ve üst yapı seramiği arasında oluşan bağlantı başarısını etkilemektedir⁵¹.

2.8.1.2. Üst Yapı Porseleni ve Restorasyon Geometrisi

ISO 6872 ve 9693 standartlarına göre veneer seramiğin bükülme direnci en az 50 MPa olmalıdır⁵². Zirkonya altyapılı restorasyonlarda en zayıf nokta olarak görülen veneer seramiğin dayanıklılığının artması kırılma riskinin azalması açısından önemlidir⁵³. Bu tip restorasyonlarda üst yapı porseleninin baskı gerilimlerine, altyapı materyalinin ise gerilme kuvvetlerine maruz kalması sağlanmalıdır. Bunun için altyapı materyalinin kalınlığı arttırılmak istense de, bu durum restorasyonun fazla konturlu yapılmasına veya dıştan fazla madde kaldırılmasına sebebiyet vermemelidir⁵⁴.

2.8.1.3. Yüzey Pürüzlendirme İşlemleri

Mekanik retansiyonun arttırılması için yapılan pürüzlendirme işlemleri ile; yüzey alanı, yüzey enerjisi ve yüzey ıslatılabilirliği arttırılmış olur⁵⁵. Pürüzlendirme için kullanılan yüzey işlemleri; alüminyum oksit ile kumlama, düşük grenli elmas döner aletler ile pürüzlendirme, asit ile pürüzlendirme, plazma sprej yöntemi, lazer ile pürüzlendirme ve bu metotların herhangi bir kombinasyonu şeklinde uygulanmaktadır^{21,46,56,57}. Yapılan farklı yüzey işlemlerinin zirkonya-veneer seramik arasındaki bağlanmaya olan etkisinin açık olmadığı belirtilmiştir⁵⁸. Ayrıca aşırı ısınmanın eşlik ettiği aşındırma işlemlerinde tersine faz dönüşümü ($t \rightarrow m$) meydana geldiği ve bunun sonucunda zirkonyum oksit seramiğin direncinde azalma meydana geldiği bildirilmiştir^{20,59}. Bununla birlikte makaslama bağlantı direnci testi değerlerine göre, kumlama işlemi sonucunda zirkonyum oksit materyalinde gözlemlenen yüksek monoklinik grenlerin bağlantı direncine etkili olmadığını belirterek, zirkonyum oksit altyapı-üst yapı porselenleri arasındaki bağlantı direncinin arttırılması için, yüzey pürüzlendirme işlemlerinin uygulanmasına gerek olmadığı belirtilmiştir⁶⁰.

2.9. Bağlanma Dayanımı Test Yöntemleri

İki malzemenin birbirine veya malzemelerin dış dokusuna bağlanma dayanımlarını ölçerken kullanılan birçok test yöntemi vardır. İdeal bir bağlanma dayanım testi kolay (düşük teknik hassasiyet gerektiren) ve hızlı sonuç alınabilir olmalıdır^{61,62}. Bir laboratuvar testinin, diğerine göre avantajlı olabilmesi için;

- Belirli bir parametre/özellik hakkında veri toplama çabukluğu
- Yaygın olarak kullanılan test metodolojisine göre kolaylığı
- Diğer tüm değişkenleri sabit tutarken özel bir parametrenin ölçülebilme olasılığı
- Yeni veya deneysel bir malzemenin/teknik performansını mevcut 'altın standart' ile doğrudan karşılaştırılabilmesi
- Bir çalışma düzeni içinde aynı anda bir çok deney grubunu test edebilmesi
- Nispeten basit ve ucuz test protokolleri ve cihazları kullanılabilmesi gibi özelliklere sahip olması gereklidir.

Laboratuvar testlerinin asıl amacı, nihai klinik sonucun tahmininde veri toplamak olmalıdır⁶³. Bağlanma dayanımı temel olarak bağlanma alanının büyüklüğüne göre bir makro veya mikro test düzeneğiyle statik olarak ölçülebilir. Bağlantı yüzeyi 3 mm²'den büyükse test makro, 3mm²'den küçükse mikro olarak adlandırılır⁶³.

2.9.1. Çekme Bağlanma Dayanım Testi (Tensile Test)

Çekme bağlanma dayanımı testlerinde, altyapı ve üst yapıyı birbirinden ayırarak bağlantı kuvvetini ölçmek için ara yüz düzlemine dikey yönde çekme kuvveti uygulanır. Ayrılmanın gerçekleştiği andaki kuvvet kaydedilir, yüzey alanına bölünerek çekme bağlanma dayanım değeri elde edilir^{64,65}. Bu test yönteminin, örneklerin hazırlanma ve test düzeneğinin ayarlanma güçlüğü ve üst yapı seramiğinin dış yüzünde gözlenen muhtemel çatlaklar gibi dezavantajları bulunmaktadır. Sonuçta, düzensiz gerilme dağılımlarına bağlı olarak üst yapı seramiğinde koheziv kırılmalar meydana gelmektedir. Bu da ara yüz bağlanma dayanım değerinin daha yüksek çıkmasına neden olmaktadır⁶⁶.

Mikroçekme test yönteminde ise hazırlanan test örneklerinden ince kesitler alınması gerekmektedir. Örnekler elde veya özel aparatlar kullanılarak çubuk, halter veya kum saati şeklinde hazırlanırlar^{67,68}. Bağlantı yüzeyinin küçük olması, test esnasına daha eşit stres dağılımları olmasını sağlamakta ve aynı zamanda bağlanma dayanımını etkileyecek bir çatlak veya kırığın olma ihtimalini düşürmektedir. Dolayısı ile çekme testine kıyasla daha güvenilir veriler elde edildiği düşünülmektedir⁶⁹. Geçerli ve güvenilir bir test yöntemi olarak kabul edilmesine karşın örnek hazırlanması oldukça fazla teknik hassasiyet gerektirir, örnek boyutları çok küçük olduğu için su kaybı hızlı olmaktadır ve örneklerin hazırlanması uzun zaman gerektirir⁶⁷.

Çekme testleri daha çok adeziv malzemelerin dış dokusuna bağlanmasının değerlendirilmesinde kullanılır. Çünkü yapıştırıcı ajanların büyük bir çoğunluğu kırılğan ve çekme kuvvetlerine karşı dayanıksızdır⁴⁴.

2.9.2. Makaslama Bağlanma Dayanım Testi (Shear Test)

Makaslama bağlanma dayanımı testlerinde, altyapı ve üst yapı arasındaki bağlantıda ayrılma meydana gelene kadar bağlanma yüzeyine en yakın noktaya, bağlantıya paralel olacak şekilde kuvvet uygulanır. Makaslama bağlanma dayanım değeri, ayrılmanın meydana geldiği kuvvetin bağlanma yüzey alanına bölünmesiyle elde edilir^{27,41,70}. Örneklerin hazırlanmasındaki ve testin uygulanmasındaki kolaylık, teknik hassasiyet gerekliliğinin mikro testlerdeki kadar fazla olmaması, gerektiğinde testin kolayca tekrar edilebilmesi ve hızlı uygulanan bir test yöntemi olması nedeniyle bağlanma dayanımının değerlendirilmesinde en çok tercih edilen test yöntemi olmuştur^{70,71}. Ancak; bağlanma alanının genişliği, örnekleri saklama koşulları ve yaşlandırma işlemleri, test sırasında kullanılan bıçak ucu tasarımı, kullanılan test cihazının çapraz kafa hızı gibi parametreler testin hassasiyetini etkiler⁷². ISO 11405 (2003) dokümanterinde, test için önerilen standart yaklaşma hızı $0,75 \pm 0,30$ mm/dk olarak belirtilmiştir⁷³.

Kuvvetin uygulanacağı bıçak ucu tasarımı testin hassasiyetini etkileyen bir diğer parametredir. En sık kullanılan bıçak uçları; bıçak sırtı keski, çentikli çubuk uç ve tel ilmek uçtur. Yapılan sonlu elemanlar analizlerinde bıçak sırtı keski ile iletilen kuvvet, uygulandığı noktada yoğun stresler oluştururken, tel ilmek ve çentikli çubuk uç ile uygulanan kuvvet, uygulandığı noktada daha homojen bir dağılım göstermektedir⁷⁴.

Yapılan literatür taramasında, zirkonya altyapıların renklendirilmesinin etkilerini değerlendiren yeterli sayıda çalışma olmadığı saptanmıştır. Ekren⁷⁵ yaptığı çalışmada renklendirme solüsyonlarına daldırma süresi arttığı zaman renk değerlerinin değişiklik gösterdiğini belirtirken, Kim ve ark⁷⁶ yaptıkları çalışmada renklendirme solüsyonu uygulama sayısı arttıkça daha koyu ve daha sarı renkte örnekler elde ettiklerini bildirmişlerdir. Literatürde bu bilgileri destekleyecek yeterli sayıda çalışma yoktur. Renklendirme işlemi sonrası zirkonyada görülen değişiklikler, renklendirme solüsyonu içeriğindeki metal oksitlere bağlıdır³⁸. Dolayısıyla bu solüsyonların zirkonyanın optik özellikleri ve veneer seramikle olan bağlanması üzerinde etkili olması beklenebilir. Aktaş

ve ark⁷⁷ yaptıkları çalışmada renklendirme solüsyonlarının zirkonya-veneer seramik bağlanma dayanımına etki etmediğini bildirirken, Aboushelib ve ark¹⁵ yaptıkları çalışmada renkli zirkonya altyapıların veneer seramikle olan bağlanma dayanımının beyaz altyapılara kıyasla daha düşük olduğunu rapor etmişlerdir. Literatürde bu konuda ortak bir fikir bulunmaması bir eksiklikler ve renklendirme solüsyonlarının farklı sürelerde uygulanmasının zirkonya altyapıların rengine olan etkisini, zirkonya-veneer seramik bağlanma dayanımı ile birlikte inceleyen herhangi bir çalışmaya rastlanmamıştır.



3. GEREÇ ve YÖNTEM

3.1. Deney Gruplarının Oluşturulması

İn-vitro olarak gerçekleştirilen çalışmamızda ilk olarak renklendirme solüsyonunda 30 saniye, 60 saniye ve 120 saniye bekletilen renklendirilmemiş zirkonya bloklarla, prefabrike olarak renkli üretilen zirkonya blokların renkleri bir spektrofotometre yardımıyla değerlendirilmiştir. Daha sonra elde edilen zirkonya altyapıların uygun üst yapı porseleniyle bağlanma dayanımı değerlendirilmiştir. Çalışmamızda kullanılan tüm materyaller Çizelge 3.1’de gösterilmiştir.

