

T.C.
İZMİR KÂTİP ÇELEBİ ÜNİVERSİTESİ DİŞ HEKİMLİĞİ FAKÜLTESİ
PROTETİK DİŞ TEDAVİSİ ANABİLİM DALI

**SOĞUK PLAZMA UYGULAMASININ SABİT PROTETİK
RESTORASYONLARIN TAMİRİNDEKİ ETKİNLİĞİNİN
İNCELENMESİ**

UZMANLIK TEZİ

Dt. Mehmet KÖSE

TEZ DANIŞMANI

Dr. Öğr. Üyesi Özlem ÇÖLGEÇEN

İZMİR

EYLÜL 2021

T.C.
İZMİR KÂTİP ÇELEBİ ÜNİVERSİTESİ DİŞ HEKİMLİĞİ FAKÜLTESİ
PROTETİK DİŞ TEDAVİSİ ANABİLİM DALI

**SOĞUK PLAZMA UYGULAMASININ SABİT PROTETİK
RESTORASYONLARIN TAMİRİNDEKİ ETKİNLİĞİNİN
İNCELENMESİ**

UZMANLIK TEZİ

Dt. Mehmet KÖSE

TEZ DANIŞMANI

Dr. Öğr. Üyesi Özlem ÇÖLGEÇEN

Bu tez İzmir Kâtip Çelebi Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri tarafından
2020-TDU-DİŞF-0010 numaralı proje ile desteklenmiştir

**İZMİR
EYLÜL 2021**

T.C.
İZMİR KÂTİP ÇELEBİ ÜNİVERSİTESİ DİŞ HEKİMLİĞİ FAKÜLTESİ
PROTETİK DİŞ TEDAVİSİ ANABİLİM DALI

**SOĞUK PLAZMA UYGULAMASININ SABİT PROTETİK
RESTORASYONLARIN TAMİRİNDEKİ ETKİNLİĞİNİN
İNCELENMESİ**

Dt. Mehmet KÖSE

Protetik Diş Tedavisi Anabilim Dalı Uzmanlık Programı çerçevesinde yürütülmüş olan bu çalışma aşağıdaki jüri tarafından “Diş Hekimliğinde Uzmanlık Tezi” olarak kabul edilmiştir.

Tez Savunma Tarihi:/...../ 2021

BAŞKAN

İmza

..... Üniversitesi

ÜYE

İmza

..... Üniversitesi

ÜYE

İmza

..... Üniversitesi

ÜYE

İmza

..... Üniversitesi

ÖNSÖZ

Protetik Diş Tedavisi uzmanlık eğitimim ve tez çalışmam süresince bana destek olan, bilgi birikimiyle çalışmalarına yön veren ve her zaman sorularıma içtenlikle cevap veren, tez yazım sürecinde yardımını esirgemeyen sayın danışman hocam Dr. Öğr. Üyesi. Özlem ÇÖLGEÇEN'e,

Uzmanlık eğitimim süresince bilgi ve deneyimlerini benimle paylaşan ve yardımlarını esirgemeyen değerli hocalarım Doç. Dr. Ender AKAN ve Doç. Dr. Süleyman AGÜLOĞLU'na,

Uzmanlık eğitimim boyunca sadece meslektaş olarak değil, dostlukları ile de yanımda olduklarını hissettiğim Dt. Doğukan ÖZKURT, Dt. Maryam RAHİMKHANİ, Dt. Özge ÜNAL, Dt. İlkyaz ŞENEL, Dt. İlbilge ŞATIROĞLU ve Dt. Elif İrem MAHMUTOĞLU'na

Klinik sekreterimiz Buse SELEK YILMAZ, laboratuvar personellerimiz Nusret YILDIRIM ve Köksal BİLGİN'e

Çalışma ve eğitim hayatım boyunca desteğini hep hissettiğim Dt. Barış IŞIK'a

Son olarak da son 15 senedir hayatımda olan ve 'iyiklerimin tek öznesi' sevgili eşim Fatma KÖSE ve tezi yazma sürecimde bana sürekli köstek olan sevgili kızım Meyra KÖSE'ye gönülden teşekkür ederim.

EYLÜL 2021

Mehmet KÖSE

İÇİNDEKİLER

Sayfa

ÖNSÖZ	iv
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ	viii
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	ix
RESİMLER DİZİNİ.....	ix
TABLolar DİZİNİ	xi
1.GİRİŞ VE AMAÇ	14
2.GENEL BİLGİLER	16
2.1.Porselenin Tarihsel Gelişimi	16
2.2.Dental Porselenlerin Yapısı.....	17
2.3.Porselenlerin Sınıflandırılması	18
2.3.1.Üretim tekniklerine göre porselenler	19
2.3.2.Piştirme ısılarına göre Porselenler	20
2.3.3.İşleme Yöntemlerine Göre Porselenler.....	20
2.4.Metal Destekli Porselen Restorasyonlar.....	20
2.5.Metal Desteksiz Tam seramik Restorasyonlar	21
2.5.1.Tam seramik Restorasyonların Sınıflandırılması	22
2.6.Protetik Tedavide Kullanılan Restoratif Alt Yapı Materyalleri	25
2.6.1.Metal Altyapılar	25
2.6.2.Zirkonyum Dioksit (Zirkonya) Alt Yapılar	25
2.7.Sabit Protetik Restorasyonlarda Komplikasyonlar.....	27
2.8.Sabit Protetik Restorasyonlarda Porselen Tamiri.....	28
2.8.1.Ağız dışı tamir sistemleri	29
2.8.2.Ağız İçi Tamir Yöntemleri	29
2.9.Ağız İçi Tamirin Önemi	30
2.10.Ağız içi Tamirde Başarıyı Etkileyen Faktörler	31
2.11.Ağız İçi Tamirde Uygulanan Yüzey İşlemleri	31
2.11.1.Frezle Pürüzlendirme	31
2.11.2.Asitle pürüzlendirme.....	32
2.11.3.Kumlama.....	32
2.11.4.Tribokimyasal silika kaplama	33

2.11.5.Lazer Uygulaması	34
2.11.6.Silan Uygulaması	34
2.11.7.Primer Uygulanması	35
2.12.Soğuk Plazma Uygulaması	35
2.12.1.Plazmanın tanımı ve sınıflandırılması	35
2.12.2.Plazma sistemleri	36
2.12.3.Plazma Sistemlerinin Diş Hekimliğindeki Kullanım Alanları	38
2.13.Kompozit Rezinler	39
2.13.1.Kompozit Rezinlerin Yapısı	40
2.13.2.Kompozit Rezinler Sınıflamaları	41
2.14.Bağlantı Dayanım Testleri.....	41
2.14.1.Makaslama (shear) Testleri.....	42
2.14.2.Mikro makaslama(Mikroshear) Testleri	42
2.14.3.Çekme (Tensile) Testleri	43
2.14.4.Mikro-çekme (micro-tensile) testi	43
2.15.Kopma tiplerinin değerlendirilmesi.....	43
2.16.Termal Siklus	44
3.GEREÇ VE YÖNTEM	45
3.1. Deney Örneklerin Hazırlanması	47
3.1.1. Feldspatik porselen örneklerin hazırlanması	48
3.1.2. Zirkonya örneklerin hazırlanması	48
3.1.3. Krom-Kobalt Kıymetsiz Metal Alaşımı Örneklerin Hazırlanması.....	49
3.2. Deney Örneklerinin Yaşlandırılması.....	50
3.3. Deney Örneklerinin Frezlenmesi.....	50
3.4. Ön Çalışma ile Soğuk Plazma Uygulama Süresinin Belirlenmesi.....	51
3.5. Deney Örneklerinin gruplara ayrılması ve yüzey işlemlerinin uygulanması ..	52
3.6. Yüzey Pürüzlülük Değerlerinin Ölçülmesi	64
3.7. Temas Açısı Ölçümlerinin Yapılması	65
3.8. Tamir Materyallerinin Uygulanması	65
3.9. Makaslama Bağlanma Dayanımının Ölçülmesi	67
3.10. Stereomikroskop İncelemesi ve Kopma Tiplerinin Belirlenmesi	68
4. BULGULAR	70
4.1. Yüzey Pürüzlülük Ölçüm Bulguları	70

4.1.1. Kıymetsiz Metal Alaşım Örneklerin Yüzey Pürüzlülük Ölçüm Sonuçları	70
4.1.2. Zirkonyum Oksit Seramik Örneklerin Yüzey Pürüzlülük Ölçüm Sonuçları	72
4.1.3. Feldspatik Porselen Örneklerin Yüzey Pürüzlülük Ölçüm Sonuçları	74
4.1.4. Soğuk Plazma Uygulamasının Pürüzlülük Değerleri Üzerine Etkisi	76
4.1.5. Çalışmada Kullanılan Bütün Grupların Ortalama Pürüzlülük Değerlerinin Karşılaştırılması	77
4.2. Yüzey Temas Açısı Bulguları	79
4.2.1. Cr-Co Kıymetsiz metal alaşım örneklerin yüzey temas açısı bulguları....	79
4.2.2. Zirkonyum oksit örneklerin yüzey temas açısı bulguları	83
4.2.3. Feldspatik porselen örneklerin yüzey temas açısı bulguları	87
4.2.4. Soğuk Plazma Uygulamasının Yüzey Temas Açısı Değerleri Üzerine Etkisi	91
4.2.5. Çalışmada Kullanılan Bütün Grupların Ortalama Yüzey Temas Açısı Değerlerinin Karşılaştırılması.....	92
4.3. Makaslama Bağlanma Dayanım Testi Bulguları.....	95
4.3.1. Cr-Co Kıymetsiz Metal Alaşım Örneklerde Makaslama Bağlanma Dayanımı Testi Bulguları.....	95
4.3.3. Feldspatik Porselen Örneklerde Makaslama Bağlanma Dayanımı Testi Bulguları	99
4.3.4. Soğuk Plazma Uygulamasının Bağlanma Dayanımı Üzerine Etkisi	101
5.3.5 Çalışmada Kullanılan Bütün Grupların Ortalama Makaslama Bağlanma Dayanım Testi Değerlerinin Karşılaştırılması	102
4.4. Kırılma Tiplerinin Değerlendirilmesi.....	104
4.4.1. Cr-Co Kıymetsiz Metal Alaşım Örneklerin Kırılma Tipleri	104
4.4.2. Zirkonyum Oksit Örneklerin Kırılma Tipleri	106
4.4.3. Feldspatik Porselen Örneklerin Kırılma Tipleri	108
4.4.4. Soğuk Plazmanın Kırılma Tiplerine Etkisi	109
5. TARTIŞMA	111
6. SONUÇLAR	145
7. ÖZET.....	147
8. SUMMARY	149
9. KAYNAKLAR	151
10. ÖZGEÇMİŞ	171

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

%	Yüzde
μm	Mikrometre
$^{\circ}\text{C}$	Santigrat Derece
4-META	4-metakriloksietil trimellitik anhidrid
AFM	Atomic force microscope-Atomik kuvvet mikroskobu
Al₂O₃	Alüminyum oksit
Ar	Argon
Bis-EMA	Bisfenol A etoksilat dimetakrilat
Bis-GMA	Bisfenol A glisidil metakrilat
CAD/CAM	Computer Aided Design/ Computer Aided Manufacturing
cm²	Santimetrekare
DBD	Dielektrik bariyer deşarjı
dk	Dakika
EDA	Etilendiamin plazma
Er: YAG	Erbiyum Yttrium Alüminyum Garnet
eV	Elektron-volt
H₂O	Dihidrojen monoksit, su
He	Helyum
HF	Hidroflorik asit
Hz	Hertz
IR	Infrared-Kızılötesi
ISO	International Organization for Standardization
K	Kelvin
kg	Kilogram
kHz	Kilohertz
KSZ-PSZ	Kısmi Stabilize Zirkonya-Partially Stabilized Zirconia
Kv	Kilovolt
LED	Light emitting diode
MDP	10- Metakriloloiloksidesil dihidrojen fosfat
MgO	Magnezyum oksit
Mg-PSZ	Magnezyum ile kısmi stabilize edilmiş zirkonya polikristali
mj	Milijoule
mm	Milimetre
mm²	Milimetrekare
MPa	Megapaskal
MPS	Metakriloksipropiltrimetoksisilan
N	Newton
N	Azot
O	Oksijen
OH-	Hidroksil
PENTA	Dipentaerythritol penta-acrylatephosphate
Ra	Roughness average
SEM	Scanning Electron Microscope -Taramalı Elektron Mikroskobu
SIE	Selective Infiltration Etching
SiO₂	Silisyum oksit (Silika)

sn	Saniye
TEGDMA	Trietilen glikol dimetakrilat
TEOS	Tetraetoksisilan
TZP	Tetragonal Zirkonya Polikristalleri
UDMA	Üretan dimetakrilat
XPS	X-Ray Photoelectron Spectroscopy/ X-ışını fotoelektron spektroskopisi
Y₂O₃	Yttrium oksit
Y-OH	Yttrium hidroksit
YSZ	Yttrium Stabilize Zirkonya
Y-TZP	Yttrium ile stabilize tetragonal zirkonya polikristali
Zr	Zirkonyum
ZrO₂	Zirkonya, Zirkonyum oksit, Zirkonyum dioksit
ZTA	Zirkonya ile sertleştirilmiş alümina (Zirconia toughened alümina)

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 1 Üretim tekniklerine göre porselenler	19
Şekil 2 Pişirme ısılarına göre porselenler.....	20
Şekil 3 İşleme yöntemlerine göre porselenler.....	20
Şekil 4 Yapım tekniklerine göre seramikler.....	22
Şekil 5 Tam seramiklerin mikro yapılarına göre sınıflandırılması	23
Şekil 6 Doğru Akım Deşarjı.....	36
Şekil 7 Çalışmamızdaki tüm materyal gruplarına ait ortalama pürüzlülük değerlerindeki değişim grafiği	76
Şekil 8 Tüm materyal gruplarına ait ortalama yüzey temas açısı değerlerindeki değişim grafiği	92
Şekil 9 Tüm materyal gruplarına ait ortalama makaslama bağlanma değerlerindeki değişim grafiği	102
Şekil 10 Tüm materyal gruplarına ait kırık tiplerinin değişim grafiği (%)	110

RESİMLER DİZİNİ

Resim 1 Çalışmamızda kullanılan örneklerin hazırlanmasında kullanılan cihazlar ..	47
Resim 2 Feldspatik porselen blok ve hazırlanan feldspatik örnek	48
Resim 3 Zirkonyum oksit blok ve hazırlanan zirkonyum oksit örnek	49
Resim 4 Cr-Co Kıymetsiz metal alaşım örnek.....	49
Resim 5 Termal Siklus Cihazı.....	50

Resim 6 Frezle pürüzlendirme düzeneği.....	51
Resim 7 Çalışmamızda kullanılan soğuk plazma cihazı ve uygulanması.....	51
Resim 8 Pürüzlülük, temas açısı ve makaslama testi için hazırlanmış örnekler.....	53
Resim 9 Metal alaşımı örneklerle soğuk plazma uygulanması.....	55
Resim 10 Çalışmada kullanılan tribokimyasal silika kaplama cihazı ve metal örneklere tribokimyasal silika uygulaması.....	56
Resim 11 Bisco tamir seti ve metal örnek yüzeyine tamir seti içindeki Z-prime primer, bonding ajan ve opak uygulanması	57
Resim 12 Zirkonyum oksit seramiklere soğuk plazma uygulaması	59
Resim 13 Zirkonyum oksit seramik yüzeyine tribokimyasal silika kaplama uygulanması	60
Resim 14 Zirkonya örnek yüzeyine Z-prime ve Porselen Bonding Rezin uygulaması	61
Resim 15 Feldspatik porselen örnek yüzeyine soğuk plazma uygulaması	62
Resim 16 Feldspatik porselen örneklerle HF asit uygulanması	63
Resim 17 Feldspatik porselen yüzeylerine asitleme sonrası Porselen Primer ve Porselen Bonding rezin uygulanması.....	63
Resim 18 Profilometre cihazı ve pürüzlülük ölçüm işlemi.....	64
Resim 19 Temas Açısı Ölçüm Cihazı ve temas açısı ölçümü.....	65
Resim 20 Çalışmamızda kullandığımız kompozit rezin materyali ve Led ışık cihazı ile polimerizasyon işlemi	66
Resim 21 Makaslama bağlanma dayanım testi için hazırlanmış örnekler	66
Resim 22 Universal test cihazı.....	67
Resim 23 Örneklerin universal test cihazına sabitlenmesi ve makaslama testinin uygulanması	67
Resim 24 Çalışmada kullanılan stereomikroskop	68
Resim 25 Cr-Co kıymetsiz metal alaşım örneklerin temas açısı görüntüleri.....	82
Resim 26 Zirkonyum oksit örneklerin yüzey temas açısı görüntüleri	86
Resim 27 Feldspatik örneklerle ait yüzey temas açısı görüntüleri.....	90
Resim 28 Metal alaşım örneklerle ait stereomikroskop görüntüleri	106
Resim 29 Zirkonyum oksit örneklerle ait stereomikroskop görüntüleri	107
Resim 30 Feldspatik örneklerin stereomikroskopik görüntüleri.....	109