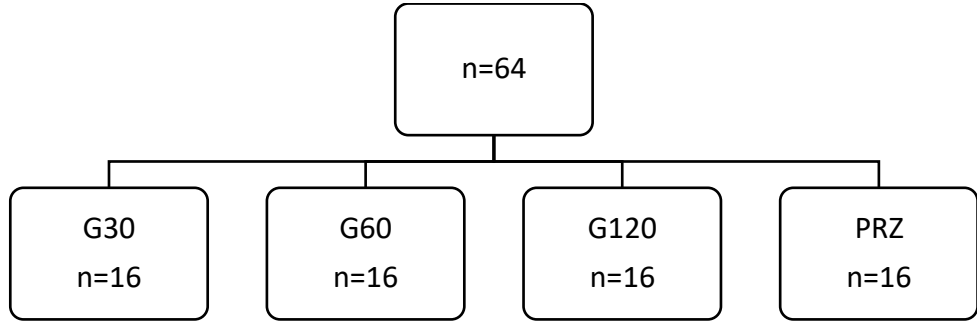
Çizelge 3.1. Çalışmada Kullanılan Malzemeler

Malzeme	Üretici Firma
Rainbow Zirconia Block	Genoss, Gyeonggi-do, Kore
Rainbow Shade Block, A2	Genoss, Gyeonggi-do, Kore
Rainbow Coloring Liquid, DP2	Genoss, Gyeonggi-do, Kore
Rainbow Liner, LN2	Genoss, Gyeonggi-do, Kore
Rainbow Dentin Porcelain, DA2	Genoss, Gyeonggi-do, Kore

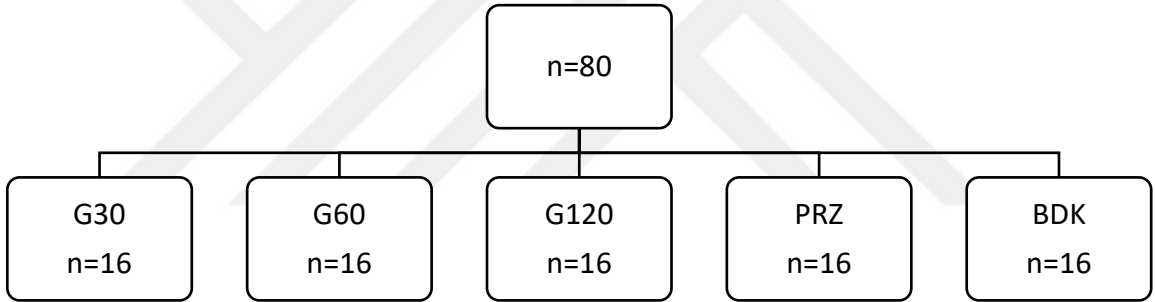
Örnekler, renklendirme testleri için kontrol grubu prefabrike renklendirilmiş blok (Prefabrike Renklendirilmiş Zirkonya-PRZ) (Rainbow Shade Block, A2, Genoss, Gyeonggi-do, Kore), test grupları 30 saniye (G30), 60 saniye (G60), 120 saniye (G120) olacak şekilde (n=16) (Rainbow Zirconia Block, Genoss, Gyeonggi-do, Kore); bağlanma dayanımı testleri için kontrol grubu hiçbir renklendirme işlemine tabi tutulmamış blok (Bağlanma Dayanımı Kontrol-BDK), test grupları G30, G60, G120, PRZ olacak şekilde sınıflandırılmıştır. (n=16) (Çizelge 3.2)

Çizelge 3.2. Örnek gruplarının sınıflandırılması

- Renk testleri için;

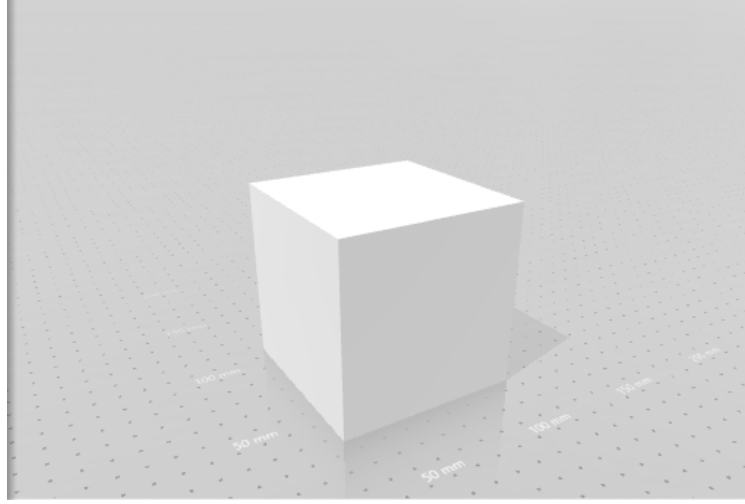


- Örneklere üst yapı porseleni uygulandıktan sonra bağlanma dayanımı testleri için;



3.2. Altyapıların Hazırlanması

Sinterlenmemiş zirkonya alt yapılar $8 \times 8 \times 8 \text{ mm}^3$ boyutlarında küp şeklinde tasarlandı. Yapılan tasarım STL formatına çevrildi (Şekil 3.1). STL formatındaki tasarım, zirkonya disklerden CAD/CAM yöntemiyle kazıma cihazında (Cerec InLab MCX5, Sirona Dental Systems, Bensheim, Almanya) üretildi. Sinterlenmemiş zirkonya altyapılar firma önerilerine uygun olacak şekilde elmas frezle disklerden ayrıldı, kalan çıkıntılar tungsten karbid frez yardımıyla düzeltildi.



Şekil 3.1. Zirkonya altyapılar için STL formatında yapılan tasarım

3.2.1. Renklendirme İşlemleri

Sinterlenmemiş zirkonya altyapılardan renklendirilmemiş olan gruplar, plastik bir tutucuyla tutularak renklendirme solüsyonu içerisine kronometre yardımıyla 30 saniye, 60 saniye ve 120 saniye daldırıldı. Süresini tamamlayan zirkonya altyapılar solüsyondan çıkarıldı ve firma önerileri doğrultusunda yüzeylerindeki solüsyon kalıntıları bir pamuk pelet yardımıyla kurulandı. Ardından 3 saat tam kurumunun gerçekleşmesi için beklendi. Bu sürenin de dolmasının ardından zirkonya altyapıların her biri üretici firma talimatları doğrultusunda zirkonya sinter fırınında (InFire HTC Speed, Sirona Dental Systems, Bensheim, Almanya) 1150 °C’de 10 saat olacak şekilde sinterlendi.

3.3. Renk Ölçüm İşlemleri

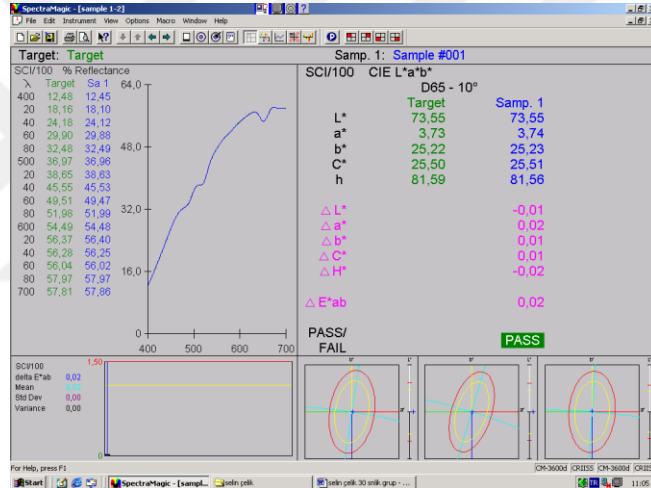
Renklendirme ve sinterleme işlemleri tamamlanan tüm altyapıların renk ölçümleri Hacettepe Üniversitesi Gıda Mühendisliği Fakültesi (Ankara, Türkiye) araştırma laboratuvarlarındaki spektrofotometre cihazı (CM-3600A, Konica Minolta, Osaka, Japonya) (Şekil 3.2) ile yapıldı. Spektrofotometrenin tutucusuna yerleştirilen her bir zirkonya örnek için merkez, sağ ve sol olmak üzere 3 ayrı noktadan L*, a*, b* ölçümü yapıldı. Her bir örnek için L*, a*, b* değeri 3 ölçümün ortalaması alınarak kaydedildi ve renk parametresi (E), CIE L*a*b* renk sisteminin;

$$E=[(L^*)^2+(a^*)^2+(b^*)^2]^{1/2}$$

formülüne göre hesaplandı.



Şekil 3.2. Spektrofotometre cihazı



Şekil 3.3. Bir örnek için yapılmış bir ölçümün değerleri

3.4. Bağlanma Dayanım Testleri için Örneklerin Hazırlanması

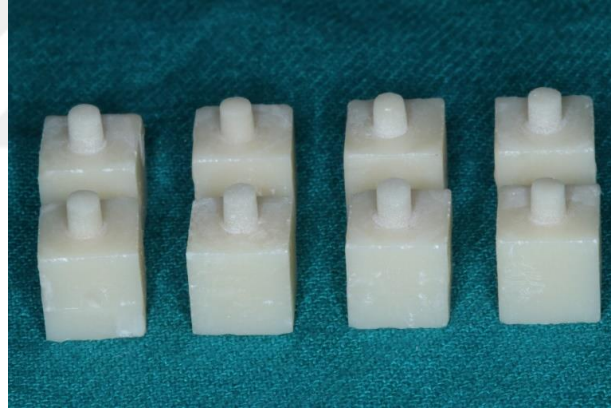
Renk ölçümleri tamamlanan zirkonya altyapıların üzerine, firma önerileri doğrultusunda liner tabakası (Rainbow Liner LN2, Genoss, Gyeonggi-do, Kore) uygulanıp, pişirildi. Ardından porselen uygulaması için ortasında 3 mm çapında bir delik olan ve zirkonya altyapının da içine oturabileceği bir silikon kalıp hazırlandı. Her bir örnek liner uygulaması tamamlandıktan sonra bu silikon kalıbın içine oturtuldu, kalıp kilitlendi ve porselen (Rainbow Dentin Porcelain, DP2, Genoss, Gyeonggi-do, Kore) yığılması işlemi tamamlandıktan sonra kalıp açıldı. Ardından üst yapı porselenleri firma

önerilerine uygun olacak şekilde, belirtilen fırınlama derecelerinde, programlanabilen vakumlu porselen fırınında (Programat P300, Ivoclar vivadent AG, Schaan, Lihtenştayn) pişirildi. Liner ve dentin tabakalarının fırınlama programları Çizelge 3.3'te gösterilmiştir.

Çizelge 3.3. Uygulanan liner ve dentin tabakalarının fırınlama programları

Seramik	B (°C)	S (dk)	T (°C)	H (dk)	t (°C)	V ₁ (°C)	V ₂ (°C)
Rainbow Liner	500	8	955	1	45	500	955
Rainbow Dentin	500	8	910	1	45	500	910

B: Hazırlık ısısı, S: Ön kurutma süresi, T: Pişirme derecesi, H: Pişirme derecesinde durma süresi, t: Porselen fırın ısısının bir dakikada yükselme derecesi, V₁: Vakumlamanın başladığı ısı, V₂: Vakumlamanın bittiği ısı



Şekil 3.4. Porselen yığılması tamamlanan örneklerin görüntüsü

3.5. Makaslama Testlerinin Yapılması

Hazırlanan tüm örneklerin makaslama testleri Çukurova Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Araştırma Laboratuvarında (Adana, Türkiye) bulunan evrensel test cihazında (M500-25KN; Testometric, Rochdale, İngiltere) yapıldı. Tüm örnek grupları için, makaslama testine başlanmadan önce *research randomizer* programı ile randomizasyon yapıldı, oluşturulan sıralamaya göre örneklerle makaslama testi uygulandı.

Cihazın alt tutucu parçasına sabitleyebilmek için örnekler akrilik kalıplara gömüldü. Her bir örnekte bağlantı bölgesindeki porselenin çapı kumpas yardımıyla 3 farklı noktadan ölçüldü ve ortalaması alınarak o örnek için yüzey alanı (mm²) olarak kaydedildi. Örneklerin alt tutucu parçaya yerleştirilmesinden sonra, cihazın üst tutucusuna çentikli çubuk uç şeklindeki bıçak yerleştirildi. Cihazın kuvvet uygulama hızı 1mm/dk olarak ayarlandı. Ayrılmanın gerçekleştiği andaki kuvvet değeri Newton (N) cinsinden otomatik olarak kaydedildi. Test, bilgisayar ekranında gerilim ve yüzde uzama grafiği olarak izlendi. Ayrılma gerçekleştiği anda test otomatik olarak bilgisayar tarafından durduruldu.

Sonuçlar;

$$\text{Bağlanma Dayanımı} = \text{Kuvvet/Alan (N/mm}^2\text{)}$$

formülüne göre MPa olarak hesaplandı.



Şekil 3.5. Test düzeneğine yerleştirilmiş bir örnek

3.6. İstatistiksel Analiz

Renk ölçümleri ve bağlanma dayanımı verilerinin istatistik analizleri SPSS 21.0 (SSPS Inc., ABD) programı kullanılarak yapılmıştır. Elde edilen veriler tek yönlü ANOVA ve takibinde Tukey HSD testi kullanılarak karşılaştırılmıştır ($p \leq 0.05$).

Bağlanma dayanımı testi sonuçları için ekstra olarak Weibull analizi uygulanmış ve SPSS 21.0 programı kullanılarak grupların Weibull modülleri hesaplanmıştır.

3.7. SEM-EDS Analizleri

Renklendirme solüsyonuna tabi tutulmuş ve herhangi bir porselen uygulaması yapılmamış örneklerin yüzeyindeki elementlerin tespiti için SEM-EDS incelemeleri Çukurova Üniversitesi Merkez Araştırma Laboratuvarı (ÇÜMERLAB) bünyesindeki taramalı elektron mikroskobunda (FEI, Quanta FEG 650, ABD) yapıldı.



4. BULGULAR

4.1. Renk Değeri (E) Test Bulguları

Çalışmamızda ilk olarak renklendirme solüsyonunda farklı sürelerde (30 saniye, 60 saniye, 120 saniye) bekletilmiş zirkonya altyapılar ile prefabrike olarak renklendirilmiş zirkonya altyapıların (renk kontrol grubu) renk değerleri (E) karşılaştırmalı olarak incelenmiştir. İncelemeye tabi tutulan ve her biri 16 adet deney örneği içeren 3 deney grubu ve bir kontrol grubundaki toplam 64 örneğin renk değerlerine ilişkin istatistiksel veriler Çizelge 4.1 ve 4.2’de verilmiştir.

Çizelge 4.1. Örneklerin renk değerleri (E)

Gruplar	n	E	SS (±)	Min.	Maks.
G30	16	78,1673	,95256	76,75	80,70
G60	16	81,1626	,77638	80,27	82,44
G120	16	78,5415	,88166	77,33	80,29
PRZ	16	77,3437	,22952	76,77	77,65

Çizelge 4.2. Tukey Test ile yapılan ikili karşılaştırmalar ($p < .05$)

Grup 1	Grup 2	p-değeri
PRZ (kontrol)	G30	,018
	G60	,000
	G120	,000
G30	PRZ	,018
	G60	,000
	G120	,515
G60	PRZ	,000
	G30	,000
	G120	,000
G120	PRZ	,000
	G30	,515
	G60	,000

Yapılan istatistiksel karşılaştırmalara göre ($p < .05$);

1. Kontrol grubunun E değeri ile diğer bütün deney gruplarının E değeri arasında istatistiksel olarak anlamlı fark bulunmuştur (PRZ-G30: $p = .018$, PRZ-G60 $p = .000$, PRZ-G120 $p = .000$).
2. Deney gruplarının kendi aralarında yapılan karşılaştırmalarda G60 E değeri, G30 ve G120 E değerinden istatistiksel olarak anlamlı ölçüde farklı bulunmuştur (G60-G30 $p = .000$, G60-G120 $p = .000$)
3. G30 ve G120 E değerleri arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunamamıştır (G30-G120 $p = .515$)

4.2. Makaslama Bağlanma Dayanımı Test Bulguları

Çalışmamızın ikinci bölümünde renklendirme solüsyonunda farklı sürelerde (30 saniye, 1 dakika, 2 dakika) bekletilmiş, prefabrike olarak renklendirilmiş ve hiçbir renklendirme prosedürüne tabi tutulmamış zirkonya altyapıların (kontrol grubu), üst yapı porseleni ile makaslama bağlanma dayanım değerleri karşılaştırılmalı olarak incelenmiştir. İncelemeye tabi tutulan 4 deney ve 1 kontrol grubunun makaslama bağlanma dayanım değerlerine ilişkin istatistiksel veriler Çizelge 4.3 ve Çizelge 4.4'te verilmiştir.

Çizelge 4.3. Örneklerin makaslama bağlanma dayanımı değerleri

Grup	n	BD (MPa)	SS (\pm)	Min.	Max.
G30	16	24,3	6,9	12,3	34,8
G60	16	28,75	7,8	15,7	40,3
G120	16	21,5	7,2	12,1	36,2
PRZ	16	31,5	7,7	18,9	44,2
BDK	16	19,1	11,2	6,9	48,9

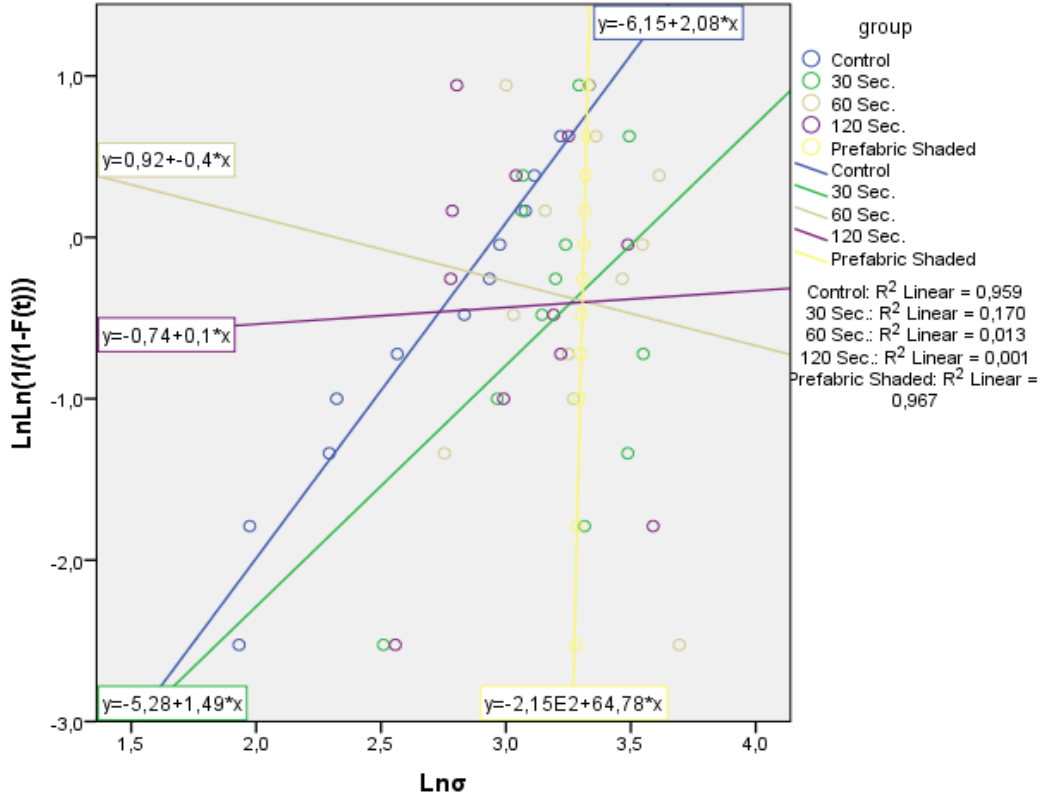
Çizelge 4.4. Tukey Test ile yapılan çoklu karşılaştırmalar

Grup 1	Grup 2	p-değeri
BDK (kontrol)	G30	,519
	G60	,036
	G120	,949
	PRZ	,003
G30	BDK	,519
	G60	,648
	G120	,915
	PRZ	,185
G60	BDK	,036
	G30	,648
	G120	,188
	PRZ	,913
G120	BDK	,949
	G30	,915
	G60	,188
	PRZ	,026
PRZ	BDK	,003
	G30	,185
	G60	,913
	G120	,026

Yapılan istatistiksel karşılaştırmalara göre ($p < .05$);

1. BDK bağlanma dayanımı değeri, G60 ve PRZ bağlanma dayanımı değerinden istatistiksel olarak anlamlı ölçüde farklı bulunmuştur (BDK-G60 $p = .036$, BDK-PRZ $p = .003$).
2. G30, hiçbir gruptan istatistiksel olarak anlamlı ölçüde farklı bulunmamıştır (G30-BDK $p = .519$, G30-G60 $p = .618$, G30-G120 $p = .915$, G30-PRZ $p = .185$).
3. PRZ, G120'den istatistiksel olarak anlamlı ölçüde farklı bulunmuştur (PRZ-G120 $p = .026$)

Elde edilen bu farklı sonuçlar, renklendirme solüsyonlarının zirkonya-veneer seramik bağlanma dayanımına olan etkisinin öngörülemediğini gösterdiği için, bağlanma dayanımı değerlerinin dağılımlarını görebilmek için sonuçlara Weibull analizi uygulanmıştır. Sonuçların dağılımı Şekil 4.1’de gösterilmiştir.