TABLolar DİZİNİ

Tablo 1 Çalışmada kullanılan materyaller ve özellikleri	45
Tablo 2 Çalışmada kullanılan cihazlar ve model/üretici firma bilgileri	46
Tablo 3 Çalışmamızda kullanılan soğuk plazma cihazı parametreleri.....	52
Tablo 4 Çalışmada kullanılan deney gruplarının isimleri, uygulanan yüzey işlemleri ve örnek sayıları	54
Tablo 5 Cr-Co Kıymetsiz metal alaşım örneklerin yüzey pürüzlülüğü bulgularına ait aritmetik ortalama, standart sapma, minimum ve maksimum değerler ve ortalamaların karşılaştırılması	70
Tablo 6 Cr-Co Kıymetsiz metal alaşım örneklerin pürüzlülük değerlerinin varyans analizi tablosu.....	70
Tablo 7 Cr-Co Kıymetsiz metal alaşım örneklerin pürüzlülük bulgularına ait Tukey çoklu ikili karşılaştırma testi sonuçlarına göre p değerleri	71
Tablo 8 Zirkonyum oksit seramiklerin yüzey pürüzlülüğü bulgularına ait aritmetik ortalama, standart sapma, minimum ve maksimum değerler ve ortalamaların karşılaştırılması	72
Tablo 9 Zirkonyum oksit örneklerin pürüzlülük değerlerinin varyans analizi tablosu	72
Tablo 10 Zirkonyum oksit örneklerin pürüzlülük bulgularına ait Tukey çoklu ikili karşılaştırma testi sonuçları.....	73
Tablo 11 Feldspatik porselen örneklerin yüzey pürüzlülüğü bulgularına ait aritmetik ortalama, standart sapma, minimum ve maksimum değerler ve ortalamaların karşılaştırılması	74
Tablo 12 Feldspatik porselen örneklerin pürüzlülük değerlerinin varyans analizi verileri	74
Tablo 13 Feldspatik örneklerin yüzey pürüzlülüğüne ait Tukey çoklu ikili karşılaştırma testi p değerleri	75
Tablo 14 Tüm gruplarda yüzey pürüzlülüğündeki değişime ait iki yönlü varyans analizi tablosu.....	77
Tablo 15 Tüm Grupların Ortalama Pürüzlülük Değerlerinin Tukey Karşılaştırma Testi Sonuçları	78
Tablo 16 Kıymetsiz metal alaşım örneklerin yüzey temas açısı bulgularının aritmetik ortalama, standart sapma, minimum ve maksimum değerleri.....	79
Tablo 17 Cr-Co Kıymetsiz metal alaşım örneklerin yüzey temas açısı bulgularının varyans analiz verileri	79
Tablo 18 Cr-Co Kıymetsiz metal alaşım örneklerin yüzey temas açılarına ait Tukey çoklu karşılaştırma testi p değerleri	80

Tablo 19 Zirkonyum oksit örneklerin yüzey temas açısı bulgularının aritmetik ortalama, standart sapma, minimum ve maksimum değerleri.....	83
Tablo 20 Zirkonyum oksit örneklerin yüzey temas açısı bulgularının varyans analiz verileri	83
Tablo 21 Zirkonyum oksit örneklerin yüzey temas açılarına ait Tukey çoklu ikili karşılaştırma testi p değerleri	84
Tablo 22 Feldspatik porselen örneklerin yüzey temas açısı bulgularının aritmetik ortalama, standart sapma, minimum ve maksimum değerleri.....	87
Tablo 23 Feldspatik porselen örneklerin yüzey temas açısı bulgularının varyans analiz verileri.....	87
Tablo 24 Feldspatik porselen örneklerin yüzey temas açılarına ait çoklu ikili karşılaştırma testi p değerleri	88
Tablo 25 Tüm gruplarda yüzey temas açısı değişimine ait iki yönlü varyans analizi tablosu	93
Tablo 26 Tüm Grupların Ortalama Yüzey Temas Açısı Değerlerinin Tukey Karşılaştırma Testi Sonuçları.....	95
Tablo 27 Cr-Co Kıymetsiz metal alaşım örneklerin makaslama bağlanma dayanımı değerlerinin (MPa) aritmetik ortalama, standart sapma, minimum ve maksimum değerleri.....	96
Tablo 28 Cr-Co Kıymetsiz metal alaşım örneklere ait tek yönlü varyans analizi tablosu	96
Tablo 29 Cr-Co Kıymetsiz metal alaşım örneklere ait Tukey çoklu karşılaştırma testi bulguları tablosu.....	96
Tablo 30 Zirkonyum oksit örneklerin makaslama bağlanma dayanımı değerlerinin aritmetik ortalama, standart sapma, minimum ve maksimum değerleri	98
Tablo 31 Zirkonyum oksit örneklere ait tek yönlü varyans analizi tablosu.....	98
Tablo 32 Zirkonyum oksit örneklere ait Tukey çoklu ikili karşılaştırma testi bulguları tablosu	98
Tablo 33 Feldspatik Porselen örneklerin makaslama bağlanma dayanımı değerlerinin aritmetik ortalama, standart sapma, minimum ve maksimum değerleri	100
Tablo 34 Feldspatik Porselen örneklere ait tek yönlü varyans analizi tablosu	100
Tablo 35 Feldspatik Porselen alaşım örneklere ait Tukey çoklu karşılaştırma testi bulguları tablosu.....	100
Tablo 36 Tüm gruplarda makaslama bağlanma dayanımı değişimine ait iki yönlü varyans analizi tablosu	103
Tablo 37 Tüm Grupların Ortalama Makaslama Bağlanma Dayanım Değerlerinin Tukey Karşılaştırma Testi Sonuçları.....	104

Tablo 38 Cr-Co Kıymetsiz metal alaşım örneklerin kopma tipleri yüzdeleri	105
Tablo 39 Zirkonyum oksit örneklerin kırılma tipleri yüzdeleri	106
Tablo 40 Feldspatik porselen örneklerin kırılma tipleri yüzdeleri.....	108



1. GİRİŞ VE AMAÇ

Üstün estetik özellikleri, biyouyumlu olmaları ve renk stabilitesi gibi özellikleri ile dental porselenler sabit protezlerde sıklıkla kullanılmaktadır.¹ Ancak porselen materyali doğası gereği kırılmandır. Bu dezavantajın üstesinden gelinbilmesi için metal alaşımlar, zirkonyum oksit gibi altyapılar kullanılarak mekanik özellikleri geliştirilmeye çalışılmıştır.^{2, 3} Ancak yine de porselenlerde çatlak ve kırıklar oluşabilmektedir. Bu durum, her zaman restorasyonun tamamen değiştirilmesi anlamına gelmez, ancak hasta ve hekim ilişkisi açısından sorun teşkil eder. Meydana gelen kırık özellikle ön bölgede yer alıyorsa, çok üyeli bir splinte köprü ise ya da hassas tutuculu protezin bir parçası ise sorun daha büyüktür.^{4, 5} Bu kırıkların tamiri için ağız içinde yeni porselen ilavesi mümkün değildir. Restorasyonların çıkarılması ve laboratuvar ortamında tamir edilmesi sırasında komplikasyon gelişme olasılığı da yüksektir. Restorasyonun ağızdan çıkarılması sırasında destek dişte kırık görülebilmekte ya da periodontal olarak problemlili bir diş ise, restorasyonun sökümü sırasında dişin kaybı söz konusu olabilmektedir. Ayrıca restorasyonların tamamen değiştirilmesi hem zaman hem de ekonomik yönden kayıplara sebep olur.^{6, 7} Diğer yandan restorasyondaki kırıkların ağız içi tamir edilmesi nispeten uygulamanın kolay olması, zaman ve maliyet gibi avantajlarının yanında, estetik ve fonksiyonun hızlı bir şekilde iadesini sağlamaktadır.⁸ Bu durum; porselenlerin ağız içinde farklı restoratif malzemeler kullanarak tamir edilmesini ve ağız içi porselen tamir sistemlerinin geliştirilmesini sağlamıştır.

Sabit protetik restorasyonların kırık tamirinin başarısı, açığa çıkan alan ile tamir materyali arasındaki bağlantı kuvvetiyle ilişkilidir.^{3, 9} Bağlantı kuvvetinin artırılması amacıyla frezle pürüzlendirme, hidroflorik asit(HF) ile asitleme, kumlama, tribokimyasal silika kaplama, lazer uygulaması, kimyasal ajanlarla yüzey modifikasyonu gibi çeşitli yüzey işlemleri uygulanmaktadır.

Son yıllarda seramikler ile rezin materyaller arasındaki bağlanma dayanımını artırabileceği düşünülen soğuk plazma uygulamasının alternatif bir yüzey işlemi olabileceği belirtilmektedir.¹⁰ Yapılan bazı çalışmalar soğuk plazmanın yüzey enerjisini değiştirdiği ve adezyon için aktif alanlar oluşturduğunu göstermektedir.^{11, 12}

Soğuk plazma uygulamasının yüzey enerjisini ve hidrofilitesini artırmaları ve bu sayede adezyona katkıda bulunmaları yıllardır bir sorun olan ağız içi porselen tamirinin başarısının artırılmasında kullanılabilir.

Bu çalışmanın amacı, soğuk plazma uygulamasının, metal altyapılı seramik, zirkonyum oksit altyapılı seramik ve hem üst yapı materyali olan hem de monoblok bir protetik restorasyon materyali olan feldspatik porselen materyallerinin ağız içi tamirlerindeki etkinliğini değerlendirmektir. Çalışmadan elde edilen sonuçların, soğuk plazma uygulamasının metal altyapı, zirkonya altyapı ve feldspatik porselen yüzeyi ve kompozit rezin tamir materyali arasındaki bağlantıyı iyileştirmeye yönelik olarak alternatif bir yüzey işlemi olup olamayacağı hakkında dental literatüre katkı sağlayacağı düşünülmektedir.

Çalışmanın sıfır hipotezleri şunlardır:

- 1- Cr-Co kıymetsiz metal alaşım, zirkonyum oksit seramik ve feldspatik porselenlerin tamirinde yüzey işlemi olarak soğuk plazmanın tek başına ya da kombine olarak uygulanması yüzey pürüzlülük değerlerini etkilemez.
- 2- Cr-Co kıymetsiz metal alaşım, zirkonyum oksit seramik ve feldspatik porselenlerin tamirinde yüzey işlemi olarak soğuk plazmanın tek başına ya da kombine olarak uygulanması yüzey temas açısı değerlerini etkilemez.
- 3- Cr-Co kıymetsiz metal alaşım, zirkonyum oksit seramik ve feldspatik porselenlerin tamirinde yüzey işlemi olarak soğuk plazmanın tek başına ya da kombine olarak uygulanması kompozit rezin tamir materyali ile olan bağlanma değerlerini etkilemez.

2. GENEL BİLGİLER

2.1.Porselenin Tarihsel Gelişimi

Yunanca “topraktan yapılan” anlamına gelen “keramikós” sözcüğünden türemiştir.^{5, 13} Tarihte, Anadolu medeniyetlerinde birçok yapının inşasında yapı malzemesi olarak, yapıları dekore etmek maksadıyla ve çinicilikte de kullanılmıştır.¹⁴ Bu dönemde kullanılan seramikler yapı olarak daha pöröz ve bu nedenle daha dayanıksız, renk olarak da daha opak olduğu bilinmektedir.¹⁵ Daha sonraki dönemlerde seramikler daha yoğun hale getirilerek sağlık alanında da kullanılmaya başlanmıştır.¹⁶

“Porselen” ise; birbirleri içerisinde çözülmeyen elementlerin düşük sıcaklıklarda eriyerek şekil aldığı seramik olarak tanımlanır.^{17, 18} İtalyanca, istiridye kabuğunun iç kısımlarını kaplayan sedefin parlayan kıvrımları anlamına gelen “porcella” kelimesinden köken alır.¹⁹ Dental literatürde ise porselen; cam matris yapı içerisine yayılmış kristalize yapıdaki partikülleri içeren yapılar şeklinde tanımlanır.¹⁵ Diş hekimliğinde porselenler 18.yy’da kullanılmaya başlanmıştır. 1774 senesinde Fransız Eczacı A. Duchateau ve N. de Chemant’ın birlikte çalışması ile ilk porselen yapay dişler üretilmiştir.^{2, 20}

Porselen jaket kronlar 1900’ lü yılların başlarında Land tarafından platin folyo matriks üzerine yüksek ısı porselenlerinin fırınlanmasıyla üretilmiştir. Bu restorasyonların estetik avantajları yanında düşük bükülme dayanımları, bir dezavantaj olarak kırık oluşumuna sebep olmuştur.^{6, 20, 21}

İlk defa 1962 yılında, Weinstein ve ark. porseleni altın alaşımlar üzerinde kullanmış ve metal destekli seramik restorasyonların üretimini başlatmıştır²². Bu restorasyonların üretimi sırasında porselen ve metal arasındaki ısısal genleşme katsayısı arasındaki farktan kaynaklanan porselende soğuma sırasında çatlak ve kırıklar oluşmuştur. Bu sorunun üstesinden gelebilmek için porselen içerisine ‘lösit’ ilave edilmiştir.¹⁶ 1965 senesinde McLean ve Hughes porselen içerisine yaklaşık % 50 oranında alimüna partikülleri ilave ederek güçlendirmişler ve günümüzdeki tam seramiklerin temelini atmışlardır.^{2, 22}

1984 yılında Adair ve Grossman, dökülebilir cam seramik sistemi Dicor'u (Dentsply Int. York, Pensilvanya, Amerika) geliştirmiştir ve bu sistem, camın kontrollü kristalizasyonu ile meydana gelmektedir.^{1, 22, 23}

1985 yılında Bruggers, yaklaşık % 70 alimüna içeren Hi-Ceram(Zahnfabrik, Bad Säckingen, Almanya), Sadoun ise % 90 alimüna içeren ve cam infiltre alümina tekniği olan In-Ceram (Zahnfabrik, Bad Säckingen, Almanya) sistemlerini geliştirmişlerdir.^{2, 22, 24, 25}

1990 yılında Wohlwend ve Scharer, % 34 oranda lösit içeriğine sahip ve basınç altında preslenerek üretilen, ilk preslenebilir seramik sistemi IPS Empress(Ivoclar Vivadent, Schaan, Liechtenstein)'i bulmuşlardır.^{2, 20} Bu sistemde, lösit kristalleri yüksek sıcaklıktaki presleme işlemi sırasında bariyerler oluşturarak, mikroçatlak oluşumunu önlemektedir.^{6, 26}

1998 yılında ise, % 70 oranındaki lityum disilikat ve lityum ortofosfat içeren IPS Empress 2(Ivoclar Vivadent, Schaan, Liechtenstein) üretilmiştir.² Bu sistem eski versiyonuna göre 3 kat daha dayanıklı ve farklı olarak 3 üyeli köprü restorasyonlar yapmaya elverişli ve ikinci premolara kadar uygulanabilmektedir.^{6, 26, 27}

Daha sonraki dönemlerde farklı firmaların geliştirdikleri tam seramik sistemler ise şunlardır; ^{2, 25, 27, 28}

- *Procera AllCeram*(Nobel Biocare, Göteborg, İsveç) kuru pres-milleme-sinterleme ile elde edilen alümina altyapılı seramik
- *In-Ceram*(Zahnfabrik, Bad Säckingen, Almanya) cam infiltre alümina altyapılı seramik
- *Lava* (3M ESPE, St.Paul, Minn) parsiyel ya da tamamiyle sinterize edilmiş zirkonya seramik
- *Cercon*(Dentsply Int. York, Pensilvenya, Amerika) önden sinterleme uygulanmış zirkonya seramik.

2.2. Dental Porselenlerin Yapısı

Porselenler; bir metalin metal olmayan bir elementle meydana getirdiği bir bileşiktir.¹ Porselenler içeriğindeki kovalent ve iyonik bağlar stabilite, kimyasal ve

termal etkilere karşı dayanıklılık ile yüksek elastisite modülü gibi özelliklerin kaynağı olmasının yanında porselenlerin kırılgenanlığının da sebebidir.²⁹

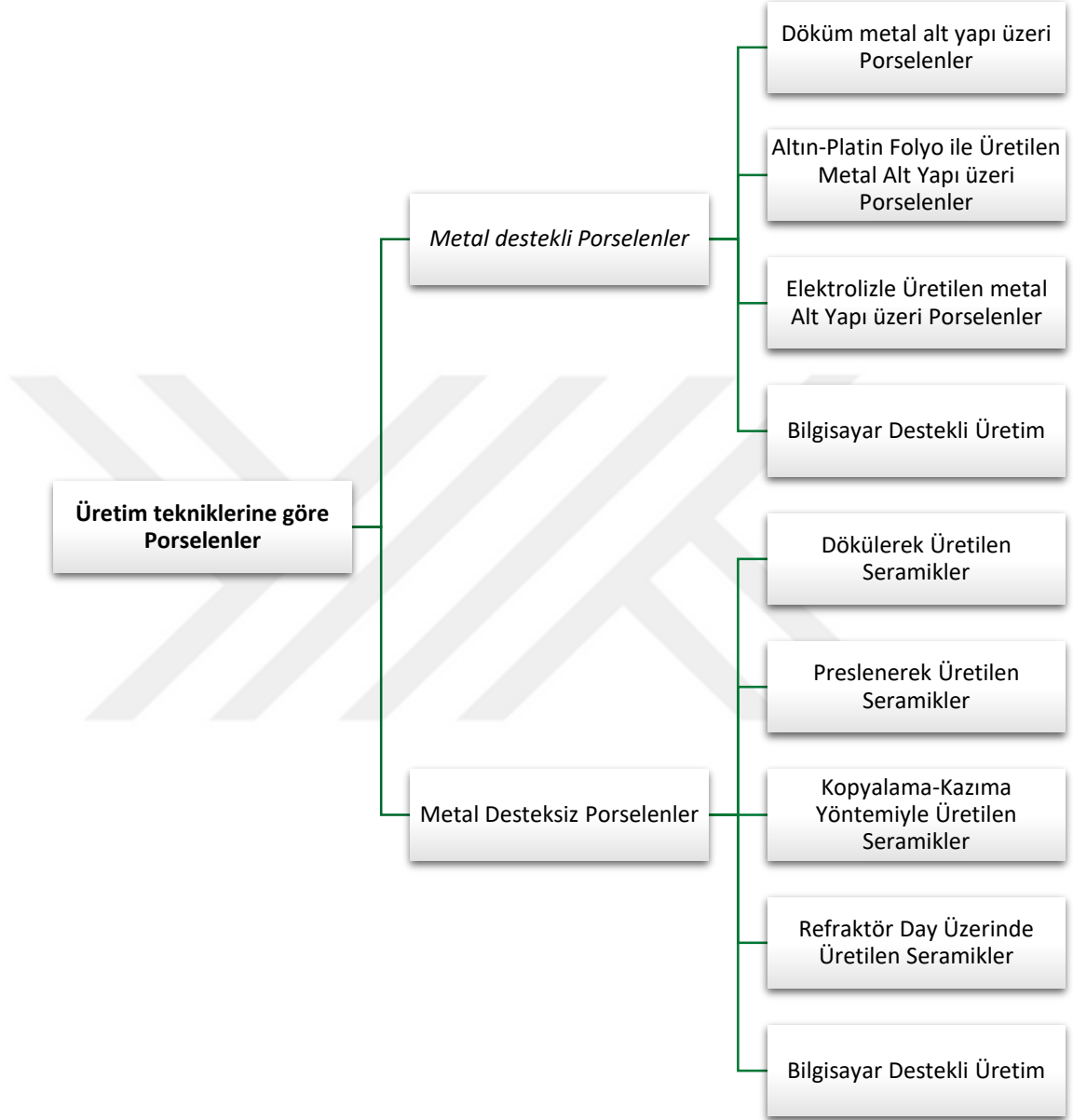
Porselen 4 oksijen atomu ortasındaki silisyum atomunun oluşturduğu bir birleşik (Silisyum oksit-SiO₄) olup 3 esas maddeden meydana gelmiştir. Bunlar Feldspar, Kuartz ve Kaolin'dir.^{30, 31}

Diş hekimliğinde kullanılan porselen % 12-22 kuartz % 3-5 kaolin, % 75-85 feldspar'dan oluşmaktadır.^{27, 32} Kaolin, hidrate alümina silikattır. Porselenin opasitesini artırır ve porselen hamurunun şekil almasını kolaylaştırır.^{12, 33} Feldspar, potasyum alümina silikat ve sodyum alümina silikat karışımıdır.²⁵ Porselene şeffaflık vererek pişme sırasında diğer kısımları birbirlerine bağlar.^{12, 32, 34} Silika iğer Kuartz ise porselenin pişirilmesi sırasında değişime uğramaz ve porselene stabilite kazandırır. Feldsparın erimesi ile meydana gelen camsı fazda ince kristalin yapıda bulunur, fırınlama esnasında oluşabilecek büzülmeyi engeller.³²⁻³⁴(39,45,47).

2.3. Porselenlerin Sınıflandırılması

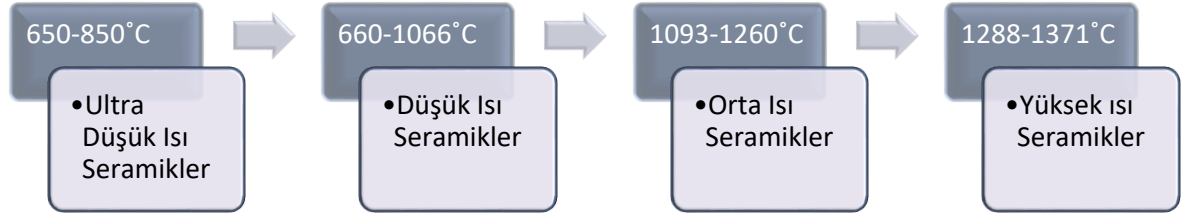
Porselen materyali biręok farklı biğimde sınıflandırılabilir. Aşağıda çeşitli sınıflama yöntemleri gösterilmiştir.

2.3.1. Üretim tekniklerine göre porselenler ^{30, 33, 35};



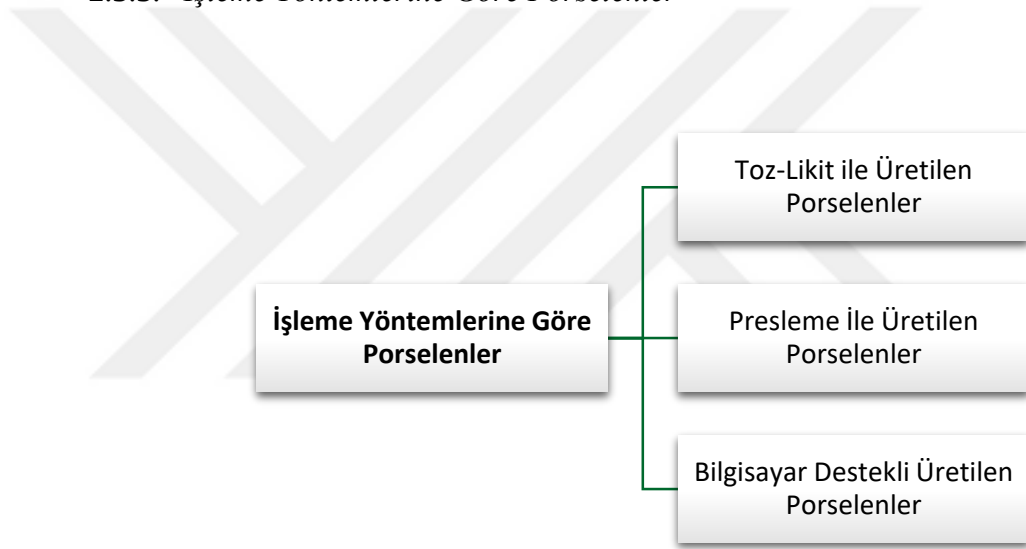
Şekil 1 Üretim tekniklerine göre porselenler

2.3.2. Pişirme ısılarına göre Porselenler^{29, 30, 32, 33}



Şekil 2 Pişirme ısılarına göre porselenler

2.3.3. İşleme Yöntemlerine Göre Porselenler^{27, 30, 32, 36}



Şekil 3 İşleme yöntemlerine göre porselenler

2.4. Metal Destekli Porselen Restorasyonlar

Metal destekli porselen restorasyonlar prepare edilmiş diş üzerine gelecek olan bir alt yapı ve bu alt yapı üzerine gelecek olan porselenden oluşur. ³⁷ İlk defa 1962 yılında, Weinstein ve ark. porseleni altın alaşımlar üzerinde kullanmış ve metal destekli seramik restorasyonların üretimini başlatmıştır²² Metal destekli porselen restorasyonlar iyi mekanik özellikleri, başarılı estetik sonuçları, uzun dönem marjinal ve internal uyumlarının ile klinik başarısının yüksek olması nedeniyle protetik diş hekimliğinde yıllarca altın standart olarak kabul görmüştür. 19. yüzyılın sonlarında

dental porselen jaket kron olarak kullanılmaya başlandığında, dental porselenler birçok avantajlarından dolayı en çok tercih edilen restoratif materyaller olmuştur.

Metal destekli porselenler, geçmişten günümüze ‘Ceremco kuron,’ ‘porselen veneer kuron’ (PVC), ‘altın destekli porselen’ (PFG) ve 70’li yıllardan beri de ‘metal destekli porselen’ (PFM) gibi pek çok şekilde isimlendirilmişlerdir. ^{1, 38, 39}

Metal Destekli Porselen Restorasyonların Avantajları⁴⁰

1. Biyouyumluluk,
2. Düşük plak retansiyonu,
3. Düşük sıvı emilimi,
4. Düşük termal genleşme katsayısı,
5. Başarılı sayılabilecek estetik görünüm,
6. Kimyasal stabilite,
7. Renk stabilitesi,
8. Yüksek aşınma direnci
9. Yüksek sertlik

Metal Destekli Porselen Restorasyonların Dezavantajları^{40, 41}

1. Modelasyon ve döküm aşamaları teknik zorluk içermektedir.
2. Metal destekli porselenler diş dokuları kadar translüsent değildir.
3. Radyografik değerlendirme sırasında radyopak olması ve içini göstermemesi teşhiste zorluklara sebep olur.
4. Dökümde değerli metal kullanılırsa ekonomik değildir.
5. Restorasyon marjinlerinde estetik olmayan görüntülere sebep olabilir.

2.5. Metal Desteksiz Tam seramik Restorasyonlar

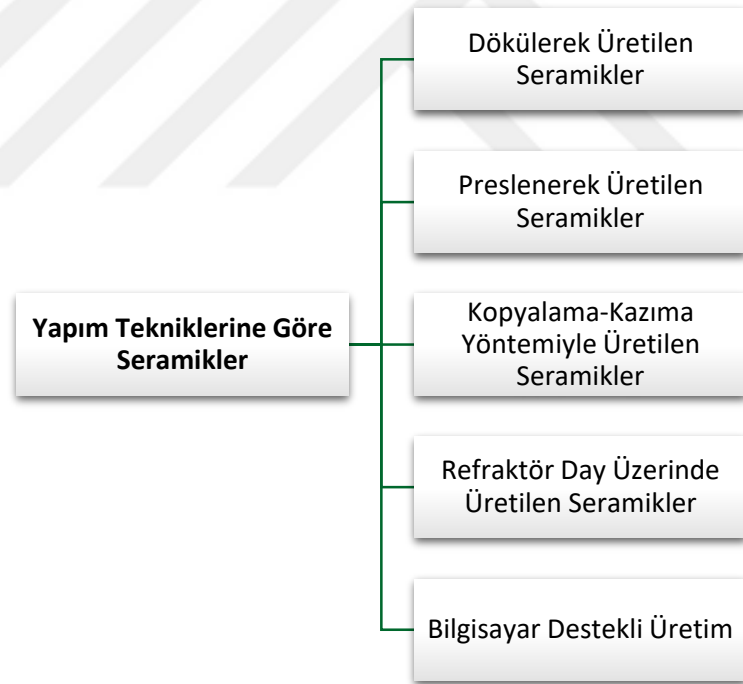
Metal destekli kronlarda kullanılan metal alaşımların translüsensi derecesinin yeterli olmaması ve metalin yıllar geçtikçe restorasyon kenarlarında mor, siyah yansıma

yapması gibi estetik dezavantajları vardır. Ayrıca soy metal alaşımları oldukça pahalıdır, kıymetsiz metal alaşımlarda ise alerji oluşturma ihtimali vardır. Bütün bu dezavantajları ortadan kaldırmak için tam seramik sistemler geliştirilmiştir. Tam seramik kronlar özellikle anterior bölgede daha estetik sonuçlar vermektedir²⁷ İdeal bir tam seramik restorasyonun; doğal diş renginde, üstün transparansi ve translüsensi değerlerine sahip olması gibi estetik özelliklere ve bükülme direnci, kırılma dayanımı, kırık yayılımının sınırlandırılması ve uzun dönem hizmet edebilmesi gibi mekanik özelliklerine sahip olması gerekmektedir.^{1, 39, 40}

2.5.1. Tam seramik Restorasyonların Sınıflandırılması

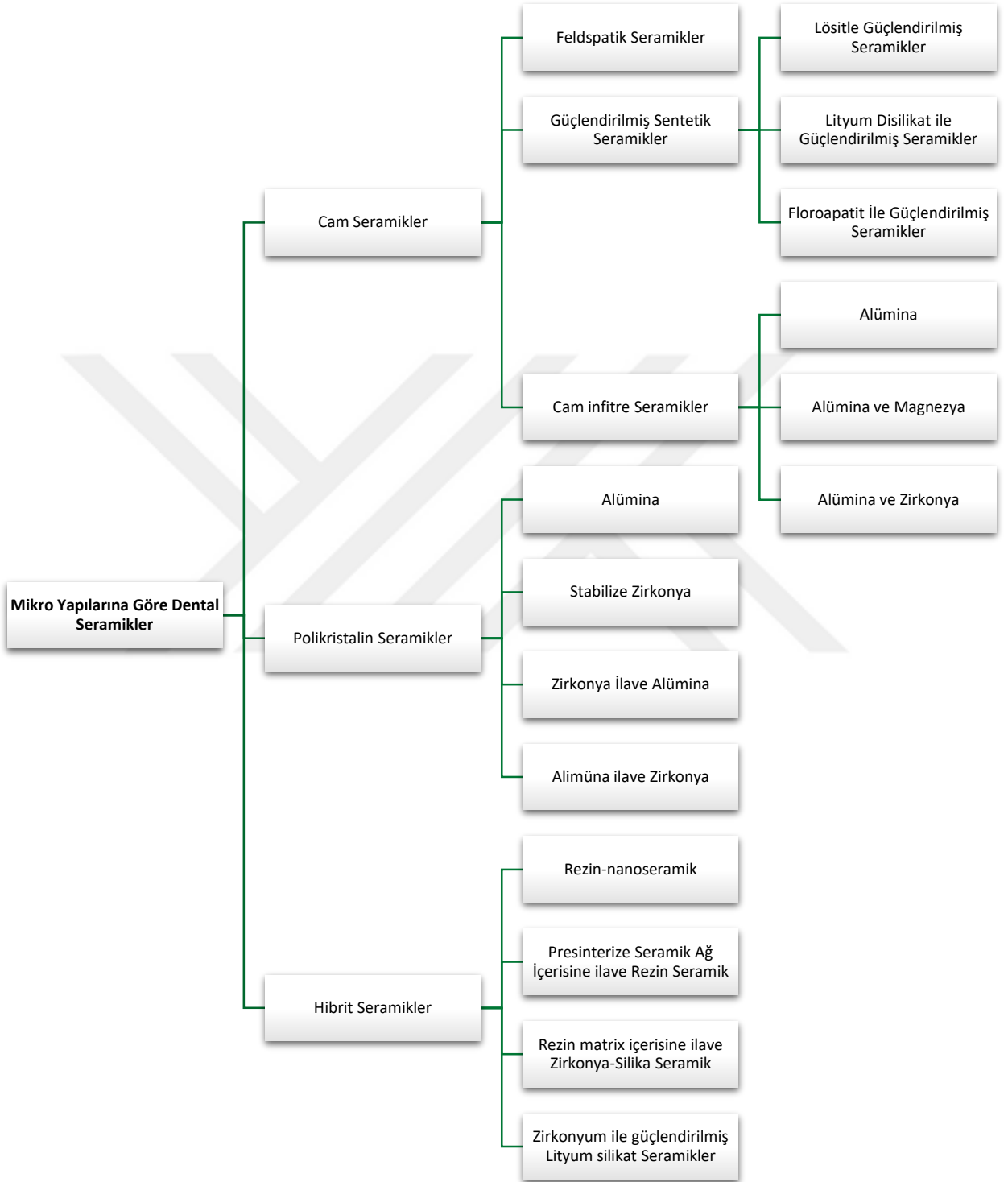
Tam seramik sistemler için literatürde birçok farklı sınıflandırma mevcuttur.^{6, 23, 25, 42}

A. Tam Seramiklerin Yapım Tekniklerine Göre Sınıflandırılması^{2, 43}



Şekil 4 Yapım tekniklerine göre seramikler

B. Tam seramiklerin mikro yapılarına göre sınıflandırılması^{2, 25, 44}



Şekil 5 Tam seramiklerin mikro yapılarına göre sınıflandırılması

Tam seramik Restorasyonların Endikasyonları^{41, 45, 46}

1. Estetik gereksinimin önemli olduğu vakalarda
2. Metal alerjisi olan hastalarda
3. Diestema kapatılmasında
4. Dişlerdeki kırık, aşınma tedavilerinde
5. Dişlerdeki şekil bozukluklarının düzeltilmesinde
6. Renklenmelerin tedavisinde
7. İmplant üst yapılarda ve üç üyeli anterior implant köprülerde

Tam seramik Restorasyonların Kontrendikasyonları^{45, 46}

1. Geniş pulpalı genç dişlerde
2. Henüz kök ucu kapanmamış dişlerde
3. Klinik kron boyu kısa dişlerde
4. Servikal bölgede basamak oluşturmak için yetersiz doku olması durumunda
5. Servikal bölgede aşınmanın fazla olduğu durumlarda
6. Parafonksiyonel alışkanlıklar
7. Örtülü kapanış, baş başa kapanış olması durumunda

Tam seramik Restorasyonların Avantajları⁴⁶

1. Translüsensi değeri doğal dişe yakındır.
2. Metal metal altyapılı restorasyonlarda görülen korozyon görülmez.
3. Servikal gri renklenme görülmez.
4. Toksik ve alerjen değildir.

Tam seramik Restorasyonların Dezavantajları^{46, 47}

1. Preperasyon daha fazla dikkat ve ayrıntı gerektirir.
2. Preperasyon miktarı daha fazladır.
3. Basamaklı kesim şarttır ve bu durum posterior bölgede sorun olabilmektedir.
4. Daha hassas laboratuvar çalışması gerektirir.
5. Maliyeti yüksektir ve ek laboratuvar ekipmanı gerektirir.

2.6. Protetik Tedavide Kullanılan Restoratif Alt Yapı Materyalleri

2.6.1. Metal Altyapılar

Sabit protetik restorasyonlarda kullanılan metal altyapılar soy metal ve kıymetsiz metal alaşımları olmak üzere ikiye ayrılır.⁴⁸ Kıymetsiz metal altyapılar çoğunlukla nikel(Ni), krom(Cr) ve kobalt(Co) elementlerinden oluşur. Ni-Cr alaşımlar yüksek sertlik, yüksek gerilme dayanımı ve düşük maliyet gibi avantajları nedeniyle sabit protetik diş tedavilerinde kullanımı çok yaygındır. Ancak toksik ve alerjen olması, korozyona uğrayarak restorasyonların servikal bölgelerinde dişetinde siyah-mor renklenme oluşturması ve estetik olarak doğal görünümün sağlanmasının zor olması gibi dezavantajlarından dolayı soy(değerli) metal alaşımlar tercih edilebilir.⁴⁹ Soy metal alaşımlar, kıymetsiz metal alaşımlara göre daha estetik ve biyouyumlu olması gibi avantajlarına karşın pahalıdır. Altın soy metal alaşımlar sıklıkla alt yapı malzemesi olarak tercih edilir. Ancak altın, Ni-Cr kıymetsiz metal alaşımlara göre daha yumuşak bir metal olduğundan metal alt yapı olarak kullanılabilmesi için kalınlığının fazla olması gerekmektedir. Bununla birlikte döküm yöntemiyle üretildiklerinde tesviye ve cila işlemleri ile kayıp miktarının da değerli olması gibi nedenlerle maliyet daha da artmaktadır.²⁷ Bundan dolayı soy metal restorasyonlar için alternatif olabilecek farklı teknikler denenmiştir. Galvano altyapılı restorasyonlar ise bunlardan biridir. Bu restorasyonlarda alt yapı elektroforez kullanılarak altından elde edilir. Bu metotla elde edilen restorasyonların metal kalınlığının daha az olması, kolay şekillendirilebilmesi ve bu sayede porselen için daha fazla işlenebilir alan sağlaması ile daha estetik olması, tesviye ve polisaj işlemlerine ihtiyaç duymaması ve bu sayede döküm soy metal alaşımlara göre daha ekonomik olması gibi avantajlara sahiptir.^{49, 50} Galvano kaplama soy metallerin biyouyumlu olması özelliği ile değersiz metal alaşımlarının ekonomik olma özelliklerinin kombinasyonu olarak düşünülmüş ve protetik diş tedavilerinde metal alt yapı üretimindeki yerini almıştır.