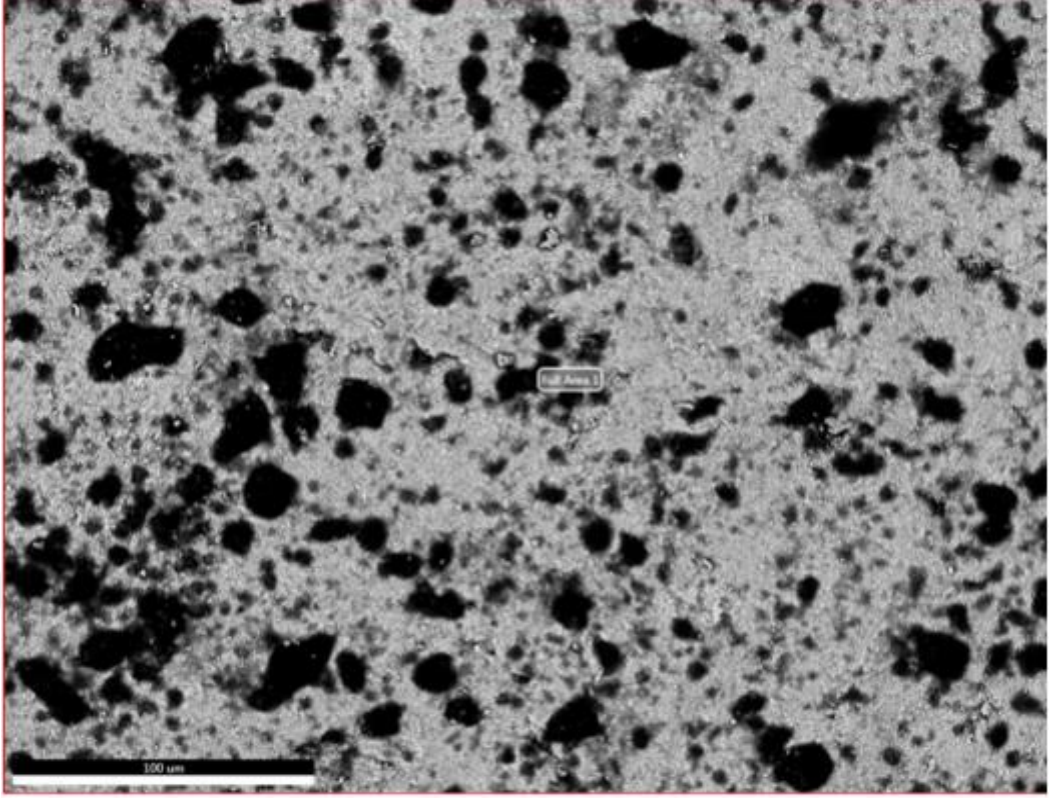


Şekil 4.1. Weibull Analizi

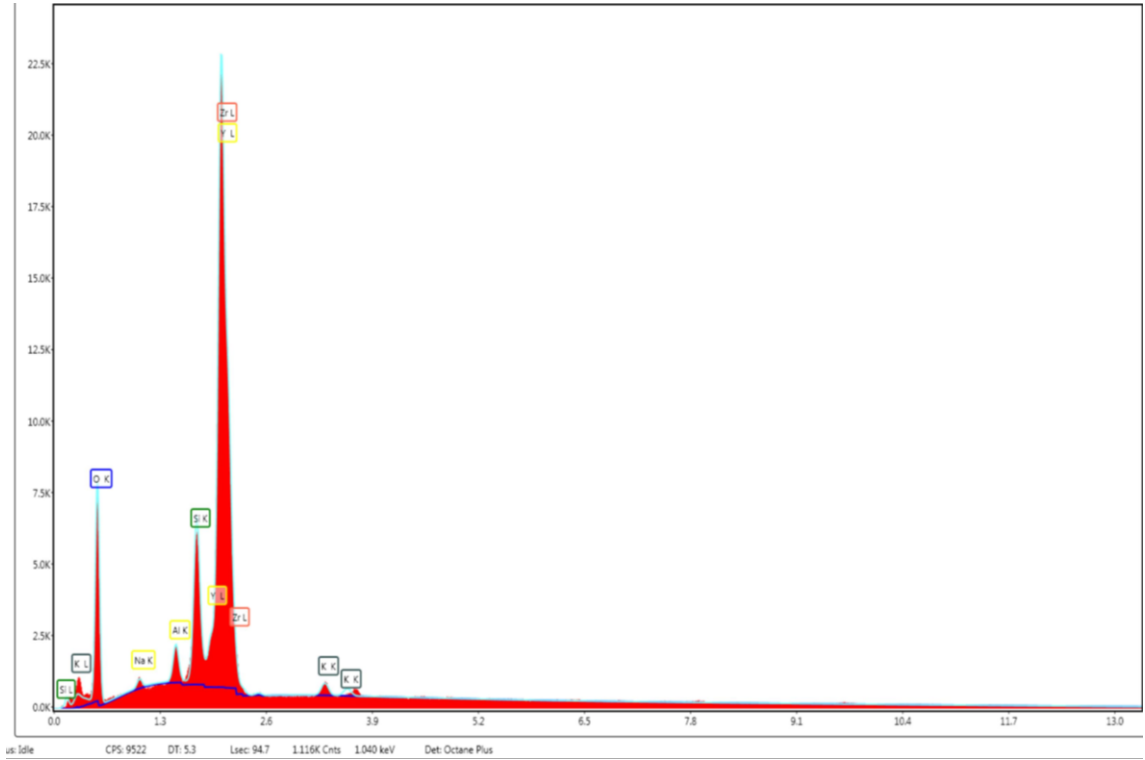
Weibull analizi sonuçlarına göre renklendirme solüsyonuna tabi tutulan gruplarda geniş bir alana dağılım görülmüştür. En yüksek Weibull modülüne sahip olan (64.78) PRZ ise çok daha dar bir alana dağılım göstermiştir. Onu izleyen BDK Weibull modülü 2.08, G30 1.49, G60 0.4, G120 ise 0.1 olarak bulunmuştur.

4.3. SEM-EDS Analiz Bulguları

Renklendirme solüsyonuna tabi tutulmuş ve başka herhangi bir yüzey işlemi uygulanmamış olan zirkonya örneklerin yapılan elemental analizleri sonucu, yüzeyde zirkonyum ve onu stabilize etmek için kullanılan yttriyum dışında alüminyum ve silisyum gibi elementlere rastlanmıştır (Şekil 4.2)



Şekil 4.2. Zirkonya örneğin x100 büyütmedeki SEM-EDS görüntüsü



Şekil 4.3. Elemental analiz grafiği

5. TARTIŞMA

Çalışmamızın sonuçları; 1. hipotezimiz olan renklendirme solüsyonlarında farklı sürelerde bekltilmiş zirkonya altyapılarla prefabrike renklendirilmiş zirkonya altyapılar arasında renk açışından fark olmayacağını ve 2. hipotezimiz olan bu renklendirme prosedürlerinin zirkonya-veneer seramik bağlanma dayanımını etkilemeyeceğini reddetmiştir.

Günümüzde estetik beklentilerin artışıyla beraber hem mekanik hem de estetik özellikleriyle popülaritesi artan zirkonya altyapılı restorasyonların kullanımları artmıştır, ancak zirkonyanın optik özellikleri hala tartışmalıdır³⁴. Bu nedenle mevcut çalışmamızda zirkonyanın renklendirme prosedürleri sonucu değişen renk özellikleri ve veneer seramikle olan bağlanma dayanımı değerlendirilmiştir.

Üstün fiziksel özelliklerinin yanı sıra CAD/CAM teknolojisiyle birlikte kullanılabilmesi zirkonyanın altyapı olarak kullanımını protetik diş hekimliğinde önemli bir yere getirmiştir¹⁷. CAD/CAM sistemlerinin temel hedefleri arasında, fabrika tarafından üretilmiş hazır blokların kullanımıyla yüksek kalite standartlarında malzemelerden restorasyonların üretilmesi, restorasyonun şekillendirme prosedürünün standardize edilmesi ve üretim maliyetinin düşürülmesi vardır⁷⁸. Bizim çalışmamızda da zirkonya altyapılar bu nedenle CAD/CAM teknolojisi kullanılarak kazıma yoluyla üretilmiştir. Ayrıca çalışmamızdaki tüm örnekler sistem hakkında yeterli bilgi ve tecrübeye sahip, aynı teknisyen tarafından hazırlanmıştır.

Sinterize zirkonya blokların CAD/CAM ünitelerinde aşındırılmaları oldukça zor ve zaman alıcıdır^{23,30}. Pre-sinterize zirkonya blokların kazıma işlemi ise daha kolay ve hızlı bir şekilde yapılabilir. Ayrıca kazıma sırasında frezlerin uyguladığı kuvvet daha azdır ve kazıma işleminin daha hassas olacağı bildirilmiştir⁷⁹. Bu nedenlerle daha hızlı, kolay ve hassas üretim için bizim çalışmamızda da pre-sinterize zirkonya bloklar tercih edilmiştir.