2.6.2. Zirkonyum Dioksit (Zirkonya) Alt Yapılar

Polikristalin grubu zirkonyalar protetik diş hekimliğinde metal üzeri porselenlere kıyasla daha doğal görünüm sağlamları, restorasyonun kole

bölgesinde dişetinde meydana gelen metalin korozyonuna bağlı renklemelerin olmaması gibi avantajları ile popülerite kazanmıştır.^{36, 51} İyi bir kimyasal ve boyutsal stabiliteye sahip olmaları, kırılma dayanımlarının ve elastik modüllerinin tatminkâr olması, zirkonyanın porselen alt yapısı olarak kullanımının nedenleridir. Suda çözünmez ve bu nedenle sitotoksik değildir. İn-vivo ve in-vitro testlerde titanyuma göre bakteri tutulumu daha azdır. Radyoopasitesi metal alt yapıli restorasyonlardan daha düşüktür ve düşük korozyon gösterir.^{40, 51} Sinterleme öncesi tebeşirimsi beyaz renkli bir katıdır ve altıgen şeklinde sıkı bir kristal yapıdadır.⁵²

Zirkonya, monoklinik faz, tetragonal faz ve kübik faz olmak üzere 3 fazda bulunmaktadır.^{28, 30, 53, 54} Saf zirkonya, 1170°C' ye kadar stabildir ve oda sıcaklığında monoklinik fazdadır, 1170-2370°C arasında tetragonal faza geçmektedir.⁵⁵ Daha sonra bu faz yaklaşık 2370°C' de kübik faza geçer. Saf zirkonya, faz değişimleri sırasında hacimsel değişiklikler göstermekte ve bu durum zirkonyaya stabil olmayan bir özellik vermektedir. Monoklinik fazdan tetragonal faza geçişte, %5'lik hacim azalması meydana gelir. Soğuma esnasında tetragonal faz-monoklinik faz dönüşümü 1070°C'nin altında başlar ve yaklaşık olarak %4-5 bir hacim artışı meydana gelmektedir.¹² Faz dönüşümleri sırasında oluşan stresler çatlak oluşumunu başlatabilmekte ve bu çatlaklar 1500-1700°C'de sinterlendikten sonra soğuma esnasında kırıklar meydana getirebilmektedir.^{51, 56}

Saf zirkonya içerisine seryum dioksit (CeO_2) ve yitrium oksit (Y_2O_3), magnezyum oksit (MgO) gibi stabilize edici oksitlerin ilavesi zirkonyanın faz değişimleri sonrası istenilen fazda kalmasını sağlamaktadır. Bu oksitlerin ilavesiyle oda sıcaklığında ana fazı kübik, minör fazı monoklinik ve tetragonal olan, parsiyel stabilize zirkonya (Partially Stabilized Zirconia, PSZ) olarak adlandırılan çok fazlı bir materyal elde edilmektedir.⁵⁷ PSZ porselenleri oda sıcaklığında sadece tetragonal fazda elde etmek mümkündür.^{52, 58} Saf zirkonyanın, içerisine ağırlığının % 3-5 oranında yttrium oksitin ilave edilmesi ile 3Y-TZP elde edilmiştir.⁴⁰

Restorasyonlar, önceden yarı sinterlenmiş blokların frezelenmesinin ardından yüksek derecede sinterlenmesi veya tam sinterlenmiş blokların frezelenmesi ile yapılmaktadır.⁵³ Yttrium oksit ile stabilize zirkonya, korozyona daha az uğraması ile daha biyouyumlu olması, translüsesi derecesinin metal alt yapılara göre daha fazla

olması ile daha estetik olması ve yüksek basma direnci ve dayanım gücü ile özellikle posterior çok üyeli köprülerde metal alt yapıli restorasyonlara önemli bir alternatif olabilmektedir. Kırılma ve esneme direnci feldspatik porselene göre yaklaşık altı kat, aluminaya göre ise yaklaşık iki kat daha güçlüdür.^{59, 60} Zirkonya porselenleri bükülme direnci 900-1200 MPa' dır.⁴⁰

Sinterleme işlemi yapılma amacı, frezleme sırasında oluşan strese bağlı oluşan çatlakların eliminasyonudur ve restorasyona istenilen fazda bir stabilize kazandırmaktır. Bu durum özellikle yarı sinterlenmiş blok kullanılarak üretilen restorasyonlar için önem arz etmektedir.⁶¹ Zirkonyanın faz değişimlerini başlatan ve aynı zamanda yaşlanmasını hızlandıran etmenler; mekanik stresler, frezleme, materyalin yüzey defektleri, tanecik büyüklüğü, ısı, nem, stabilizer oksitlerin tipi, miktarı ve dağılımı ve zirkonya üretim teknikleridir.⁶²

2.7.Sabit Protetik Restorasyonlarda Komplikasyonlar

Dental seramikler cam matriks içerisinde kristalin minerallerinden oluşur.^{63, 64} Yani yapısı esas olarak camdır ve kırılma direncinden yoksundur.^{38, 64, 65} Tam seramikler ve metal alt yapıli porselen restorasyonların bulunduğu tüm seramik sistemlerde lokal kırık oluşumu en sık gözlenen başarısızlıklardan biridir.⁶⁶ Sabit protetik restorasyonlarda kırık oluşmasının en önemli sebeplerinden biri oklüzal kuvvetin tipi ve yönüdür.⁶⁷ Diğer sebepler ise,^{3, 6, 36, 68-71}

- Parafonksiyonel alışkanlıklar
- Porselen içindeki yapım aşamasında oluşan anormal rezidüel stresler
- Porselen içerisinde oluşan pörözite
- Alt yapının bükülme yorgunluğu
- Alt yapı ve porselen arasındaki termal ekspansiyon katsayısı farkı
- Düşük termal iletkenlik
- Faz değişimleri
- Alt yapı dizaynı
- Üst yapı şekillendirme(veneerleme) yöntemi

Soğutma sırasında özellikle düşük termal iletkenliğe sahip alt yapılarda (örneğin zirkonya) soğuk porselen dış yüzeyi ile alt yapıya komşu sıcaklığın daha

düşük olduğu iç yüzey arasında ısı değişimi nedeniyle porselende gerilim stresi oluşmaktadır ve kırık oluşumu için predispozan bir faktördür.⁷² Özellikle porselen kalınlığının fazla olması ve hızlı soğutma yapılması gerilim stresinin daha fazla oluşmasına neden olur.⁷³ Özellikle zirkonya restorasyonlarında görülen kırıkların zirkonya ve üst yapı porseleni arasında meydana gelen gerilim stresi nedeniyle oluşabileceği bildirilmiştir.^{6, 71, 74}

Zirkonya esaslı restorasyonların soğuma esnasındaki tetragonal fazdan monoklinik faza geçiş ve yaklaşık olarak %3-5 oranında meydana gelen hacim artışı rezidüel stres oluşumuna sebep olabilmekte ve buna bağlı çatlak oluşumunu başlatabilmektedir. Bu çatlaklar 1500-1700°C’de sinterlendikten sonra soğuma esnasında kırıklar meydana getirebilmektedir.^{51, 56}

Alt yapı kalınlığının fazla yapılması veneer porselen kalınlığının az olmasına sebep olabilmekte ya da tam tersi kalınlığın standart boyutlarda tutulması ve veneer porselen kalınlığının fazla olması kırık oluşumuna sebep olabilmektedir.⁷⁰

Veneerleme yöntemi kırık oluşumunda etkili olan bir diğer faktördür. Baldassari ve ark.⁷⁵ zirkonya altyapının presleme yöntemi ile porselen üst yapının şekillendirilmesinin, elle şekillendirme yöntemine göre porselende kopma tipi kırıklara daha fazla neden olduğunu bildirmişlerdir. Buna karşın Beuer ve ark.⁷⁶ presleme ve manuel veneerleme yöntemi arasında kırık oluşumu açısından anlamlı fark bulamamışlardır.

2.8. Sabit Protetik Restorasyonlarda Porselen Tamiri

Sabit protetik restorasyonlarda porselen tamirinin amacı; restorasyonun fonksiyon ve estetiğinin iadesi ile ağız içi hizmet süresini artırmaktır.³ Porselen kırık tamir işlemi; kırık miktarına, kırığın lokalizasyonuna, açığa çıkan alt yapı miktarına ve restorasyonun bulunduğu dişin lokalizasyonuna bağlıdır.⁷⁷

Metal alt yapıya ya da tam seramik restorasyonların kırıklarının tamiri için ağız içi tamir ve ağız dışı yani laboratuvar ortamında gerçekleştirilen tamir şeklinde 2 tip yöntemden bahsedilebilir.

2.8.1. Ağız dışı tamir sistemleri

Restorasyonun destek dişe zarar vermeden çıkarılması sonrasında laboratuvarda tekrar porselen ilavesi ve fırınlanması şeklinde gerçekleştirilir. Özellikle alt yapının açığa çıktığı ve maskelenmesi gereken durumlarda laboratuvar ortamında porselen ilavesi ile daha başarılı estetik sonuçlar elde edilmektedir.⁷⁷ Buna karşın tekrarlanan fırınlama işlemi restorasyona zarar verebilmektedir.^{3, 77} Tekrarlanan fırınlama işlemleri; porselen renginde de değişikliklere sebep olabilmekte,⁷⁸ porselenin kırılma dayanımını azaltmakta,⁷⁹ restorasyonun adaptasyonunu ve marjinal uyumunu üzerine olumsuz etkileri vardır.^{80, 81}

Tam seramik restorasyonların rezin simanla yapılan simantasyonları nedeniyle sökülmeleri çok zordur. Ayrıca, metal seramik restorasyonlara göre sıcaklık değişimlerine ve yinelenen porselen fırınlama işlemlerine daha hassastır.^{6, 71} Restorasyonların yeniden yapılmasının giderleri artıracığı, restorasyonu sökmenin dişe zarar verebilmesi, hastanın hızlı bir sonuç istemesi gibi sebeplerle restorasyon tamirinin ağız içerisinde yapılması daha uygundur.⁸²

2.8.2. Ağız İçi Tamir Yöntemleri

Ağız içi tamir yöntemlerinin amacı, restorasyonun sökülmesi esnasında veya sonrasında laboratuvar aşamasında meydana gelebilecek olan komplikasyonların önüne geçerek daha hızlı, daha az maliyetle problemin çözülmesi ve restorasyonun ağız içi hizmet süresini artırmaktır. Bu sayede restorasyonun yenilenmesi gerekliliğini de ortadan kaldırır.⁸³

Ağız içi tamir; basit bir polisaj yapmak, kırık porselen parçasının rezin simantasyonu ya da kompozit rezin kullanılarak kayıp parçanın yerine konulması gibi direk bir yöntemle; varolan restorasyon üzerinde tekrardan bir preperasyon yapıp üzerine tam seramikten üretilen laminate veneerin rezin simantasyonu ya da tam bir kron preperasyonu yapıp üzerine ikinci bir restorasyon simantasyonu(overcasting) yaparak indirek yöntemlerle yapılır.^{3, 9, 83}

Metal ya da tam seramik alt yapının ekspozite olmadığı ve posteriorda bulunan bir restorasyonda meydana gelen küçük bir kırığın tamiri için basit bir polisaj yeterlidir.⁷⁰

Kompozit rezin kullanarak kayıp parçanın yerine konulması yöntemi; uygulama kolaylığı, hızlı sonuç vermesi, düşük maliyetler gibi avantajlarının yanında adezyondaki yetersizlik sebebiyle başarısızlık oranının fazla olması, yeterli maskeleme etkisinin elde etmenin ve bu sebeple estetiği sağlamamanın zor olması, uzun dönemde kompozitte meydana gelen renklenme gibi dezavantajlara sahiptir.⁸³

Kırık porselen parçasının rezin simantasyonu yönteminde en önemli konu kırık parçanın tek parça olması ve yerine tam oturması gerekliliğidir. Parçalı bir kırık varsa bu yöntemden bahsedilemez.⁷⁰

Kırık bölgenin restorasyonun sadece vestibül yada lingual yüzeyde olduğu ve kırık miktarının fazla olduğu durumlarda var olan restorasyon üzerinde laminate preperasyonu yapılabilir. Tam seramikten üretilen bir laminate veneerin rezin siman kullanılarak simante edilmesi ile tamir indirek olarak gerçekleştirilebilir.

Restorasyon kırık miktarının birden çok yüzeyi içine alan geniş bir kırık olduğu ya da porselenin tamamen kırıldığı durumlarda diğer bir indirek ağız içi tamir yöntemi ise overcasting yöntemidir. Bu yöntem özellikle metal alt yapıli restorasyonlarda kullanılmakla birlikte, var olan metal alt yapı üzerinde ikinci bir preperasyonu yapılarak gerekli mesafeler açılır. İkinci bir kron üretilir ve prepare edilmiş metal koping üzerine simante edilir. Ancak yeterli mesafelerin açmanın zor olması, metalin delinebilmesi, aşırı kontur oluşturmak zorunda kalınması gibi dezavantajları vardır.⁸⁴

2.9. Ağız İçi Tamirin Önemi

Sabit protetik restorasyonlarda meydana gelebilecek kırık hasta ve hekim arasındaki ilişkiye zarar verebilmektedir.⁸ Kırık oluştuğunda esas olan restorasyonun yenilenmesidir. Ancak porselen restorasyonların çıkarılmaya çalışılması destek dişte ve restorasyonun içerisinde çatlak ve kırıklar oluşturabilmektedir. Aynı zamanda para ve zaman kaybına sebep olabilmektedir.^{85, 86} Restorasyonun çıkarılması sırasında oluşabilecek komplikasyonlar yanında laboratuvar da restorasyona porselen ilavesi sonrası fırınlama sırasında da komplikasyonlarla karşılaşılabilmekte, bu durumda restorasyonun tamamen değiştirilmesi gerekebilmektedir. Bu durum çok sayıda prova gerektirebileceğinden ve ekonomik açıdan sorun yaratabileceğinden hastalardan her zaman kabul görmesi zordur.

Diğer yandan restorasyonun çok üyeli splinte bir köprü olması ya da hassas tutuculu bir protezin parçası olması gibi durumlarda restorasyonun yenilenmesinin doğuracağı büyük ekonomik yükü kimin karşılayacağı konusunda hekim ve hasta karşı karşıya gelebilir. Çözüm yolu ise kırıkların ağız içi tamirleridir. Restorasyondaki kırıkların ağız içi tamir edilmesi nispeten uygulamanın kolay olması, zaman ve maliyet gibi avantajlarının yanında, estetik ve fonksiyonun hızlı bir şekilde iadesini sağlamaktadır.⁸ Kanzow ve ark^{87, 88} Almanya ve İsveç'te hasta ve hekimlerin ağız içi restorasyon tamiri hakkındaki düşüncelerini araştırdıkları anket çalışmalarında %60'dan fazla katılımcı ağız içi tamiri restorasyonun yenilenmesine tercih edeceklerini bildirmişlerdir.

2.10. Ağız İçi Tamirde Başarıyı Etkileyen Faktörler

Sabit protetik restorasyonların ağız içi tamirinin başarısı, kırık yüzeyi ile tamir sistemi arasındaki bağlantının kuvvetine bağlıdır.^{3, 9} Bu bağlantı ne kadar güçlü ise; restorasyon ağız içinde o kadar fazla hizmet etmeye devam edecektir. Bağlanma dayanımı ise, restorasyon yüzeyine uygulanan işlemler ile tamir sisteminin yüzey enerjisinde meydana getirdiği artış ve ıslanabilirlikle doğrudan ilişkilidir.⁶⁵

2.11. Ağız İçi Tamirde Uygulanan Yüzey İşlemleri

Sabit protetik restorasyonların tamiri mikromekanik ve kimyasal bağlanmanın sağlanmasına bağlıdır. Bu amaçla çeşitli yüzey işlemleri uygulanmaktadır.