Zirkonya altyapıların beyaz ve opak renklerinin maskelenebilmesi için seçilen uygun bir yöntemle renklendirilmeleri gerekir. Bu yöntemlerden biri olan renklendirme solüsyonu uygulamasının zirkonya altyapıların rengini nasıl etkilediğiyle ilgili literatürdeki bilgiler çok sınırlıdır.

Kim ve ark⁷⁶ zirkonyaya renklendirme solüsyonunu bir fırça yardımıyla uyguladıkları çalışmada, solüsyonu uygulama sayısı arttıkça L* değerinin azaldığını, b* değerinin arttığını gözlemlemiş ve bunun sonucunda daha koyu ve daha sarı monolitik zirkonyalar elde ettiklerini rapor etmişlerdir. Ekren⁷⁵ renklendirme solüsyonuna daldırma süresinin, zirkonya seramiklerin kırılma dayanımı ve rengine olan etkisini incelediği çalışmada, prefabrike renklendirilmiş zirkonya örneklerle, 2 dakika renklendirilmiş örnekler arasında renk açısından bir fark olmadığını, ancak 4 dakika ve 6 dakika renklendirilmiş örneklerin renginin prefabrike renklendirilmiş örneklerden farklı olduğunu rapor etmiştir. Bu çalışmada 2 dakikalık solüsyona daldırma süresi üretici firma önerisidir. Mevcut çalışmamızda Ekren'in çalışmasındakiyle aynı marka (Rainbow) zirkonya blok ve renklendirme solüsyonu kullanılmıştır. Ekren 120 saniye solüsyona daldırdığı grubun E değerini 81,4 bulmuştur, bizim çalışmamızda ise aynı grubun E değeri 78,5 olarak bulunmuştur. Ekren diğer deney grupları olan 4 dakika ve 6 dakikalık grupların E değerlerini, 2 dakikalık gruptan istatistiksel olarak anlamlı ölçüde farklı bulmuştur, ancak bizim çalışmamızda 120 saniyelik gruba 30 saniyelik grup arasında fark görülmezken, 60 saniyelik grup arasında istatistiksel olarak anlamlı ölçüde fark bulunmuştur. Ortaya çıkan bu sonuçlar renklendirme solüsyonlarının uygulanma şekli, süresi, kullanıcı deneyimi gibi faktörlerin ortaya çıkan renk sonucunu etkilediğini ve sonucun önceden öngörülemez olduğunu göstermektedir. Literatürde de bununla ilgili herhangi bir standart yoktur.

Literatürdeki çalışmalar renklendirme solüsyonuna tabi tutulma süresinin veya miktarının artmasıyla renk değerlerinin de değişiklik göstereceğini bildirmişlerdir^{75,76}. Bu sebeple çalışmamızda aynı markanın renklendirilmemiş zirkonya blokları, aynı markanın renklendirme solüsyonuna, uzayan renklendirme sürelerinin renk üzerine olan etkileri göz önünde bulundurularak üretici firmanın önerdiği sürede (120 saniye) ve ondan daha kısa sürelerde (60 saniye ve 30 saniye) daldırılmıştır. Sonuçlar incelendiğinde kontrol grubu olarak kullanılan yine aynı markanın prefabrike renklendirilmiş bloklarının renginin, bütün deney gruplarından farklı olduğu görülmüştür. Solüsyona farklı sürelerde daldırılan gruplar arasında çıkan sonuçlar ise renklendirme solüsyonlarının renge olan etkisinin öngörülemez olduğunu göstermiştir. Bu etki, yöntemin kullanıcı hatası ihtimalini bulunduruyor olmasından ve solüsyon içeriğindeki metal iyonlarının farklı sürelerde farklı oranlarda zirkonyanın içine diffüze olmasından kaynaklanabilmektedir.

Renklendirme solüsyonları renklendirme etkilerini içeriklerindeki metal iyonları aracılığıyla yapar³⁹. Bu metal iyonlarının zirkonyumun fiziksel ve mekanik özelliklerini etkilediği düşünülmektedir^{38,39}. Hjerppe ve ark³⁸ renklendirme solüsyonlarının zirkonya altyapıların bükülme dayanımına ve yüzey sertliğine olan etkilerini inceledikleri çalışmada, renklendirildikten sonra sinterlenen örneklerin yapılan yüzey incelemelerinde yüzeyde sadece zirkonyum, hafniyum ve yttriyum elementleri olduğunu görmüş, renklendirme solüsyonu içeriğinde bulunan herhangi bir elemente rastlamamışlardır. Çünkü bu renklendirici elementlerin nanopartiküller halinde zirkonyumun partikül yapısı içine dağıldığı görülmüştür. Bu çalışmada A3, B1, D2 ve C4 renkli solüsyonların hepsinde bükülme dayanımının azaldığı görülürken, D4 renkli solüsyonda bükülme dayanımında herhangi bir azalma görülmemiştir. Bunun nedeni D4 renkli solüsyonda diğer solüsyonlarda bulunmayan kalsiyum (Ca) elementinin bulunması ve kalsiyumun zirkonyumun gren yapısında değişiklik yapmaması olarak düşünülmüştür. Mevcut çalışmamızda renklendirme solüsyonuna tabi tutulmuş zirkonya örneklerin yüzeyinden yapılan elemental analizler sonucu yüzeyde zirkonyum ve yttriyum elementleri dışında alüminyum ve silisyum elementlerine de rastlanmıştır. Bu elementler renklendirme solüsyonu içeriğinde bulunabilecek muhtemel iyonlardır. Bu çalışmanın sonucunda elde edilen veriler zirkonya-veneer seramik bağlantısını olumsuz etkileyen faktörlerden birinin de yüzeyde kalan bu iyonlar olabileceğini düşündürmektedir.

Ban ve ark³⁹ renklendirme solüsyonlarının dental zirkonyaların mekanik özelliklerine olan etkilerini inceledikleri çalışmada, bükülme dayanımı ve kırılma dayanımının içeriğinde Erbium (Er) ve Neodinium (Nd) bulunan solüsyonlarda azaldığını, Demir (Fe) ve Kobalt (Co) bulunan solüsyonlarda ise değişmediğini gözlemlemişlerdir³⁹. Mevcut çalışmada da deney grupları arasında görülen farklı renk değerleri renklendirme solüsyonlarının zirkonyanın fiziksel özelliklerini etkilediğini destekler niteliktedir.

Uygun şekilde renklendirilmiş zirkonya altyapıların daha estetik restorasyonlar elde edebilmek için feldspatik porselenlerle kaplanması gerekir ve bu tip restorasyonlarda en sık görülen başarısızlık tipi zirkonya altyapıdan üst yapı seramiğinin bir kısmının veya tamamının tabakalar halinde ayrılmasıdır^{41,42,58}. Sailer ve ark⁴³ zirkonya altyapılı 45 adet üç ve beş üyeli sabit protetik restorasyonun klinik takibini yaptıkları çalışmada, 5 yıllık takip sonucunda restorasyonların %15,2'sinde üst yapı porseleninde kırıklar görüldüğünü

rapor etmişlerdir. Aboushelib ve ark⁸⁰ zirkonya altyapılı restorasyonlardaki başarısızlık tiplerini inceledikleri çalışmada, 19 tek kronun %52,6'sında seramiğin altyapıdan tabakalar halinde ayrıldığını, %31,5'inde seramiğin altyapıdan tamamen ayrıldığını, 17 köprünün %60'ında seramiğin altyapıdan tabakalar halinde ayrıldığını rapor etmişlerdir. Raigrodski ve ark⁸¹ zirkonya altyapılı 20 adet üç üyeli sabit protetik restorasyonun klinik takibini yaptıkları çalışmada, 3 yıllık takip sonucunda restorasyonların %25'inde üst yapı porseleninde kırıklar görüldüğünü rapor etmişlerdir. Molin ve ark⁸² zirkonya altyapılı 19 adet 3 üyeli sabit protetik restorasyonun klinik takibini yaptıkları çalışmada, 5 yıllık takip sonucunda restorasyonların %30'unda üst yapı porseleninde kırık görüldüğünü rapor etmişlerdir. Roediger ve ark⁸³ zirkonya altyapılı 99 adet 3 veya 4 üyeli sabit restorasyonun klinik takibini yaptıkları çalışmada, 4 yıllık takip sonucunda restorasyonların 13 tanesinde üst yapı porseleninde kırık görüldüğünü rapor etmişlerdir. Bu nedenle mevcut çalışmamızda da zirkonya-veneer seramik bağlantısını olumsuz etkileyen faktörlerden birinin de renklendirme prosedürleri olabileceği düşünülmüş ve araştırılmıştır.

Metal-seramik restorasyonlarla karşılaştırıldığında zirkonya altyapılı restorasyonlarda, altyapı ve üst yapı arasındaki bağlantıda karşılaşılan problemlerin oldukça fazla olduğu görülmüştür. Bu başarısızlık oranı metal-seramik restorasyonlar için 10 ve 15 yıllık takip sürelerinde sırasıyla %2,7 ve %5,5 olarak rapor edilmiştir^{84,85}. Metal ve veneer seramik arasındaki bağlanma, yapılar arasındaki mekanik kilitleme, van der Waals kuvvetleri ve seramik ile oksit tabakası arasındaki kimyasal bağlantı ile sağlanmaktadır⁸⁶. Ancak günümüzde zirkonya ile veneer seramik arasındaki bağlanmanın nasıl gerçekleştiği hala net değildir^{77,87}. Zirkonya ve veneer seramik arasındaki bağlanmanın nasıl gerçekleştiği tam olarak anlaşılamasa da bağlantıyı etkileyen birçok faktör olabileceği düşünülmüştür. Zirkonya ve veneer seramik arasındaki ısıl genleşme katsayısı farkı, yüzey ıslanabilirliği, zirkonya altyapının farklı yüzey özellikleri, porözite miktarı, üretim şekli, bağlantı yüzeyindeki defektlerin türü ve yoğunluğunun bu bağlantı üzerinde etkili olduğu düşünülmektedir^{15,46,87}.