2.11.1 Frezle Pürüzlendirme

Metal alt yapı ya da porselen yüzeyine undercut ya da oluk tipinde retantif alanlar oluşturularak yüzey enerjisi artırılır ve bu sayede tamir materyalinin temas edeceği alan genişler ve mikromekanik tutuculuk artar. Bu aşındırma işleminde frezlerden başka tamir setleri içinde bulunan özel taşlarda kullanılabilir. Frezlerle yapılan pürüzlendirme işleminde yüzey homojen karakterde olmadığından ve düzensiz olduğundan mikromekanik tutuculuğun diğer yöntemlere göre daha az olabileceği de literatürde savunulmaktadır.^{89, 90} Frezle pürüzlendirme işleminde kullanılacak frezlerin gren boyutu küçük olmalı, soğutma altında ve düşük devirde pürüzlendirme

yapılmalıdır.⁹¹ İlave olarak porselen yüzeyinde mikroçatlaklar oluşturabilmektedir ve bu durum ilerleyen süreçte kırıkla sonuçlanabilir.⁹²

2.11.2. Asitle pürüzlendirme

Asitle pürüzlendirme işlemi, tamiri yapılacak olan bölgede yüzey alanını ve ıslanabilirliği artırarak tamir materyalinin mikromekanik tutuculuğuna katkıda bulunmaktadır.³¹ Bu amaçla porselen yüzeyinde %2,5-12 oranlarında ve 20-90 sn. sürelerinde hidroflorik asit uygulanmaktadır. HF asit, silikat porselenlerdeki cam matriksi çözerek kristalin yapısının açığa çıkarak mikropörözite yapar.⁹³ Aynı zamanda doymamış oksijen bağların ortaya çıkmasını sağlar ve bu sayede silan ajanları ile kimyasal bağlantı oluşmasında etkin rol oynar.⁹⁴ HF asitin oksit seramiklerdeki güçlü bağları kıramaması sebebiyle zirkonya ve alümina oksit gibi restorasyonlar asitle pürüzlendirilememektedir.³¹

Toksik ve kostik özellikleri dolayısıyla HF asitin ağız içerisinde kullanımı tartışmalıdır. Bu toksit etkilerin oluşmaması için iyi bir izolasyon şarttır ve rubber dam kullanılmalıdır.⁹⁵ Bazı çalışmalarda⁹⁶ ortofosforik asit de porselen yüzeyini asitlemek için kullanılmıştır ancak birçok çalışma ortofosforik asitin porselen morfolojisinde bir değişiklik yapmadığı ancak kullanım amacının organik artıkların uzaklaştırılması olabileceği bildirmiştir.⁹⁷

2.11.3. Kumlama

Ağız içi tamirde kumlama; 30-250 µm boyutlarındaki alüminyum oksit partiküllerinin belirli bir basıçta uygulanması ile yüzeyde mikro pörözite oluşturmayı, bu sayede yüzey alanını genişletmeyi ve ıslanabilirliğin artmasıyla artmış bir mikromekanik bağlantı sağlamayı amaçlamaktadır.^{98, 99} Restorasyonun kırık olmayan komşu bölgelerin kumlama işleminden etkilenmemesini sağlamak zordur. Yüksek basınçta uygulanması kırılğan yapıdaki porselen yüzeyinde istenilenden fazla hasar vermesine, hacim kayıplarına ve kırıkların başlanmasına sebep olabilir. Bu sebeple silikat içerikli porselen sistemlerinde kumlama yerine yeterli yüzey pürüzlülüğü elde edilmesini sağlayan asitle pürüzlendirme işlemi önerilmektedir.^{91, 93} Bununla birlikte asitleme işleminin yeterli pürüzlülük sağlayamadığı metal ve oksit seramikler için kumlama önemlidir.¹⁰⁰

Kumlama sonrasında alimüna kaplı bir yüzey oluşarak silanlama sonrası =Al-O-Si≡ kimyasal bağlarının oluşması sağlanır.¹⁰¹ Bununla birlikte oksit seramiklerde, Al₂O₃ ile kumlama yapıldıktan sonra 10-metakriloiloksidetil dihidrojen fosfat (MDP) fosfat monomer içerikli silan ya da bonding sisteminin kullanılması uzun ömürlü ve kuvvetli bir bağlantı sağlamaktadır.⁹⁸ Buna karşın Zhang ve ark.¹⁰² 'nın çalışmalarında zirkonya yüzeyine uygulanan alüminyum oksit partiküllerinin yüzeyde yapısal defekt ve keskin çatlakların oluşmasına ve uzun dönemde radyal kırıklara sebep olabileceğini belirtmişlerdir.

2.11.4. Tribokimyasal silika kaplama

Sabit protetik restorasyonların kırıklarının tamirinde kullanılabilen, tribokimyasal silika kaplama yöntemi, yüzeyi silika kaplanmış alüminyum oksit partiküllerinin 10 mm mesafeden¹⁰³ belirli bir basınçla metal ya da porselen yüzeyine uygulayarak yüzeyde mikropürüzlülük sağlamayı ve yüzeyin silika kaplanarak silikat porselenlerdeki cam fazın bir benzeri oluşturulur. Bu silikatize yüzey silan bağlayıcı ajan ile kimyasal bağ oluşturulmasını sağlar.^{104, 105} Aynı zamanda basınçla uygulanan alüminyum oksit partiküllerinin oluşturduğu mikropürüzlülük mikromekanik tutuculuk sağlar.⁹⁸ Bu işlem, ağız içinde Cojet sistemi (3M ESPE, Seefeld, Almanya), ile yapılırken, laboratuvarında Rocatec sistemi ile gerçekleştirilmektedir.

Cojet sistemi, 30 µm boyutundaki Cojet kumları ve Espe-Sil (3M ESPE) silandan oluşur. Ağız içi uygulama için geliştirilmiştir. Kum boyutunun küçük olması daha küçük retantif alanlar oluşmasını sağlar.^{106, 118, 119}

Rocatec sistemi ise laboratuvarında uygulanan 2 aşamalı bir sistemdir. Bu sistemde öncelikle 100 µm boyutunda Al₂O₃ içeren Rocatec-Pre uygulanıp yüzey pürüzlendirilir daha sonra 110 µm boyutunda silika kaplı Al₂O₃ Rocatec-Plus veya 30 µm boyutunda boyutunda silika kaplı Al₂O₃ Rocatec-Soft uygulanarak yüzey silikatize edilir.^{77, 107}

Tribokimyasal silika kaplama yöntemi özellikle zirkonya yüzeyinde önerilmektedir.⁹ Zirkonya ile rezin materyaller arası bağlantı bu uygulama ile, tek başına kumlama ya da tek başına silan uygulama işlemlerine kıyasla çok daha artmaktadır.^{103, 108} Ancak uzun dönem başarısı tartışmalıdır. Bunun sebebi olarak da tribokimyasal silika kaplama ile yüzeye gömülen silika tabakası ile zirkonya yüzey

arasında oluşan zayıf Van de Waals bağlarının yeterince stabil olmaması nedeniyle başlangıçta güçlü olan bağlanma dayanımı zamanla azalması gösterilmektedir.¹⁰⁹

2.11.5. Lazer Uygulaması

Er:YAG, Er,Cr:YSGG, CO₂ ve Nd:YAG lazerlerin metal ve seramik yüzeylerinde pürüzlülüğü artırıp bağlantı dayanımına katkı sağlamaktadır.^{31, 110, 111} Lazer uygulaması yüzeyde buharlaşmaya (vaporizasyon) ve ablasyona (ayırma, bir kesimin çıkarılması) neden olur. Vaporizasyon ve ablasyon oluşurken yüzeyde mikropatlama oluşarak yüzeyde pürüzlülük oluşur ve bu sayede yüzey enerjisi ve ıslanabilirlik artar.¹¹² Gökçe ve ark.¹¹³ porselen yüzeyine uygulanan Er:YAG lazerin porselen ve rezin materyal arasındaki bağlantı dayanımını artırdığını belirtmişlerdir. Er:YAG, Nd:YAG ve CO₂ lazerlerin zirkonya rezin bağlantısının incelendiği başka bir çalışmada; Nd:YAG lazerin sadece kumlama ile birlikte uygulanmasını takiben etkili bir pürüzlendirme sağladığı, diğer iki tip lazerin ise yüzey pürüzlülüğünü artırarak, zirkonya-rezin bağlantısını güçlendirdiği belirtilmiştir.¹¹⁴

2.11.6. Silan Uygulaması

Porselen kırık tamirinde silan uygulanması, uygulanan bölgede yüzey gerilimini azaltarak ıslanabilirliği artırır ve bu sayede daha dayanıklı bir bağlantı oluşturur.^{107, 115} Klinikte en yaygın 3-metakriloksipropil trimetoksisilan (3-MPS) kullanılmaktadır.¹¹⁵

Silan; bir ucu seramik yüzeyindeki silanol grubu ile siloksan bağı oluşturan silanol fonksiyonel ucu, diğeri ise kompozit rezin matriksi içerisindeki metakrilat grubu ile kopolimerizasyon gösteren metakrilat fonksiyonel ucuna sahip çift fonksiyonel uçlu bir monomerdur.¹¹⁶

Silika içerikli porselenlerde, yüzeyin hidroflorik asit ile pürüzlendirilmesinin ardından silan bağlayıcı ajan uygulamak başarılı bir bağlantı sağlarken, silika içermeyen zirkonya seramiklerde bu yöntemin başarı oranı düşüktür.^{57, 117} Zirkonya seramiklerde silan uygulaması, tribokimyasal silika kaplama sonrası daha başarılı bir adezyon sağlanmaktadır.⁹

2.11.7. Primer Uygulanması

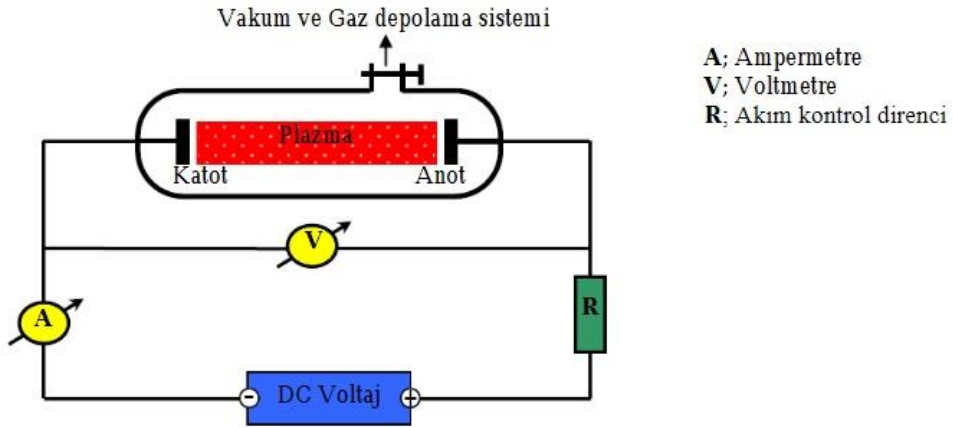
Porselen kırık tamirinde metal alt yapının açığa çıktığı durumlarda metal yüzeyinde bulunan oksit tabaka ile kimyasal bağ oluşturan metal primerleri kullanılır. Zirkonya alt yapıli restorasyonlarda da benzer olarak zirkonya yüzeyinde pasif oksit tabakası oluşabilmekte ve primerin kullanarak kimyasal bağlantı elde edilebilmektedir.¹¹⁸ Bu kimyasal bağlantıları geliştirmek amacıyla primerler içerisine bifonksiyonel fosfat monomerleri (MDP) ilave edilmiştir. Bifonksiyonel fosfat monomerler bir uçları ile metal yüzeyindeki oksit tabaka ya da zirkonya yüzeyindeki hidroksil grupları arasında kimyasal bağ oluştururken diğer ucu ile kompozit rezin matriksindeki metakrilat grupları ile kimyasal bağ oluşturur.^{71, 119, 120} İçeriğinde MDP fosfat monomer dışında, 4-META ve tiyofosforik asit metakrilat (MEPS), Dipentaerythritol penta-acrylatephosphate (PENTA) gibi monomerleri bulunduran primerlerin de zirkonya-rezin bağlantısı artırmaktadır.^{13, 121}

2.12. Soğuk Plazma Uygulaması

2.12.1. Plazmanın tanımı ve sınıflandırılması

Maddenin 3. hali olan gaz haline enerji yüklendiğinde gaz içerisindeki partiküllerin kinetik enerjisi yükselir, birbirlerine çarpışmalarının artar ve sonuç olarak gaz iyonize olur. İyonize olmuş gaz haline maddenin 4.hali olarak tanımlanabilen plazma denilmektedir.^{122, 123} Plazma içinde iyonlardan başka fotonlar, uyarılmış moleküller, radikaller, metastabil atomlar da vardır.¹²³

Plazma, Irving Lanmuir tarafından 20. Yüzyılın başlarında tanıtılmıştır.¹²³ Kuzey ışıkları ve yıldırımlarda doğal olarak bulunabildiği gibi gazlara çeşitli yöntemlerle enerji yükleme sonucu yapay olarak da üretilebilmektedir. Gazların iyonizasyonunu sağlamak amacıyla elektrik ya da elektromanyetik alan kullanılması yapay olarak plazma üretimi için gerekliliktir.¹²³ Yapay olarak plazma üretimi için; gaz dolu bir cam tüp içerisinde düşük basınçta iki adet paralel-plakalı elektrot yüksek gerilimli doğru akım gücüne bağlanmakta ve bu şekilde doğru akım deşarjı oluşmaktadır (Şekil 6).¹²⁴



Şekil 6 Doğru Akım Deşarjı

2.12.2. Plazma sistemleri

Plazmaların sınıflandırılması, gaz atomlarının iyonlaşma derecesine, plazma deşarjının oluşturulduğu basınca ve oluşan plazmanın sıcaklığına göre yapılabilmektedir.¹²⁵

Plazma türünün belirlenmesinde etkili olan faktörler;¹²⁶

1. Elektrotlara uygulanacak enerji kaynağı (ısıtma, doğru akım veya alternatif elektriksel akım, radyo frekans dalgaları, mikrodalga),
2. Ortam basıncı (düşük, atmosferik ve yüksek basınçlı)
3. Plazmayı oluşturacak gaz (hava, argon, helyum, oksijen) plazmanın türünü belirlemektedir.

Plazmaları termodinamik özelliklerine göre ve çalışma basıncına göre 2 ana başlıkta sınıflandırmak mümkündür.

A. Termodinamik özelliklerine göre plazmalar

Plazmalar termodinamik özelliklerine göre 2 gruba ayrılır.

- a. Termodinamik denge plazmaları (ısıl plazmalar)
- b. Denge dışı plazmalar (ısıl olmayan plazmalar)

a. Termodinamik Denge Plazmaları (Isıl Plazmalar)

Basıncın 10000 Paskaldan ve elektron sıcaklığının 1000 Kelvin'den fazla olduğu, iyonlaşma derecesinin ise %100 e yakın olan plazmalardır. Yüksek basınç ile elektron

ve ağır partiküllerin çarpışma sıklığı ve enerjileri artar, sonuçta termodinamik olarak bir denge gerçekleşir. Plazma sıcaklığı ile elektron sıcaklıkları arasındaki fark azdır. Bu şekilde üretilen plazmaya ‘lokal termodinamik dengeye sahip plazma’ ya da ‘termal plazma’ denir.¹²⁷

b. Denge dışı plazmalar (Soğuk plazma, Non-termal Plazma)

Gaz sıcaklığının ortalama 300–400°K aralığında olduğu ve termodinamik açıdan denge halinde olmayan plazmalardır. İyonlaşma derecesi termodinamik denge plazmalarına göre daha azdır.¹²⁸ Basıncın düşük olması elektronların ve ağır partiküllerin çarpışma sıklığında azalmaya ve termal denge kurulmasının gerçekleşmemesine sebep olur. Elektron sıcaklığı 10000-100000°K iyon sıcaklığı da oda sıcaklığına yakın olması nedeniyle bu grup plazmalara ‘soğuk plazma’ ya da ‘non-termal plazma’ denilmektedir.^{60, 129} Kuzey ışıkları bu grup plazmalara örnektir.¹²⁶ Soğuk plazmanın sıcaklığı yaklaşık 30–60°C arasındadır.⁶⁰

Yapay olarak oluşturulan soğuk plazma, gıdaların sterilizasyonu ve kaplanması, tıbbi aletlerin sterilizasyonu gibi uygulamalarda kullanılmaktadır.⁶⁰

B. Çalışma basıncına göre plazmalar

Basıncına göre plazmalar, düşük basınçta ve atmosferik basınçta elde edilen plazmalar şeklinde ikiye ayrılır.¹²⁵

a. Düşük Basınçta Çalışan Soğuk Plazma Sistemleri

Bu sistemlerde plazma elde etmek için kullanılan voltaj düşüktür, bunun sebebi azalan basınçta gazın iyonlaşması için gerekli enerjinin az olmasıdır. Bu sistemlerin bir vakum haznesi gerektirmesi ve pahalı olması dezavantajlarıdır.¹³⁰ Mikrodalga ve radyofrekansla çalışan plazmalar bu gruba örnektir.

b. Atmosferik Basınçta Çalışan Soğuk Plazma Sistemleri

Bu sistemlerde plazma, yüksek voltaj kullanarak atmosferik basınçtaki gazların iyonlaşmasıyla elde edilir. Ancak düşük basınçta çalışan sisteme kıyasla burada atmosferik basınçtaki değişkenlikler sebebiyle daha heterojen bir plazma oluşur.¹³¹ Aynı zamanda basınç için özel vakum ekipmanları gerektirmedikinden daha ucuz

sistemlerdir. Bir diğer farkı ise atmosferik ortamdaki gazların iyonlaşması daha zor olduğundan daha yüksek voltaja ihtiyaç olmasıdır.¹³¹ Korona boşalım plazması, dielektrik bariyer boşalım (DBD) plazması, plazma jeti, ısıtılı boşalım plazması, ark boşalım plazması ve radyofrekans plazmaları bu grubun örnekleridir.

i. *Dielektrik Bariyer Boşalım (DBD) Plazması*

Uygulama alanında elektrikten kaynaklanan kıvılcım oluşmasını önleyen bir bariyere sahip olan bu sistemin çalışma frekansı 0,05 ve 500 kHz'dir. Çalışma frekansının düşük olması nedeniyle bu sisteme 'sessiz boşalım' da denilmektedir.¹³² Bu sistemde, oda sıcaklığında ve atmosferik basınç altında gaz kullanılması termodinamik olarak dengede olmayan heterojen bir plazmanın oluşmasına neden olur. Ozon sentezi, plazma ekran panelleri ve hava kirliliği kontrolü gibi alanlarda yaygın kullanıma sahiptir.^{133, 134} Son zamanlarda dezenfeksiyon ve sterilizasyon amacıyla medikal alanda da kullanılmaya başlamıştır.¹³⁵ Tez çalışmamız da bu tip plazma kullanılmıştır.