Bağlanma dayanımının araştırıldığı çalışmalarda, zirkonya altyapıların opak rengini baskılamak için bir renklendirme yöntemi olarak veya bağlanma dayanımını arttırmak amacıyla kullanılan liner materyalinin etkisi de incelenmiştir. Aboushelib ve ark⁴¹ farklı zirkonya tiplerinin farklı veneer seramiklerle olan bağlanma dayanımını araştırdıkları çalışmada, liner kullanımının bağlanma dayanımını arttırdığını rapor

etmişlerdir. Aboushelib ve ark yaptıkları çalışmanın ikinci bölümünde⁴⁰ ise liner kullanımının bağlanma dayanımını azalttığını rapor etmişlerdir. Ancak bu çalışmada liner kullanımı ile bağlanma dayanımı azalan grupta zirkonya altyapıların üzerine porselenler presleme tekniği ile uygulanmıştır. Bağlanma dayanımının azalmasına neden olan faktör veneerleme tekniğindeki farklılık olabilir. Mevcut çalışmamıza üst yapı porselenleri yığma tekniğiyle uygulanmıştır. Mosharraf ve ark⁵⁷ farklı yüzey işlemlerinin zirkonya-veneer seramik bağlanma dayanımına olan etkilerini inceledikleri çalışmada, liner materyalinin renklendirilmemiş altyapılarda bağlantıyı azalttığını, renklendirilmiş altyapılarda bağlantıyı arttırdığını bildirmişlerdir. Ancak elde edilen bağlanma dayanımı değerleri, hiçbir yüzey işlemi uygulanmamış kontrol grubundan istatistiksel olarak farklı bulunmamıştır. Çalışmada elde edilen bağlanma dayanım değerleri (21,3-30,8 MPa), mevcut çalışmadaki bağlanma dayanım değerleri ile (19,1-31,5 MPa) benzerlik göstermektedir. McLaren ve ark⁸⁸ zirkonya altyapılar üzerine uygulanan veneer seramikleri inceledikleri çalışmada, zirkonya altyapılar üzerine ince bir tabaka halinde uygulanan liner materyalinin altyapının ıslanabilirliğini sağlayarak *düşük glazeli* porselen yüzeyi oluşturduğunu ve bunun bağlantıya olumlu etki ettiğini bildirmişlerdir. Mevcut çalışmada da zirkonya altyapılara üst yapı porseleni uygulamasından önce, tüm örnekler standart olarak, üretici firma önerileri doğrultusunda liner materyali uygulanmış ve uygulanan liner materyalinin fırınlama işlemleri tamamlandıktan sonra porselen yığılması işlemine geçilmiştir.

Tuncel ve ark⁸⁹ renklendirme solüsyonlarının zirkonya-veneer seramik bağlanma dayanımına olan etkilerini inceledikleri çalışmada, A3, B1, C4, D2, D4 renkli solüsyonlarda zirkonya altyapıları 3 saniye ve 60 saniye bekletmiş, 3 saniye bekletilen A3 ve C4 renkli örneklerin bağlanma dayanımları arasında istatistiksel olarak anlamlı ölçüde fark olduğunu, 3 saniye ve 60 saniye bekletilen örnekler arasında B1 renkli grup dışında bağlanma dayanımı açısından fark olmadığını bildirmişlerdir. B1 renkli grupta, 3 saniye bekletilen örneklerin bağlanma dayanımı 35,7 MPa, 60 saniye bekletilen örneklerin bağlanma dayanımı 30,8 MPa bulunmuştur. Mevcut çalışmada tek tip renklendirme solüsyonu kullanmıştır, ancak benzer şekilde bağlanma dayanımı 60 saniyelik grupta 28,7 MPa, 120 saniyelik grupta 21,5 MPa bulunmuştur ve bu fark anlamlıdır. Yani solüsyonda bekletme süresi arttıkça bağlanma dayanımı benzer şekilde düşmüştür. Mevcut çalışmada bağlanma dayanımı değerlerinin ilgili çalışmadan daha

düşük çıkmasının nedeni, bu çalışmada üst yapı porseleni uygulamasından önce zirkonya yüzeylerinin Al₂O₃ partikülleri ile kumlanmış olması olabilir. Mevcut çalışmada zirkonya altyapılara firma önerileri doğrultusunda, liner uygulaması hariç hiçbir yüzey pürüzlendirme işlemi uygulanmamıştır. Yüzey pürüzlendirme işlemlerinin zirkonya-veneer seramik bağlanma dayanımını arttırabileceği düşünülse de aşırı ısınmanın eşlik ettiği bu işlemlerde tersine faz dönüşümü (t→m) meydana geldiği ve bunun sonucunda zirkonyum oksit seramiğin direncinde azalma meydana geldiği bildirilmiştir^{20,59}.

Aktaş ve ark⁷⁷ renklendirilmiş zirkonya altyapılarla farklı ısıl genleşme katsayısına sahip veneer seramiklerin bağlanma dayanımını araştırdıkları çalışmada, zirkonya altyapıların renklendirme solüsyonu kullanılarak renklendirilmesinin zirkonya-veneer seramik bağlanma dayanımına etki etmediğini rapor etmişlerdir. Bu çalışmada da benzer şekilde zirkonya altyapılara Al₂O₃ partikülleri ile kumlama yapılmış ve bağlanma dayanımı değerleri 27,1-39,7 MPa aralığında bulunmuştur. Mevcut çalışmadan farklı çıkan sonuçlar yine yüzey pürüzlendirme işlemlerine ve kullanılan farklı ısıl genleşme katsayılarına sahip veneer seramiklere bağlı olabilir.

Aboushelib ve ark¹⁵ zirkonya tiplerinin farklı veneer seramiklerle olan bağlanma dayanımını araştırdıkları çalışma sonucunda, renkli zirkonya altyapıların veneer seramikle olan bağlanma dayanımının, renklendirilmemiş altyapılara kıyasla anlamlı ölçüde az olduğunu rapor etmişlerdir. Ancak çalışmadaki yüzey işlemi olarak sadece liner uygulanan ve Cercon Ceram veneer seramik (Cercon® Ceram Express, Degudent GmbH, Hanau-Wolfgang, Almanya) kullanılan grupta, prefabrike renklendirilmiş grubun (Cercon yellow) bağlanma dayanımı 37,1 MPa, renklendirilmemiş grubun (Cercon White) bağlanma dayanımı 31,6 MPa bulunmuştur. Mevcut çalışmamızda da prefabrike renklendirilmiş grubun bağlanma dayanım değeri (31,5 MPa), herhangi bir renklendirme prosedürü uygulanmamış kontrol grubununkinden (19,1 MPa) yüksek çıkmıştır. Sonuçlar mevcut destekler niteliktedir.

Atash ve ark⁹⁰ renklendirme solüsyonlarının zirkonya-veneer seramik bağlanma dayanımına olan etkisini 3 nokta bükme testi kullanarak araştırdıkları çalışmada, aynı süre uygulanan A2 ve C4 renkli solüsyonlardan, A2 renkli solüsyon uygulanan grubun bağlanma dayanım değerinin anlamlı ölçüde daha yüksek bulunduğunu rapor etmişlerdir. Elde edilen sonuç farklı renkte renklendirme solüsyonu kullanılmasından kaynaklanıyor olabileceği gibi literatüre ve mevcut çalışmaya göre yüksek çıkan bağlanma dayanımı

değerleri (43,93-52,41 MPa) kullanılan üç nokta bükme test metodolojisinden kaynaklanıyor olabilir. Altyapı ve veneer seramik bağlanma dayanımını ölçmek için makaslama testi, çekme testi, mikroçekme testi, üç/dört nokta bükme testi gibi çeşitli test metotları geliştirilmiştir. Metal seramik restorasyonlar için üç nokta bükme testinin bağlanma dayanımını ölçmede efektif olduğu bildirilmiştir. Fakat kırılmalardan dolayı bu test tam seramik sistemlerde kullanılamamaktadır⁹¹. Mevcut çalışmamızda, çekme testi düzensiz gerilme dağılımlarına bağlı olarak üst yapı seramiğinde koheziv kırılmalar meydana getirebildiği ve ara yüz bağlanma dayanım değerinin daha yüksek çıkmasına neden olduğu için tercih edilmemiştir⁶⁶. Mikroçekme testi ise çok fazla teknik hassasiyet gerektirdiği ve çok küçük hazırlanan örneklerde hızla su kaybı yaşandığı için tercih edilmemiştir⁶⁷. Bunlar yerine bağlanma dayanım değeri ölçümü için en sık kullanılan yöntem olan makaslama testi, hızlı ve kolay uygulanabilir olması, gerektiğinde testin tekrar edilebilmesi, bağlantı bölgesine en yakın yerden paralel bir kuvvet uygulaması gibi avantajlarından dolayı tercih edilmiştir^{70,71}.

Mevcut çalışmada üretim aşamasında zirkonyum dioksit tozuna pigmentlerin eklenmesiyle elde edilen renkli bloklar ve aynı markanın renklendirme solüsyonuyla farklı sürelerde renklendirilmiş zirkonya bloklarla, hiçbir renklendirme prosedürüne tabi tutulmamış blokların veneer seramikle olan bağlanma dayanım değerleri karşılaştırılmıştır. Elde edilen sonuçlarda, prefabrike renklendirilmiş olan grupta bağlanma dayanımı en yüksek değer olarak bulunmuştur. Renklendirilmemiş kontrol grubunda bağlanma dayanımı en düşük değer olarak bulunmuş, ancak bu yalnızca prefabrike renklendirilmiş ve 60 saniyelik gruptan anlamlı ölçüde düşük bulunmuştur. Kırılgan malzemelerin kırılma verileri normal dağılım göstermediğinden, kırılgan malzemelerin analizlerinde Weibull analizi yaygın olarak kullanılır. Düşük Weibull modülü, değerlerin geniş bir alana yayıldığını ve ölçümlerin yüksek değişkenlik gösterdiği anlamı taşırken, daha yüksek Weibull modülü ise değerlerin dar bir alana yayıldığını ve daha düşük değişkenlik gösterdiğini anlatır. Mevcut çalışmada renklendirilmemiş bağlanma dayanımı kontrol grubu ve prefabrike renklendirilmiş renk kontrol grubunun Weibull modülleri diğer test gruplarından anlamlı derecede yüksek bulunmuştur. Elde edilen veriler, renklendirme solüsyonlarının zirkonya altyapılar ile veneer seramik arasındaki bağlantıyı etkileyerek öngörülemez hale getirdiğini göstermektedir. Prefabrike olarak renklendirilmiş zirkonya altyapılarda elde ettiğimiz

veriler ise bu grubun hem bağlanma dayanım değerlerinin hem de Weibull modüllerinin yüksek olmasıyla daha öngörülebilir ve güvenilir olduğunu göstermektedir.

Zirkonya-veneer seramik arasındaki bağlanma dayanım değerleri literatürde 16,8-48,8 MPa aralığında bildirilmiştir^{40,41,87}. Mevcut çalışmada da 19,1-31,5 MPa aralığında çıkan bağlanma dayanım değerleri literatürü destekler niteliktedir. Ayrıca elde edilen değerler, metal altyapı-veneer seramik arasında olması gereken minimum bağlanma dayanım değeri olan 25 MPa'ya yakınlık göstermektedir⁹².

.



6. SONUÇLAR ve ÖNERİLER

- Zirkonya altyapıların renklendirme solüsyonları kullanılarak renklendirilmesi öngörülemez renk değerleri elde edilmesine sebep olmaktadır. Prefabrike olarak renklendirilmiş örnekler ve aynı renk solüsyonla renklendirilmiş örneklerin renk değerleri farklıdır. Ayrıca solüsyonda bekleme süresi de rengi etkilemektedir.
- Renklendirme solüsyonları zirkonya-veneer seramik bağlanma dayanımını da olumsuz etkilemektedir. Prefabrike renklendirilmiş örneklerde en yüksek bağlanma dayanım değerleri elde edilmiştir ve kırılma verileri çok daha homojen bir dağılım göstermiştir.
- Elde edilen veriler doğrultusunda zirkonya altyapıların renklendirilmesinde, prefabrike renklendirme yönteminin kullanılmasını tavsiye edilmektedir.

KAYNAKLAR

1. **Pjetursson BE**, Tan K, Lang NP, Bragger U, Egger M, Zwahlen M. A systematic review of the survival and complication rates of fixed partial dentures (FPDs) after an observation period of at least 5 years: I. Implant-supported FPDs. *Clin Oral Implants Res.* **2004**;15(6):625-642.
2. **Creugers NHJ**, Kayser AF, van't Hof MA. A meta-analysis of durability data on conventional fixed bridges. *Community Dent Oral Epidemiol.* **1994**;22(6):448-452.
3. **Qualtrough AJE**, Piddock V. Ceramics update. *J Dent.* **1997**;25(2):91-95.
4. **Sedda M**, Vichi A, Carrabba M, Capperucci A, Louca C, Ferrari M. Influence of coloring procedure on flexural resistance of zirconia blocks. *J Prosthet Dent.* **2015**;114(1):98-102.
5. **Driscoll CF**, Freilich MA, Guckes AD, et al. The Glossary of Prosthodontic Terms. *J Prosthet Dent.* **2017**;117(5):C1-e105.
6. **Craig**, Robert G., Powers JM. *Restorative Dental Materials.* 11th ed.; **2002**.
7. **Zarone F**, Russo S, Sorrentino R. From porcelain-fused-to-metal to zirconia: Clinical and experimental considerations. *Dent Mater.* **2011**;27(1):83-96.
8. **Yavuzylmaz H**, Bal BT, Bavbek B, Kurt E. Tam Porselen Sistemleri I. *Gazi Üniversitesi Diş Hekim Fakültesi Derg.* **2005**;22(1):41-48.
9. **O'Brien WJ.** *Dental Materials and Their Selection.*; **2002**. doi:10.1016/0022-3913(90)90250-G
10. **Sundh, A.**, Molin, M. and Sjögren G. Fracture Resistance of Yttrium Oxide Partially-Stabilized Zirconia All-Ceramic Bridges after Veneering and Mechanical Fatigue Testing. *Dent Mater.* **2005**;21(5):476-482.
11. **Hondrum SO.** A review of the strength properties of dental ceramics. *J Prosthet Dent.* **1992**;67(6):859-866.
12. **Sjögren G**, Lantto R, Granberg A, Sundström BO, Tillberg A. Clinical examination of leucite-reinforced glass-ceramic crowns (Empress) in general practice: a retrospective study. *Int J Prosthodont.* **1999**;12(2):122-128.
13. **Sener ID**, Türker řB. Kimyasal Yapılarına Gre Tam Seramik Restorasyonlar. *Atatürk Üniversitesi Diş Hekim Fakültesi Derg.* **2009**;19(1):61-67.
14. **Rinke S**, Hls A. Copy-milled aluminous core ceramic crowns: A clinical report. *J Prosthet Dent.* **1996**;76(4):343-346.
15. **Aboushelib MN**, Kleverlaan CJ, Feilzer AJ. Effect of zirconia type on its bond strength with different veneer ceramics. *J Prosthodont.* **2008**;17(5):401-408.
16. **Ardlin BI.** Transformation-toughened zirconia for dental inlays, crowns and bridges: Chemical stability and effect of low-temperature aging on flexural strength and surface structure. *Dent Mater.* **2002**;18(8):590-595.
17. **Piconi C**, Maccauro G. Zirconia as a ceramic biomaterial. *Biomaterials.* **1999**;20(1):1-25.
18. **Tosun T.** Kuron ve Kpr protezlerinde zirkonyum. *Dentalife.* **2007**;22:18-26.

19. **Kelly JR**, Denry I. Stabilized zirconia as a structural ceramic: An overview. *Dent Mater.* **2008**;24(3):289-298.
20. **Kosmač T**, Oblak C, Jevnikar P, Funduk N, Marion L. The effect of surface grinding and sandblasting on flexural strength and reliability of Y-TZP zirconia ceramic. *Dent Mater.* **1999**;15(6):426-433.
21. **Guazzato M**, Albakry M, Quach L, Swain MV. Influence of grinding, sandblasting, polishing and heat treatment on the flexural strength of a glass-infiltrated alumina-reinforced dental ceramic. *Biomaterials.* **2004**;25(11):2153-2160.
22. **Christel P**, Meunier A, Heller M, Torre JP, Peille CN. Mechanical properties and short-term in vivo evaluation of yttrium-oxide-partially-stabilized zirconia. *J Biomed Mater Res.* **1989**;23(1):45-61.
23. **Denry I**, Kelly JR. State of the art of zirconia for dental applications. *Dent Mater.* **2008**;24(3):299-307.
24. **Jeong S-M**, Ludwig K, Kern M. Investigation of the fracture resistance of three types of zirconia posts in all-ceramic post-and-core restorations. *Int J Prosthodont.* **2002**;15(2):154-158.
25. **Heydecke G**, Butz F, Hussein A, Strub JR. Fracture strength after dynamic loading of endodontically treated teeth restored with different post-and-core systems. *J Prosthet Dent.* **2002**;87(4):438-445.
26. **Kırmalı Ö**, Özdemir AK. Zirkonya Esaslı Seramikler. *Sağlık Bilim Dergisi, İnönü Üniversitesi.* **2012**;2(9):15-18.
27. **Guazzato M**, Albakry M, Ringer SP, Swain M V. Strength, fracture toughness and microstructure of a selection of all-ceramic materials. Part I. Pressable and alumina glass-infiltrated ceramics. *Dent Mater.* **2004**;20(5):441-448.
28. **Çelik M**, Bural C, Bayraktar G. Diş Hekimliğinde Zirkonya Uygulamaları. *Atatürk Üniv Diş Hek Fak Derg.* **2014**;8(Şekil 1):106-116.
29. **Guazzato M**, Proos K, Quach L, Swain MV. Strength, reliability and mode of fracture of bilayered porcelain/zirconia (Y-TZP) dental ceramics. *Biomaterials.* **2004**;25(20):5045-5052.
30. **Blue DS**, Griggs JA, Woody RD, Miller BH. Effects of bur abrasive particle size and abutment composition on preparation of ceramic implant abutments. *J Prosthet Dent.* **2003**;90(3):247-254.
31. **Manicone PF**, Rossi Iommetti P, Raffaelli L. An overview of zirconia ceramics: Basic properties and clinical applications. *J Dent.* **2007**;35(11):819-826.
32. **Vichi A**, Louca C, Corciolani G, Ferrari M. Color related to ceramic and zirconia restorations: A review. *Dent Mater.* **2011**;27(1):97-108.
33. **Christensen GJ**. Choosing an all-ceramic restorative material: Porcelain-fused-to-metal or zirconia-based? *J Am Dent Assoc.* **2007**;138(5):662-665.
34. **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. *J Prosthet Dent.* **2002**;88(1):10-15.
35. **Stevenson B**, Ibbetson R. The effect of the substructure on the colour of samples/restorations veneered with ceramic: A literature review. *J Dent.* **2010**;38(5):361-368.