2.12.3. *Plazma Sistemlerinin Diş Hekimliğindeki Kullanım Alanları*

Plazma sistemleri, diş hekimliğinde aşağıdaki amaçlarla kullanılmaktadır.

- Dentin ve porselen yüzeylerine adezyonun artırılması,¹³⁶
- Diş beyazlatması,¹³⁷
- İmplant ve titanyum kafeslerin yüzeylerinde osteointegrasyonun artırılması¹³⁸
- Yüzeylerin dezenfeksiyonu ve alet sterilizasyonu¹³⁹
- Antibakteriyel etkinliğinin çürük gelişiminin önlenmesinde kullanılması¹²⁸
- Endodontik tedavide giriş kavitesi ve kanal dezenfeksiyonu amacıyla¹⁴⁰
- Kırılmış tam protezlerinin tamirinde¹⁴¹
- Fiber post simantasyonunda¹⁴²
- Tam seramiklerin adeziv simantasyonunda¹⁴³

Son yıllarda seramikler ile rezin materyaller arasındaki bağlanma dayanımını artırdığı düşünülen soğuk plazma uygulamasının alternatif bir yüzey işlemi olabileceği belirtilmektedir.¹⁰ Derand ve ark.¹⁴⁴'nın yaptığı çalışmada seramik yüzeylere soğuk

plazma uygulamasının yüzeyde oksijen artışına bağlı olarak karboksil gruplarının ortaya çıktığı ve bu sayede hidrofilitenin arttığı gösterilmiştir. Çökeliler ve ark.¹⁸ plazma aşındırma yöntemi ile feldspatik porselenlerin rezin bağlantısının ve seramiğin yüzey enerjisinin arttığını bildirmişlerdir. Şeker ve ark.¹⁴⁵'nin plazma polimer kaplamasının porselen ve rezin materyaller arasındaki bağlanma etkisini araştırdığı çalışmada, HF ve takiben bağlayıcı ajan uygulanan gruba kıyasla daha düşük değer bulunsa da, plazmanın adezyonu arttırabileceği belirtilmiştir.

Zirkonya ve alümina seramikler cam faz içermediğinden, kompozit rezinlerle adezyonu oldukça zordur. Bazı çalışmalarda, zirkonya ve alümina seramiklere plazma uygulamasının rezin simanlarla bağlantısını artırdığı gösterilmiştir. Valverde ve ark.¹⁴⁶'nin zirkonya yüzeyine soğuk plazma uygulamasının değerlendirdikleri çalışmalarında, soğuk plazma, kumlama ve primer uygulaması tek başına ya da kombine olarak uygulanmış ve soğuk plazma uygulamasının mikrogerilim bağlanma dayanımını artırdığını belirtmişlerdir. Benzer bir çalışmada, Silva ve ark.¹⁴⁷ zirkonya yüzeyine uygulanan soğuk plazmanın yüzey pürüzlülüğünü etkilemeden zirkonya ve kompozit rezin arasındaki mikrogerilim bağlanma dayanımını artırdığını belirtmişlerdir. Bu bilgiler ışığında ağız içi porselen kırık tamirinde soğuk plazmanın kullanılmasının faydalı olabileceğini düşünmekteyiz.

2.13. Kompozit Rezinler

Sabit protetik restorasyonlarının kırıklarının ağız içi tamirinde kompozit rezinler, uygulanın kolay olması, hızlı sonuç elde edilmesi ve tatminkâr bir estetik sağlaması gibi avantajları sebebiyle sıklıkla kullanılmaktadır.¹⁴⁸ Tamirin klinik başarısında önemli kriterlerden birisi de tamir ara yüzünün bağlantı dayanımının sağlanmasıdır. Bunu sağlamak için kullanılan kompozit materyalinin termal genleşme katsayısının ve polimerizasyon büzülmesinin düşük olması gerekmektedir.³ Bu tip kompozitler ise partikül boyutu fazla olan makro dolduruculu ya da hibrit kompozitlerdir.¹⁴ Stangel ve ark.¹⁴⁹'nın porselenlerin tamirinde kullanılan hibrit kompozit rezinlerin mikrofil kompozit rezinlere göre fonksiyonel kuvvetlere daha dayanıklı olduğunu ve uzun dönem başarısının daha fazla olduğunu belirtmişlerdir.

Tamir materyalinin açığa çıkmış olan metal ya da zirkonya yüzeyini iyi bir şekilde maskelemeli, renk uyumu iyi olmalıdır.⁹² Renk uyumu ile erken dönemde başarılı estetik bir sonuç alınsa da kompozit yüzeyi yeterli pürüzsüzlük derecesine sahip değilse uzun dönemde renklenme kaçınılmazdır. Bu sebeple parlatılabilirliği daha yüksek olan doldurucu partikül boyutunun az olduğu kompozitler düşünülmelidir. Ancak bu tip kompozitlerinde mekanik özellikleri daha az olduğundan en ideali hibrit kompozitler kullanılmasıdır.¹⁴⁸

2.13.1. Kompozit Rezinlerin Yapısı

Kompozit rezinler üç fazdan oluşur.

1. Organik Matriks fazı:

Bisfenol A glisidil metakrilat (Bis-GMA) organik fazın ana bileşenidir. Günümüzde polimer matriks olarak üretan dimetakrilat (UDMA) da kullanılmaya başlanmıştır. Trietilen glikol dimetakrilat (TEGDMA) vizkozite kontrolünü amacıyla matriks içerisine ilave edilmektedir.³⁷

2. İnorganik faz:

Matriks içine dağılmış baryum, baryum alüminyum silikat, borosilikat cam, çinko, kuartz, lityum alüminyum silikat, stronsiyum, yitriyum cam gibi inorganik doldurucu partiküllerden oluşur. Doldurucular; kompozitlerin stresler karşısındaki dayanıklılıklarını arttırmak, kolay işlenmesini sağlamak, estetik özelliklerini geliştirmek, radyoopasitesini arttırmak ve polimerizasyon büzülmesini kontrol etmek amacıyla matrikse ilave edilirler.¹⁵⁰

3. Ara faz:

Esas olarak bağlayıcı silan ajanından oluşur. Silanların fonksiyonu ise organik matriks ile doldurucuları birbirlerine bağlamaktır.

2.13.2. Kompozit Resinler Sınıflamaları

I. Partikül boyutlarına Göre Kompozitler

- Megafil(50-100 μm)
- Makrofil(10-100 μm)
- Midofil(1-10 μm)
- Minifil(0,1-1 μm)
- Mikrofil(0,01-0,1 μm)
- Hibrit(0,04-1 μm)
- Nanofil(0,005-0,01 μm)

II. Polimerizasyon Yöntemlerine Göre Kompozitler

- Otopolimerizan Kompozitler
- Fotopolimerizan Kompozitler
- Dual-cure Kompozitler

III. Akıcılıklarına Göre Kompozitler:

- Akışkan kompozitler (Flowable)
- Kondanse edilebilen kompozitler (Packable)

2.14. Bağlantı Dayanım Testleri

Bağlantı dayanımı; adeziv-adherent (bağlayıcı-bağlanılan yüzey) ara yüzeyinde veya yakınındaki bağlantıyı kırmak için gerekli olan birim alana düşen kuvvet miktarıdır. Bu testler aynı zamanda “adezyon kaybı testi” olarak da adlandırılabilir.¹⁵¹

Bağlanma dayanımı ölçümünde kullanılan testler;

- Makaslama (shear) testi
- Gerilme/Çekme (tensile) testi
- Tek düzlem makaslama (single plane shear) testi
- Mikromakaslama (mikro-shear) testi

- Makaslama delme (shear punch) testi
- Mikro makaslama delme (micro shear punch) testi
- Oblik gerilme (oblique-tensile) testi
- Mikro gerilme (micro-tensile) testi şeklinde sıralanabilir.^{39, 152}

Diş hekimliğinde en sık kullanılan testler ise; makaslama (kesme, shear), çekme (gerilme, tensile) ve mikro-çekme (micro-tensile)'dir.^{153, 154}

2.14.1. Makaslama (shear) Testleri

Bağlantı dayanımının değerlendirilmesinde yaygın olarak kullanılan bu yöntemde, adeziv bir materyal kullanılarak birbirine bağlanan farklı iki materyal arasındaki bağlantıda ayrılma oluşana kadar, 0,45-1,05 mm/dk. hızla makaslama kuvveti uygulanır. Kırılmanın meydana geldiği esnadaki kuvvetin bağlantı yüzey alanına bölünmesi ile birim alana düşen makaslama direnci elde edilir.^{153, 154} Bu testte makaslama kuvvetinin uygulama hızının yüksek olması durumunda, bağlanma yüzeylerinde anormal stresler oluşabilir ve bu durum genellikle kohesiv kırıkların oluşmasına yol açar.¹⁵⁵ Hara ve ark.¹⁵⁶ makaslama kuvveti uygulama hızının 0.50-0.75 mm/dk. olduğu durumda adeziv kırıkların elde edilebileceğini, bu değer üzerinde uygulandığı takdirde kohesiv kırıkların oluşmasına sebep olacağını bildirmişlerdir. Bunun sonucunda, beklenenden daha düşük değerler elde edilmesi, sonuçların yanlış değerlendirilmesi gibi problemler ortaya çıkabilir. Uygulama ve standardizasyonun kolay olması ile literatürde bağlantı dayanımı ölçümü için en çok kullanılan yöntem olduğu bildirilmiştir.^{153, 154}

2.14.2. Mikro makaslama(Mikroshear) Testleri

İlk olarak 2002 yılında araştırmacılara tanıtılan mikro makaslama testinde yüzey alanı 1 mm² olan örnek ile uygulama yüzeyi birleşim hattına kuvvet uygulanır.^{157, 158} Test prosedürleri konvansiyonel makaslama testi ile benzerlik gösterir. Hazırlanan örnekler çok küçük olduğundan uygulama yüzeyine birden fazla yerleştirilebilirler. Ayrıca düzensiz alanlardan daha az etkilenmesi gibi avantajları vardır.¹⁵⁹⁻¹⁶¹ Buna karşın, örnek hazırlamasının nispeten daha zor olması, özel ekipman gerektirmesi, yüzey işlemlerinin uygulanmasının zor olması, örneklerin küçük ve hassas olması sebebiyle kolay zarar görebilmesi, çok düşük bağlanma

dayanım değerlerinin ölçülememesi, oluşacak kırıkların nerede olabileceğinin öngörülebilmesi ve testin uygulanması ile ilgili standartların olmaması gibi dezavantajlara sahiptir.¹⁵⁹⁻¹⁶¹

2.14.3. Çekme (Tensile) Testleri

Adeziv bir materyal kullanılarak birbirine bağlanan farklı iki materyal arasındaki bağlantıda ayrılma oluşana kadar, tek ve rotasyona sebep olmayacak bir ekseninde, yüzeye dik olan bir kuvvet kullanarak kopmanın gerçekleştiği değer kaydedilir. Bu değer bağlanma yüzeyine bölünerek çekme bağlanma dayanım değeri elde edilir.^{105, 162} Bu metotta en önemli nokta, örneklerin tam paralel yapıştırılması ve uygulanan çekme kuvvetinin herhangi bir rotasyona neden olmaması gerekliliğidir.¹⁵¹ Kuvvetin tam merkezde olmaması ve rotasyona sebep olması kopma paternlerini etkiler.¹⁵¹ ISO standartlarına göre standart çekme hızı $0,75 \pm 0,30$ mm/dk'dır.⁴⁷

2.14.4. Mikro-çekme (micro-tensile) testi

Yüzey alanı 1 mm^2 olan mikrobar şeklinde hazırlanan örneklerin iki ucundan 1 mm/dk . hızla uygulanan çekme kuvveti kopma gerçekleştiği anda kaydedilir ve örnek yapışma yüzey alanına bölünüp elde edilen değer mikro çekme dayanım değeridir.¹⁶³ Bağlantı yüzey alanı yaklaşık 1 mm^2 olduğundan, çekme esnasında bağlantı yüzeyinde daha homojen stres dağılımları oluşur.¹⁶⁴ Sonuçların daha güvenilir olması avantajına karşın örnek hazırlamanın ve testi uygulamanın hassas bir çalışma gerektirmesi nedeniyle zordur.¹⁶⁵

2.15. Kopma tiplerinin değerlendirilmesi

Bağlanma dayanımı testleri sonrası örnek yüzeyleri SEM ya da stereomikroskop kullanılarak incelenir.

Kohesiv tip kopmada, metal ya da porselen yüzeyi ile kompozit rezin tamir materyali arasındaki bağlantı, porselenin veya kompozit rezinin kendi içindeki bağlantıdan daha güçlüdür.

Adeziv tip kopmalar, adeziv bağlantı gücünün porselen ya da kompozit rezinin kendi içerisindeki bağlantıdan daha zayıf olduğunun bir göstergesidir.

Karma(Miks) tip kopmalarda, adesiv bağlantının kısmen başarısız olduğunu ve adherentlerin kendi içerisindeki bağlantı kuvvetine yaklaşıldığının göstergesi olabilir.

2.16. Termal Siklus

Diş hekimliğinde kullanılan birçok materyalin ağız içindeki durumlarını yapılacak çalışmalarda taklit etmek amacıyla yapay yaşlandırma yöntemleri kullanılmaktadır. Bu yöntemler: termal siklus, suda bekletme, yük uygulaması, eskitme cihazında bekletme, çiğneme simülatörüdür.^{55, 166} Ağız içerisindeki restorasyonlar, 0°C ile 60-65°C arasındaki sıcaklık değişimlerine maruz kalmaktadır. Benzer şekilde termal siklus cihazında örnekler 0-65°C arasındaki iki su tankına belirli zaman aralıklarıyla batırılmakta ve bir süre bu sıcaklıklarda bekletilmektedir.¹⁶⁷

Termal siklus ile yaşlandırma mekanizması şu şekilde açıklanmaktadır.^{168, 169}

- Yüksek sıcaklıktaki su bağlantı ara yüzündeki materyalin hidrolizini sağlar. Bağlantı yüzeyine suyun emilimi ile hidroliz ürünlerinin ve zayıf polimerize rezin oligomerlerin açığa çıkmasını hızlanmaktadır.
- Örneklerin 0-60 °C arasındaki farklı sıcaklıklardaki tanklara daldırılması örneklerde termal büzülme/genleşme sonucu çatlaklar oluşmasına sebep olur.

ISO(2003) standartlarına göre, termal siklusda örneklerin 500 kez, sıcaklığı 5° ve 55 °C olan su tanklarına daldırılması şeklinde yapılması in vitro yaşlandırma için uygun bir yöntemdir.⁴⁷ Literatürde, 10.000 termal siklusun yaklaşık 1 yıllık ağız içi fonksiyona eşdeğer olduğu belirtilmiştir.¹⁷⁰

3. GEREÇ VE YÖNTEM

Sabit protetik restorasyonların tamirinde soğuk plazmanın rolünü araştırdığımız bu çalışmamız İzmir Kâtip Çelebi Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Araştırma Laboratuvarında, İzmir Kâtip Çelebi Üniversitesi Merkezi Araştırma Laboratuvarında ve Özel Hisar Çok Amaçlı Diş Laboratuvarı'nda yapılmıştır. Çalışmamızda kullanılan materyaller, kimyasal içerikleri ve üretici firma detayları Tablo 1'de, çalışmada kullanılan cihaz, model ve üretici firma bilgileri Tablo 2'de verilmiştir.

Tablo 1 Çalışmada kullanılan materyaller ve özellikleri

Çalışmada Kullanılan Materyaller	Marka Adı	Üretici Firma	Kimyasal içerik
Feldspatik porselen	Cerec Bloc	Sirona, Bensheim, Almanya	SiO ₂ %55 - 65 Al ₂ O ₃ %17 - 24 Na ₂ O %5 - 9 K ₂ O %7 - 11 B ₂ O ₃ %0 - 2
Krom-kobalt alaşımı	Realloy C	Realloy e.K.,Krefeld, Almanya	Cr %62,5 Co %24,6 W %8,5 Mo %2,9 Si %1,3 Nb %<1
Yttrium ile Stabilize zirkonyum oksit içerikli seramik	Cerec inCoris ZI	Sirona Dental, Bensheim, Almanya	ZrO ₂ +HfO ₂ +Y ₂ O ₃ ≥ % 99 Y ₂ O ₃ % 4,5-6 HfO ₂ < % 5 Al ₂ O ₃ < % 0,5 Fe ₂ O ₃ <% 0,3
Porselen tamir kiti	Bisco	Bisco Inc. Schaumburg, Illinois, Amerika	HF,Porselen Primer,Porselen Bonding Rezin, Z-Prime
Kompozit rezin	3M Z250	3M ESPE, St.Paul, MN, Amerika	Bis-GMA, UDMA, TEGDMA, BIS-EMA, %55-57 doldurucu
Akrilik rezin	SC Soğuk Akrilik	Imicryl Dental, Konya, Türkiye	Polimetilmetakrilat Metilmetakrilat
30 µm silika kaplı Al ₂ O ₃ Tozu	Cojet Sand	3M ESPE AG, Seefeld, Almanya	Silika kaplı Al ₂ O ₃

Tablo 2 Çalışmada kullanılan cihazlar ve model/üretici firma bilgileri

Cihaz	Model/ Üretici Firma
Hassas Kesim Cihazı	Isomet 1000 / Buehler Ltd., Lake Bluff, IL, Amerika
Sinterleme Fırını	Sirona inCoris HTC Speed, Sirona Bensheim, Almanya
Metal Döküm Fırını	Mikrotek MFX-1010, Mikrotek Dental, Ankara, Türkiye
Metal Kumlama Cihazı	Mikrotek KM-220, Mikrotek Dental, Ankara, Türkiye
Tribokimyasal Silika Kaplama Cihazı	CoJet, 3M ESPE AG, Seefeld, Almanya
Soğuk Plazma Cihazı	Plasma MEDICAL SYSTEMS® GmbH, Nievern, Almanya
Termal Siklus Cihazı	Gökçeler Makine, Sivas, Türkiye
Universal Test Cihazı	Model AGS-X 5kN, Shimadzu Corporation, Kyoto, Japonya
Profilometre Cihazı	Mitutoyo SurfTest SJ-310, Japonya
Ultrasonik Temizleme Cihazı	Eurosonic Energy, Euronda, İtalya

Çalışmamız, aşağıdaki aşamalarda gerçekleştirilmiştir:

- Deney örneklerin hazırlaması
- Ön çalışma ile uygun soğuk plazma uygulama süresinin belirlenmesi
- Deney örneklerin yaşlandırılması
- Deney örneklerinin frezlenmesi
- Deney örneklerinin gruplara ayrılması ve yüzey işlemlerinin yapılması
- Yüzey pürüzlülüğü ve temas açısı ölçümlerinin yapılması
- Porselen tamir materyalinin uygulanması
- Bağlanma dayanımının ölçülmesi
- Stereomikroskop ile kopma tiplerinin belirlenmesi
- İstatistiksel değerlendirme

3.1. Deney Örneklerin Hazırlanması

Tam seramik örnekler, İzmir Kâtip Çelebi Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Araştırma Laboratuvarı'ndaki su soğutmalı hassas kesme cihazında (Isomet 1000, Buehler Ltd., Lake Bluff, IL, Amerika) 400 rpm hızında, özel elmas disk kullanılarak 1 mm kalınlığında hazırlandı (Resim 1). Metal alaşım örnekler ise; özel dental laboratuvarında kayıp mum yöntemi kullanılarak döküm yoluyla üretildi. Tüm örnekler ultrasonic temizleme cihazı (Eurosonic Energy, Euronda, İtalya) kullanılarak %97'lik isopropil alkol kullanarak 10 dk. süre ile temizlendi.

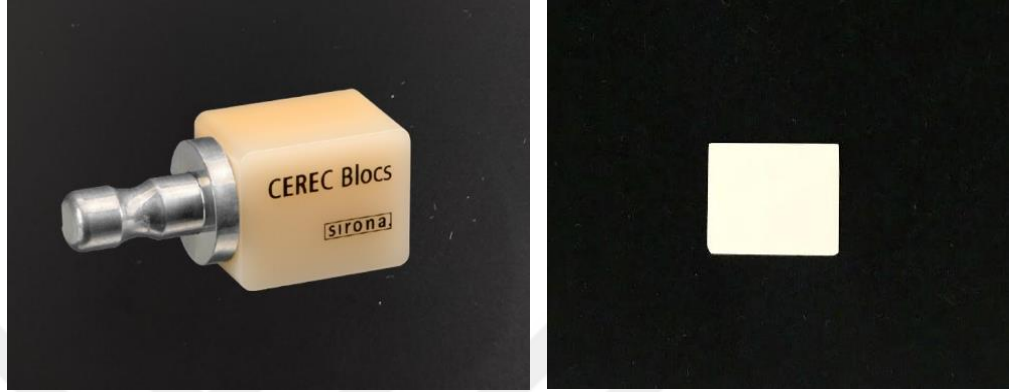


Resim 1 Çalışmamızda kullanılan örneklerin hazırlanmasında kullanılan cihazlar

- A. Hassas Kesim Cihazı
- B. Metal Döküm Fırını
- C. Sinterleme Fırını
- D. Metal Kumlama Makinesi

3.1.1. Feldspatik porselen örneklerin hazırlanması

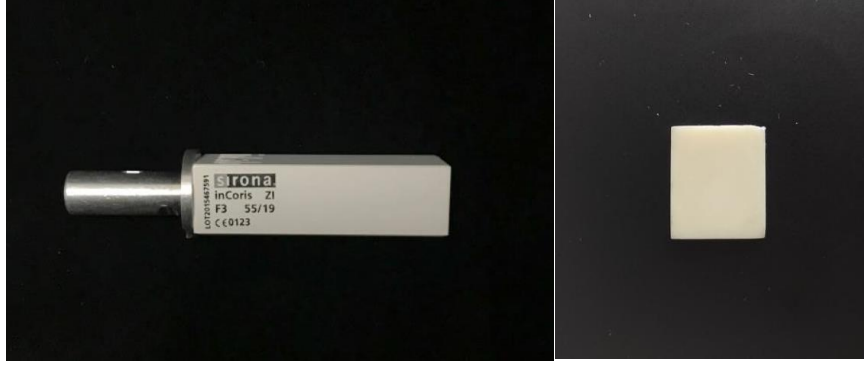
Feldspatik porselen örnekler, 12 x 14 x 18 mm boyutlarındaki feldspatik (Cerec Blocs, Sirona, Bensheim, Almanya) bloklardan 1 mm kalınlığında kesilerek elde edildi. Örneklerin elde edildiği blok ve hazırlanmış olan örnek Resim 2’de görülmektedir.



Resim 2 Feldspatik porselen blok ve hazırlanan feldspatik örnek

3.1.2. Zirkonya örneklerin hazırlanması

Zirkonyum oksit örnekler, 55x19x15 mm boyutlarındaki CEREC In Coris ZI bloklardan (inCoris ZI 55x19 MC XL, Sirona, Bensheim, Almanya) 1 mm kalınlığında kesilerek elde edildi. Zirkonya örnekler; 15°C sıcaklık yükselme oranı, 1510°C en yüksek sıcaklık ve 120dk. bekletme süresi olan parametreler ile sinterleme fırınında (Sirona inFire HTC Speed, Sirona, Bensheim, Almanya) sinterlendi. Sinterleme sonrası %20 oranında hacimsel değişiklik gösteren örneklerin boyutları 12×15×12 mm olarak ölçüldü. Çalışmamızda kullanılan zirkonyum oksit örnek ve sinterlenmiş zirkonyum oksit örnek Resim 3’te görülmektedir.

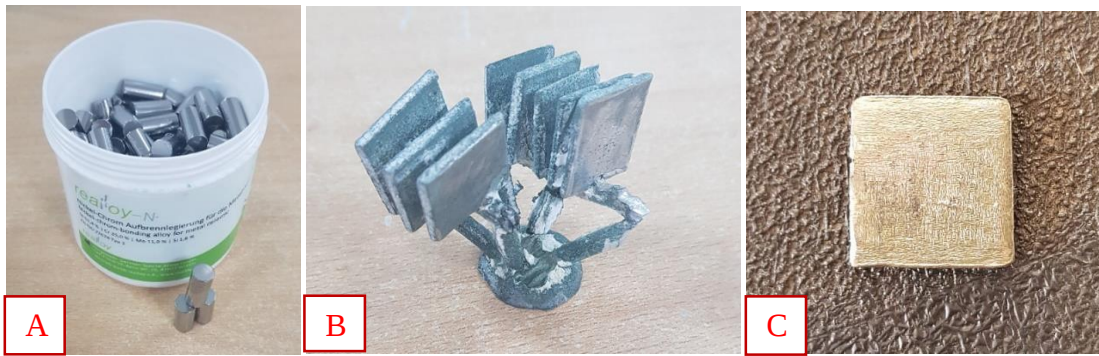


Resim 3 Zirkonium oksit blok ve hazırlanan zirkonium oksit örnek

3.1.3. Krom-Kobalt Kıymetsiz Metal Alaşımı Örneklerin Hazırlanması

Krom-kobalt metal alaşım örnekler, 1 mm kalınlığındaki mavi mumların 10x10 mm boyutunda kesilmesi ile hazırlanan mum örnekler, döküm fırınında (Mikrotek MFX-1010, Mikrotek Dental, Ankara, Türkiye) kayıp mum tekniği kullanarak elde edildi. Döküm sonrası elde edilen örnek yüzeyleri kumlama cihazında (Mikrotek KM-220, Mikrotek Dental, Ankara, Türkiye) kumlandı.

Örneklerin modelasyonu, dökümü, kumlama işlemleri Özel Hisar Çok Amaçlı Protez Laboratuvarında yapıldı. Çalışmamızda kullanılan metal alaşım ingot, döküm sonrası örneklerin görüntüsü ve kullanıma hazır metal alaşım örnek Resim 4’de gösterilmiştir.



Resim 4 Cr-Co Kıymetsiz metal alaşım örnek

- A. Çalışmamızda kullanılan Cr-Co metal alaşım ingotlar
- B. Döküm sonrası elde edilen metal örnekler
- C. Hazırlanmış metal alaşım örnek

3.2. Deney Örneklerinin Yaşlandırılması

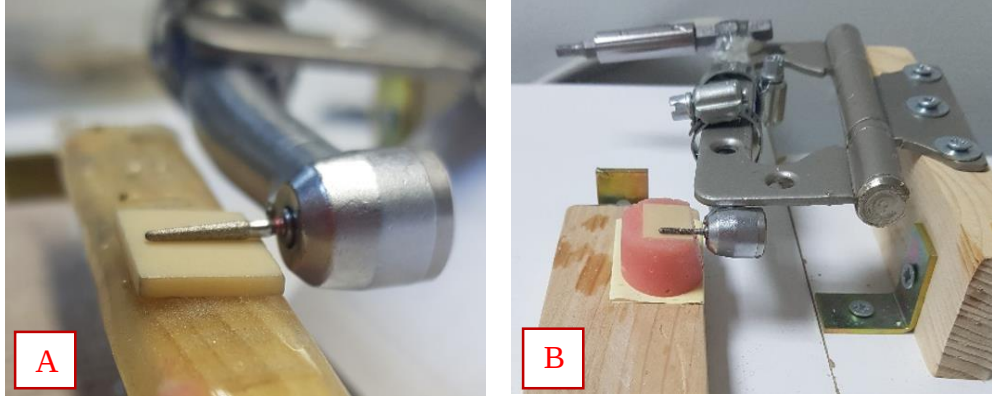
Tüm örnekler, ağız ortamında yaşlanmış restorasyonları taklit etmek amacıyla sıcak ve soğuk hazneler arası geçişlerde bekleme süresi 7 sn. olmak üzere, 30 sn. daldırma zamanı ile 5 °C ve 55 °C aralığında 10000 siklus uygulanarak termal siklusla (Gökçeler Makine, Sivas, Türkiye) yapay olarak yaşlandırıldı (Resim 5).



Resim 5 Termal Siklus Cihazı

3.3. Deney Örneklerinin Frezlenmesi

Literatürdeki birçok çalışmada; yüksek devirli alet kullanırken uygulanan basıncın 50-150 gr. (0,5-1,5N) olduğu belirtilmekle birlikte genel olarak 100 gr. tercih edilmektedir.¹⁷¹⁻¹⁷⁵ Bu nedenle tüm örnek yüzeylerinin standardizasyonunu sağlamak amacıyla çalışmamızda özel olarak hazırlanmış düzenekte (Resim 6), 100 gr kuvvet altında 30 µm gren kalınlığına sahip fine/kırmızı kuşak elmas frezlerle yüzey standardize edildi. Makaslama bağlantı dayanımında kullanılacak örnekler makaslama testinin uygulanabilmesi için 30 mm yükseklik ve 20 mm çapında silindir kalıplar kullanılarak, otopolimerizan akrilik rezin (SC Soğuk Akrilik, Imicryl Dental, Konya, Türkiye) içerisine gömüldü ve daha sonrasında frezleme işlemine tâbi tutuldu. Pürüzlülük ve temas açısı ölçümleri için hazırlanan örneklerin frezlenmesi Resim 6A’da, makaslama testi için hazırlanmış örnek Resim 6B’de gösterilmiştir.

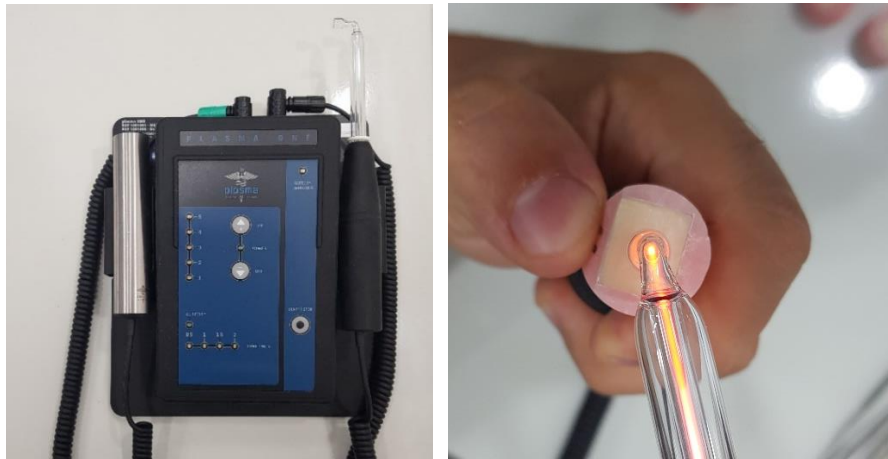


Resim 6 Frezle pürüzlendirme düzeneği

- A. Pürüzlülük ve temas Açısı için hazırlanan örneğin frezlenmesi
- B. Makaslama testi için hazırlanan örneğin frezlenmesi

3.4. Ön Çalışma ile Soğuk Plazma Uygulama Süresinin Belirlenmesi

Çalışmamızda soğuk plazma uygulamaları intraoral kullanıma uygun (Plasma MEDICAL SYSTEMS®, Nievern, Almanya) bir atmosferik soğuk plazma cihazı kullanılarak gerçekleştirildi. Çalışmamızda kullanılan soğuk plazma cihazı ve uygulanması Resim 7’de, kullanım parametreleri Tablo 3’de sunulmuştur. Cihaz ağız içi kullanım amacıyla geliştirildiğinden devrenin tamamlanabilmesi için topraklama ucu vücuda temas etmelidir. Bu sebeple örnekler topraklama aparatının bulunduğu elde tutularak uygulama gerçekleştirilmektedir.



Resim 7 Çalışmamızda kullanılan soğuk plazma cihazı ve uygulanması

Tablo 3 Çalışmamızda kullanılan soğuk plazma cihazı parametreleri

Pil Gücü	Pack 7,2 V/2,6 Ah
Çıkış Gücü	Maksimum 5 W
Tekrarlama frekansı	420 Hz – 1220 Hz
Dönüştürücü titreşim genişliği	2,5 μ s – 10 μ s
Hastanın Aldığı Maksimum Akım Değeri	< 100 μ A

Plasma One soğuk plazma cihazı kolay taşınabilir, pille çalışan ve çeşitli uygulama uçlarıyla hem ağız içi hem de ağız dışı uygulamalar için uygundur. Dış hekimliğine yönelik olarak özel üretilmiş uçları ile ağız içinde şu tedavilerde kullanılmaktadırlar;¹⁷⁶⁻¹⁷⁸

- Gingivitis, periimplantitis gibi periodondontal hastalıkların tedavisinde
- Oral mukoza ve ülser tedavisinde
- Cerrahi çekim sonrası ağrı ve şişlik kontrolünde
- Kanal dezenfeksiyonunda
- Apikal cerrahi sırasında dezenfeksiyon ve post-operatif olarak
- Kanama kontrolü ve iyileşmenin hızlandırılmasında

Soğuk plazma uygulamalarında, uygulama sürelerindeki değişimlerin farklı sonuçlara yol açabileceği düşünüldüğünden^{127, 146, 179, 180}, çalışmamızda ideal sürenin ne olduğuna karar verebilmek için bir ön çalışma yapıldı. Bu ön çalışmada 30, 60, 90, 120, 150 sn. olmak üzere farklı uygulama süreleri denenmiş ve temas açısı ölçümleri sonucu optimum sürenin zirkonyum oksit yüzey için 90 sn., Cr-Co kıymetsiz metal alaşım yüzeyi için 60 sn., feldspatik porselen yüzeyi için 120 sn. olduğuna karar verilerek tüm alt gruplarda eşit süre ile uygulama yapıldı.

3.5. Deney Örneklerinin gruplara ayrılması ve yüzey işlemlerinin uygulanması

Deney gruplarının isimleri, bu gruplarda uygulanan yüzey işlemleri ve örnek sayıları Tablo 4’de yer almaktadır. Çalışmamızda 155 adet feldspatik porselen örnek, 180 adet Cr-Co Kıymetsiz metal alaşım örnek ve 180 adet zirkonyum oksit örnek hazırlandı. Çalışmamızdaki M0, Z0, F0, MC, ZC ve FA gruplarında yer alan 15’er örnek sadece yüzey pürüzlülüğü ve temas açısı ölçümlerinde kullanıldı. Diğer

gruplarda yer alan 25 örnekten 10 tanesi yüzey pürüzlülüğü, 5 tanesi temas açısı ölçümlerinde, 10 tanesi makaslama bağlanma dayanımı ölçümlerinde ve stereomikroskopik incelemede kullanıldı. Makaslama bağlanma dayanımı testi yapılabilmesi amacıyla hazırlanan örnekler akrilik rezin içerisine gömülürken, pürüzlülük ve temas açısı ölçümleri gerçekleştirilecek olan örnekler ilk hazırlandığı haliyle kullanılmıştır (Resim 8).