36. **Devigus A**, Lombardi G. Shading vita in-ceram YZ substructures: Influence on value and chroma, part II . *Int J Comput Dent*. **2004**;7(4):379-388.
37. **Shah K**, Holloway JA, Denry IL. Effect of Coloring with Various Metal Oxides on the Microstructure, Color, and Flexural Strength of 3Y-TZP. *J Biomed Mater Res - Part B Appl Biomater*. **2008**;87(2):329-337.
38. **Hjerpe J**, Närhi T, Fröberg K, Vallittu PK, Lassila LVJ. Effect of shading the zirconia framework on biaxial strength and surface microhardness. *Acta Odontol Scand*. **2008**;66(5):262-267.
39. **Ban S**, Suzuki T, Yoshihara K, Sasaki K, Kawai T, Kono H. Effect of coloring on mechanical properties of dental zirconia. *J Med Biol Eng*. **2014**;34(1):24-29.
40. **Aboushelib MN**, Kleverlaan CJ, Feilzer AJ. Microtensile bond strength of different components of core veneered all-ceramic restorations. Part II: Zirconia veneering ceramics. *Dent Mater*. **2006**;22(9):857-863.
41. **Aboushelib MN**, De Jager N, Kleverlaan CJ, Feilzer AJ. Microtensile bond strength of different components of core veneered all-ceramic restorations. *Dent Mater*. **2005**;21(10):984-991.
42. **Sailer I**, Fehér A, Filser F, Gauckler LJ, Lüthy H, Hämmerle CHF. Five-year clinical results of zirconia frameworks for posterior fixed partial dentures. *Int J Prosthodont*. **2007**;20(4):383-388.
43. **Sailer I**, Feher A, Filser F, et al. Prospective clinical study of zirconia posterior fixed partial dentures: 3-year follow-up. *Quintessence Int (Berl)*. **2006**;37(9):685-693.
44. **White SN**, Miklus VG, McLaren EA, Lang LA, Caputo AA. Flexural strength of a layered zirconia and porcelain dental all-ceramic system. *J Prosthet Dent*. **2005**;94(2):125-131.
45. **Yalım BB**, Türker, ŞB. Klinikte zirkonya esaslı seramikler. *Atatürk Üniv. Diş Hek. Fak. Derg*. **2011**:91-97.
46. **Fischer J**, Grohmann P, Stawarczyk B. Effect of zirconia surface treatments on the shear strength of zirconia/veneering ceramic composites. *Dent Mater J*. **2008**;27(3):448-454.
47. **Scolaro JM**, Pereira JR, do Valle AL, Bonfante G, Pegoraro LF. Comparative study of ceramic-to-metal bonding. *Braz Dent J*. **2007**;18(3):240-243.
48. **De Jager N**, De Kler M, Van Der Zel JM. The influence of different core material on the FEA-determined stress distribution in dental crowns. *Dent Mater*. **2006**;22(3):234-242.
49. **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):841-847.
50. **Luthardt R**, Sandkuhl O, Reitz B. Zirconia-TZP and alumina--advanced technologies for the manufacturing of single crowns. *Eur J Prosthodont Restor Dent*. **1999**;7(4):113-119.
51. **Isgrò G**, Pallav P, Van Der Zel JM, Feilzer AJ. The influence of the veneering porcelain and different surface treatments on the biaxial flexural strength of a heat-pressed ceramic. *J Prosthet Dent*. **2003**;90(5):465-473.
52. **Beuer F**, Edelhoff D, Gernet W, Sorensen JA. Three-year clinical prospective evaluation of zirconia-based posterior fixed dental prostheses (FDPs). *Clin Oral Investig*. **2009**;13(4):445-451.
53. **Al-Amleh B**, Lyons K, Swain M. Clinical trials in zirconia: a systematic review. *J Oral Rehabil*. **2010**.

54. **Conrad HJ**, Seong W-J, Pesun IJ. Current ceramic materials and systems with clinical recommendations: a systematic review. *J Prosthet Dent.* **2007**;98(5):389-404.
55. **Blatz MB**, Sadan A, Kern M. Resin-ceramic bonding: A review of the literature. *J Prosthet Dent.* **2003**;89(3):268-274.
56. **Kirmali O**, Kapdan A, Kustarci A, Er K. Veneer Ceramic to Y-TZP Bonding: Comparison of Different Surface Treatments. *J Prosthodont.* **2016**;25(4):324-329.
57. **Mosharraf R**, Rismanchian M, Savabi O, Ashtiani AH. Influence of surface modification techniques on shear bond strength between different zirconia cores and veneering ceramics. *J Adv Prosthodont.* **2011**;3(4):221-228.
58. **Fischer J**, Stawarczyk B, Sailer I, Hammerle CHF. Shear bond strength between veneering ceramics and Ce-TZP-Al₂O₃. *J Prosthet Dent.* **2010**;103(5):267-274.
59. **Curtis AR**, Wright AJ, Fleming GJP. The influence of surface modification techniques on the performance of a Y-TZP dental ceramic. *J Dent.* **2006**;34(3):195-206.
60. **Evli D**. Zirkonyum esaslı seramiklerin bağlantı dirençlerinin değerlendirilmesi. *Ankara Üniv. Sağlık Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi*, **2008**.
61. **Burke FJT**, Hussain A, Nolan L, Fleming GJP. Methods used in dentine bonding tests: an analysis of 102 investigations on bond strength. *Eur J Prosthodont Restor Dent.* **2008**;16(4):158-165.
62. **Shimoe S**, Tanoue N, Yanagida H, Atsuta M, Koizumi H, Matsumura H. Comparative strength of metal-ceramic and metal-composite bonds after extended thermocycling. *J Oral Rehabil.* **2004**;31(7):689-694.
63. **Van Meerbeek B**, Peumans M, Poitevin A, et al. Relationship between bond-strength tests and clinical outcomes. *Dent Mater.* **2010**;26(2):100-121.
64. **Nikaido T**, Cho E, Nakajima M, et al. Tensile bond strengths of resin cements to bovine dentin using resin coating. *Am J Dent.* **2003**;16
65. **Poitevin A**, De Munck J, Van Landuyt K, et al. Critical analysis of the influence of different parameters on the microtensile bond strength of adhesives to dentin. *J Adhes Dent.* **2008**;10(1):7-16.
66. **Phrukkanon S**, Burrow MF, Tyas MJ. The influence of cross-sectional shape and surface area on the microtensile bond test. *Dent Mater.* **1998**;14(3):212-221.
67. **Pashley DH**, Carvalho RM, Sano H, et al. The microtensile bond test: a review. *J Adhes Dent.* **1999**;1(4):299-309.
68. **Yang B**, Ludwig K, Adelung R, Kern M. Micro-tensile bond strength of three luting resins to human regional dentin. *Dent Mater.* **2006**;22(1):45-56.
69. **Della Bona A**, Anusavice KJ, Hood JAA. Effect of ceramic surface treatment on tensile bond strength to a resin cement. *Int J Prosthodont.* **2002**;15(3):248-253.
70. **Guess PC**, Kuliš A, Witkowski S, Wolkewitz M, Zhang Y, Strub JR. Shear bond strengths between different zirconia cores and veneering ceramics and their susceptibility to thermocycling. *Dent Mater.* **2008**;24(11):1556-1567.

71. **Leloup G**, D'Hoore W, Bouter D, Degrange M, Vreven J. Concise Review Biomaterials & Bioengineering: Meta-analytical Review of Factors Involved in Dentin Adherence. *J Dent Res*. **2001**;80(7):1605-1614.
72. **International Organization for Standardization**. ISO TR 11405. Dental Materials - Guidance on testing of adhesion to tooth structure. **1994**.
73. **Della Bona A**, Van Noort R. Shear vs. Tensile Bond Strength of Resin Composite Bonded to Ceramic. *J Dent Res*. **1995**;74(9):1591-1596.
74. **Oilo G**. Bond strength testing--what does it mean? *Int Dent J*. **1993**;43(5):492-498.
75. **Ekren, O**. The effect of coloring liquid dipping time on the fracture load and color of zirconia ceramics. *J Adv Prosthodont*. **2017**;9(1):67.
76. **Kim HK**, Kim SH. Effect of the number of coloring liquid applications on the optical properties of monolithic zirconia. *Dent Mater*. **2014**;30(9).
77. **Aktas G**, Sahin E, Vallittu P, Özcan M, Lassila L. Effect of colouring green stage zirconia on the adhesion of veneering ceramics with different thermal expansion coefficients. *Int J Oral Sci*. **2013**;5(4):236-241.
78. **Strub JR**, Rekow ED, Witkowski S. Computer-aided design and fabrication of dental restorations: current systems and future possibilities. *J Am Dent Assoc*. **2006**;137(9):1289-1296.
79. **Liu P-R**. A panorama of dental CAD/CAM restorative systems. *Compend Contin Educ Dent*. **2005**;26(7):507-508, 510, 512, 527.
80. **Aboushelib MN**, Feilzer AJ, Kleverlaan CJ. Bridging the gap between clinical failure and laboratory fracture strength tests using a fractographic approach. *Dent Mater*. **2009**;25(3):383-391.
81. **Raigrodski AJ**, Chiche GJ, Potiket N, et al. The efficacy of posterior three-unit zirconium-oxide-based ceramic fixed partial dental prostheses: A prospective clinical pilot study. *J Prosthet Dent*. **2006**;96(4):237-244.
82. **Molin MK**, Karlsson SL. Five-year clinical prospective evaluation of zirconia-based Denzir 3-unit FPDs. *Int J Prosthodont*. **2008**;21(3):223-227.
83. **Roediger M**, Gersdorff N, Huels A, Rinke S. Prospective evaluation of zirconia posterior fixed partial dentures: four-year clinical results. *Int J Prosthodont*. **2009**;23(2):141-148.
84. **Coornaert J**, Adriaens P, De Boever J. Long-term clinical study of porcelain-fused-to-gold restorations. *J Prosthet Dent*. **1984**;51(3):338-342.
85. **Valderhaug J**. A 15-year clinical evaluation of fixed prosthodontics. *Acta Odontol Scand*. **1991**;49(1):35-40.
86. **Bagby M**, Marshall SJ, Marshall GW. Metal ceramic compatibility: A review of the literature. *J Prosthet Dent*. **1990**;63(1):21-25.
87. **Kim HJ**, Lim HP, Park YJ, Vang MS. Effect of zirconia surface treatments on the shear bond strength of veneering ceramic. *J Prosthet Dent*. **2011**;105(5):315-322.
88. **Mclaren EA**, Ii RAG. Veneering Porcelain , VM9. *Quintessence Dent Technol*. **2005**.
89. **Tuncel İ**, Özat P, Eroğlu E. Effects of coloring procedures on zirconia/veneer ceramics bond strength. *J Adv Prosthodont*. **2014**;6(6):451.

90. **Atash R**, Yordanova A, Cetik S. Effect of Coloring of Zirconia Framework and Ceramic Veneer on Adhesion of Interfacial Surfaces Determined Using Three-Point Flexural Bonding Strength: An In Vitro Study. *Int J Prosthodont*. **2018**;31(2):158-160.
91. **Albakry M**, Guazzato M, Swain MV. Fracture toughness and hardness evaluation of three pressable all-ceramic dental materials. *J Dent*. **2003**;31(3):181-188.
92. **International Standardization Organization** ISO 9693. Metal-ceramic bond characterization (Schwickerath crack initiation test) **1999**.



ÖZGEÇMİŞ

1991 yılında Adana’da doğdu. İlköğrenimini Kayseri Atatürk İlköğretim Okulu, Kayseri Kadir Has İlköğretim Okulu ve Kütahya Azot İlköğretim Okulu’nda, lise öğrenimini Adana İMKB Anadolu Öğretmen Lisesi’nde tamamladı. 2014 yılında Hacettepe Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi’nden mezun olup, 2015 yılında Çukurova Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Protetik Diş Tedavisi Anabilim Dalı’nda uzmanlık eğitimine başladı. Uzmanlık eğitimi süresince Çukurova Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi’nde klinik ve akademik faaliyetlerde bulundu.