Resim 8 Pürüzlülük, temas açısı ve makaslama testi için hazırlanmış örnekler

- A. Pürüzlülük ve Temas Açısı yapılması amacıyla hazırlanmış örnekler
- B. Makaslama testi yapılması amacıyla hazırlanmış örnekler

Tablo 4 Çalışmada kullanılan deney gruplarının isimleri, uygulanan yüzey işlemleri ve örnek sayıları

Materyal	Grup İsmi	Yüzey İşlemi	Örnek Sayısı (n)
Cr-Co Kıymetsiz Metal Alaşım	M0	Yüzey işlemi yok	15
	MP	Soğuk plazma	25
	MC	Tribokimyasal Silika Kaplama	15
	MCP	Tribokimyasal Silika Kaplama + Soğuk plazma	25
	MB	Bağlayıcı Ajan	25
	MCB	Tribokimyasal Silika Kaplama + Bağlayıcı ajan	25
	MPB	Soğuk Plazma + Bağlayıcı Ajan	25
	MCPB	Tribokimyasal Silika Kaplama + Soğuk plazma + Bağlayıcı ajan	25
Zirkonyum Oksit	Z0	Yüzey işlemi yok	15
	ZP	Soğuk plazma	25
	ZC	Tribokimyasal Silika Kaplama	15
	ZCP	Tribokimyasal Silika Kaplama + Soğuk plazma	25
	ZB	Bağlayıcı Ajan	25
	ZCB	Tribokimyasal Silika Kaplama + Bağlayıcı ajan	25
	ZPB	Soğuk Plazma + Bağlayıcı Ajan	25
	ZCPB	Tribokimyasal Silika Kaplama + Soğuk plazma + Bağlayıcı ajan	25
Feldspatik Porselen	F0	Yüzey işlemi yok	15
	FP	Soğuk plazma	25
	FA	HF Asit	15
	FAP	HF Asit + Soğuk Plazma	25
	FAB	HF Asit + Bağlayıcı ajan	25
	FPB	Soğuk plazma + Bağlayıcı Ajan	25
	FAPB	HF Asit + Soğuk Plazma + Bağlayıcı Ajan	25
TOPLAM			515

Grup M0

Bu grupta yer alan krom-kobalt metal alaşım örnek yüzeylerine tüm örneklere uygulanan frezleme işlemi haricinde herhangi bir işlem uygulanmadı. Bu gruptaki örnekler sadece pürüzlülük ve temas açısı testlerinde kullanıldı. Bu grup M0 olarak kodlandı.

Grup MP

Bu gruptaki metal örnek yüzeylerine n çalışmada belirlenen 60 sn. süresince soğuk plazma 1 mm mesafeden Plasma One soğuk plazma cihazı kullanılarak uygulandı (Resim 9). Bağlanma dayanımı ölçümü yapılacak örneklerde soğuk plazma sonrası direkt olarak kompozit rezin ile tamir gerçekleştirildi. Bu grup MP olarak kodlandı.



Resim 9 Metal alaşımı örneklere soğuk plazma uygulanması

Grup MC

Bu grupta yer alan krom-kobalt metal alaşım örnek yüzeylerine tribokimyasal silika kaplama işlemi uygulandı. Bu işlem Cojet cihazı (3M ESPE AG, Seefeld, Almanya) ile 30 m çapındaki silika kaplı Al₂O₃ tozu kullanarak gerçekleştirildi. Çalışmada kullanılan tribokimyasal silika kaplama cihazı ve örnek yüzeyine tribokimyasal silika kaplama uygulaması Resim 10'da gösterilmektedir. Bu gruptaki

örnekler sadece pürüzlülük ve temas açısı testlerinde kullanıldı. Bu grup MC olarak kodlandı.



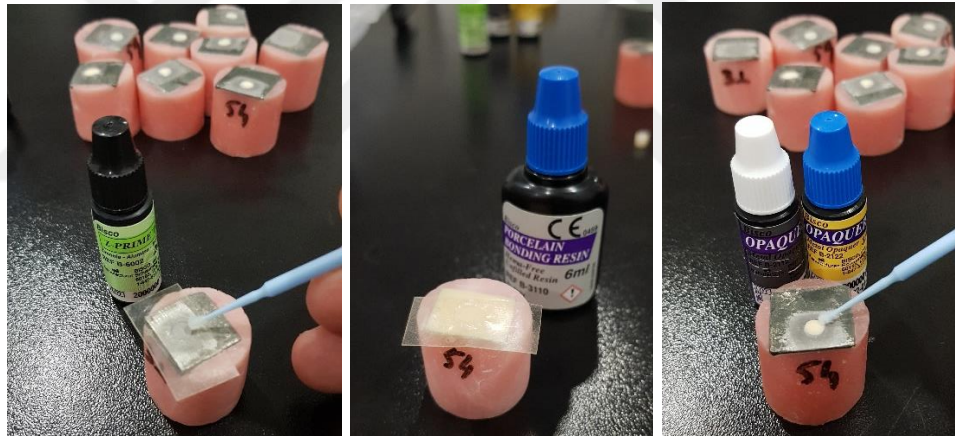
Resim 10 Çalışmada kullanılan tribokimyasal silika kaplama cihazı ve metal örneklere tribokimyasal silika uygulaması

Grup MCP

Bu gruptaki metal örnek yüzeylerine tribokimyasal silika kaplama sonrası soğuk plazma uygulandı. Bağlanma dayanımı ölçümü yapılacak örneklerde ise soğuk plazmanın ardından direkt olarak kompozit rezin ile tamir gerçekleştirildi. Bu grup MCP olarak kodlandı.

Grup MB

Bu gruptaki krom-kobalt metal alaşım örneklerin tamiri üretici firmanın talimatlarına uygun olarak yapıldı. Örnek yüzeyine uygulanan bağlayıcı ajan bileşenlerinin dağılmaması için şeffaf bant 4 mm çapında daire şeklinde delinerek örnek yüzeyine yapıştırıldı. Sonrasında örnek yüzeylerine sırasıyla tamir seti (Bisco Inc. Schaumburg, Illinois/U.S.A) içerisinde bulunan MDP içerikli bağlayıcı ajan (Z-prime), opak (Opaquer), bonding ajan (Porcelain Bonding Resin) uygulandı (Resim 11). Bağlanma dayanımı ölçümünde kullanılacak örneklere ise bağlayıcı ajan üzerine kompozit rezin tamir materyali uygulandı. Bu grup MB olarak kodlandı.



Resim 11 Bisco tamir seti ve metal örnek yüzeyine tamir seti içindeki Z-prime primer, bonding ajan ve opak uygulanması

Grup MCB

Bu gruptaki metal örnek yüzeylerine tribokimyasal silika kaplama sonrası bağlayıcı ajan üretici talimatlarına uygun olarak uygulandı. Tribokimyasal silika kaplama işlemi, Cojet cihazı (3M ESPE AG, Seefeld, Almanya) ile 30µm çapındaki silika kaplı Al_2O_3 tozu kullanarak gerçekleştirildi. Bağlanma dayanımı testinde kullanılacak örnekler bağlayıcı ajan sonrası opak ve kompozit rezin ile tamir

uygulandı. Bu grup MCB olarak kodlandı ve metal alaşım alt yapı materyali için ikinci kontrol grubu olarak değerlendirildi.

Grup MPB

Bu gruptaki metal örneklere uygulanan soğuk plazmayı takiben bağlayıcı ajan üretici talimatlarına uygun olarak uygulandı. Bağlanma dayanımı testi yapılacak örneklerde opak ve kompozit rezin ile tamir gerçekleştirildi. Bu grup MPB olarak kodlandı.

Grup MCPB

Bu gruptaki metal örnek yüzeylerine sırasıyla, tribokimyasal silika kaplama, soğuk plazma ve bağlayıcı ajan uygulaması yapıldı. Bağlanma dayanımı testi yapılacak örneklerde kompozit rezinle tamir işlemi gerçekleştirildi. Bu grup MCPB olarak kodlandı.

Grup Z0

Bu grupta yer alan zirkonyum oksit örnek yüzeylerine tüm örneklere uygulanan frezleme işlemi dışında herhangi bir işlem uygulanmadı. Bu gruptaki örnekler sadece pürüzlülük ve temas açısı testlerinde kullanıldı. Bu grup Z0 olarak kodlandı.

Grup ZP

Bu gruptaki zirkonyum oksit seramik örneklere 1 mm mesafeden ön çalışmada belirlenen 90 sn. süre ile soğuk plazma uygulandı. Bağlanma dayanımı testi yapılacak örneklerde soğuk plazmayı takiben bağlayıcı ajan uygulanmadan direkt kompozit rezin ile tamir gerçekleştirildi. Zirkonyum oksit örnek yüzeyine soğuk plazma uygulaması Resim 12’de gösterilmiştir. Bu grup ZP ile kodlandı.



Resim 12 Zirkonyum oksit seramiklere soğuk plazma uygulaması

Grup ZC

Bu grupta yer alan zirkonyum oksit örnek yüzeylerine tribokimyasal silika kaplama işlemi uygulandı. Bu işlem Cojet cihazı (3M ESPE AG, Seefeld, Almanya) ile 30 μ m çapındaki silika kaplı Al_2O_3 tozu kullanarak gerçekleştirildi. Zirkonyum oksit seramik örnek yüzeyine tribokimyasal silika kaplama uygulaması Resim 13'te gösterilmektedir. Bu gruptaki örnekler sadece pürüzlülük ve temas açısı testlerinde kullanıldı. Bu grup ZC olarak kodlandı.



Resim 13 Zirkonyum oksit seramik yüzeyine tribokimyasal silika kaplama uygulaması

Grup ZCP

Bu gruptaki zirkonyum oksit seramik örneklerin yüzeylerine sırasıyla tribokimyasal silika kaplama ve soğuk plazma uygulaması yapıldı. Bağlanma dayanımı ölçümü yapılacak örneklerde soğuk plazmayı takiben direkt olarak kompozit rezin uygulandı. Bu grup ZCP olarak kodlandı.

Grup ZB

Bu gruptaki zirkonyum oksit seramik örneklerin tamirinde MDP içerikli bağlayıcı ajan (sırasıyla Z-prime, Porcelain Bonding Rezin) sonrası kompozit rezin şeklinde olan üretici talimatları uygulandı ve bu grup zirkonyum oksit seramik örneklerin kontrol grubu olarak değerlendirildi. Tamir seti içerisinde yer alan Z-prime, Porcelain Bonding Rezin materyallerinin zirkonyum oksit örneklere uygulanması Resim 14’de gösterilmiştir. Bu grup, ZB ile kodlandı.



Resim 14 Zirkonya örnek yüzeyine Z-prime ve Porselen Bonding Rezin uygulaması

Grup ZCB

Bu gruptaki zirkonyum oksit seramik örneklerin tribokimyasal silika kaplanmış yüzeylerine bağlayıcı ajanlar uygulandı. Bağlanma dayanımı testi yapılacak örneklerde kompozit tamir materyali uygulanarak tamir işlemi tamamlandı. Bu grup ZCB olarak kodlandı ve zirkonyum oksit alt yapı materyali için ikinci kontrol grubu olarak değerlendirildi.

Grup ZPB

Bu gruptaki zirkonyum oksit seramik örnekler soğuk plazmayı takiben bağlayıcı ajan uygulaması yapıldı. Bağlanma dayanımı testi uygulanacak örneklerde kompozit rezin ile tamir gerçekleştirildi. Bu grup ZPB ile kodlandı.

Grup ZCPB

Bu gruptaki zirkonyum oksit seramik örnek yüzeylerine sırasıyla tribokimyasal silika kaplama, soğuk plazma ve bağlayıcı ajan uygulaması yapıldı. Bağlanma dayanımı testi uygulanacak örneklerde kompozit rezin ile tamir gerçekleştirildi. Bu grup ZCPB olarak kodlandı.

Grup F0

Bu grupta yer alan feldspatik porselen örnek yüzeylerine tüm örnekler uygulanan frezleme işlemi haricinde herhangi bir işlem uygulanmadı. Bu gruptaki

örnekler sadece pürüzlülük ve temas açısı testlerinde kullanıldı. Bu grup F0 olarak kodlandı.

Grup FP

Bu gruptaki feldspatik porselen örnekler; 1 mm mesafeden ön çalışmada belirlenen 120 sn. süre ile uygulanan soğuk plazma uygulandı (Resim 15). Bağlanma dayanımı testi yapılacak örneklerde soğuk plazma uygulanmış yüzey üzerine direkt olarak kompozit rezin ile tamir gerçekleştirildi. Bu grup, FP ile kodlandı.



Resim 15 Feldspatik porselen örnek yüzeyine soğuk plazma uygulaması

Grup FA

Bu grupta yer alan feldspatik porselen örnek yüzeylerine tamir setinin içinde bulunan %9,5'lik HF asit (Bisco Inc. Schaumburg, Illinois, Amerika) üretici talimatlarına uygun olarak 60 sn boyunca uygulandı (Resim 16). Bu gruptaki örnekler sadece pürüzlülük ve temas açısı testlerinde kullanıldı. Bu grup FA olarak kodlandı.



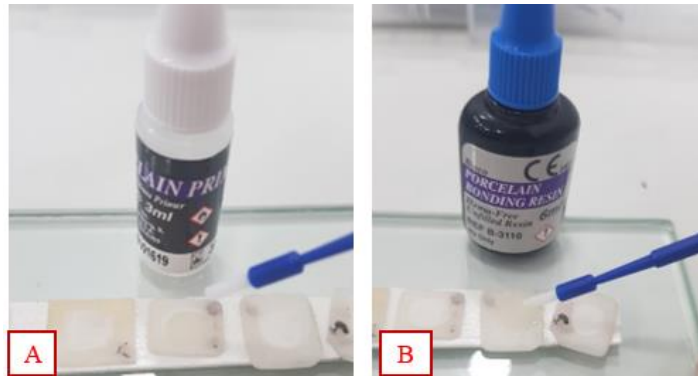
Resim 16 Feldspatik porselen örneklere HF asit uygulanması

Grup FAP

Bu gruptaki feldspatik porselen örneklere HF asit uygulamasının ardından soğuk plazma uygulandı. Bağlanma dayanımı testi yapılacak örnekler için soğuk plazmalı yüzey üzerinde direkt olarak kompozit rezin ile tamir gerçekleştirildi. Bu grup FAP ile kodlandı.

Grup FAB

Bu gruptaki feldspatik porselen örneklerin yüzeyine üretici firmanın talimatlarına uygun olarak HF asit ve bağlayıcı ajan (sırasıyla Porselen Primer, Porselen Bonding Resin) uygulandı (Resim 17). Bağlanma dayanımı testi uygulanacak örneklerde üretici talimatlarına uygun olarak kompozit rezin eklenerek tamir işlemi tamamlandı. Bu grup, FAB olarak kodlandı ve feldspatik porselen örnekler için kontrol grubu olarak değerlendirildi.



Resim 17 Feldspatik porselen yüzeylerine asitleme sonrası Porselen Primer ve Porselen Bonding rezin uygulanması

- A. Feldspatik porselen örneklere Porcelain Primer uygulanması
- B. Feldspatik porselen örneklere Porcelain Bonding Resin uygulanması

Grup FPB

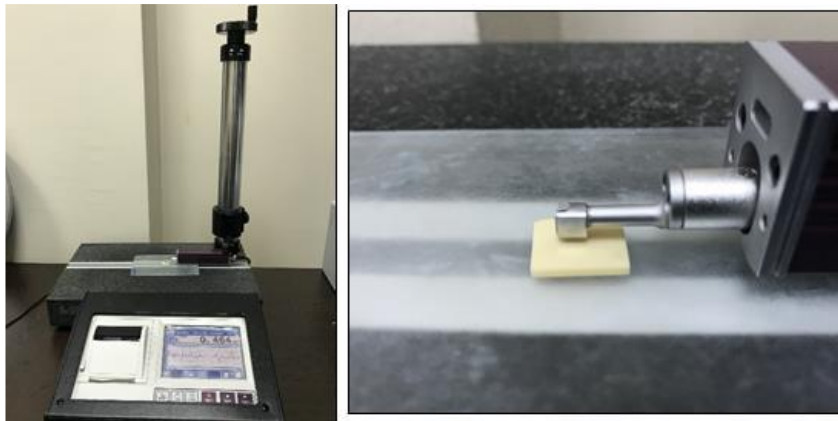
Bu gruptaki feldspatik porselen örnekler HF asit uygulamaksızın direkt soğuk plazma uygulama sonrası bağlayıcı ajanlar uygulandı ve bağlanma dayanımı testi yapılacak örneklerde kompozit rezin ile tamir gerçekleştirildi. Bu grup FPB olarak kodlandı.

Grup FAPB

Bu gruptaki feldspatik porselen örnekler HF asit uygulamasının ardından soğuk plazma ve takiben bağlayıcı ajanlar uygulandı ve bağlanma dayanımı testi yapılacak örneklerde kompozit rezin ile tamir gerçekleştirildi. Bu grup FAPB ile kodlandı.

3.6. Yüzey Pürüzlülük Değerlerinin Ölçülmesi

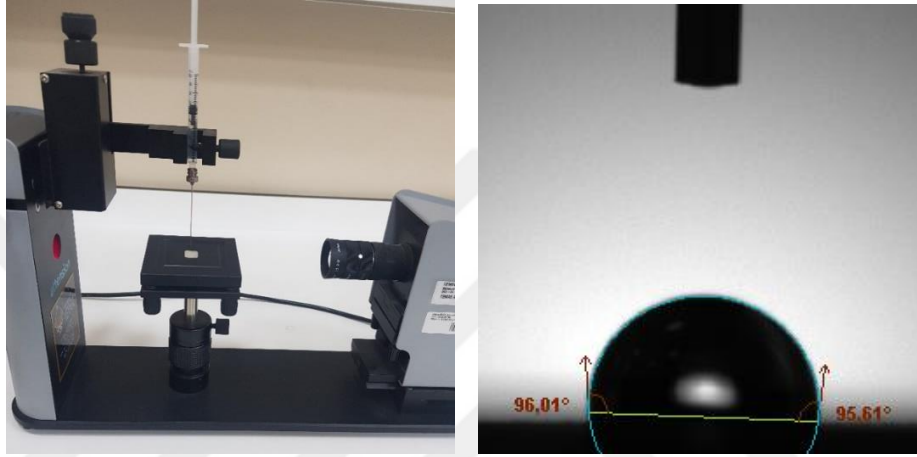
Yüzey işlemleri tamamlanan örneklerin pürüzlülük ölçümleri İzmir Kâtip Çelebi Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Araştırma Laboratuvarı'nda bulunan profilometre cihazı (Mitutoyo Surftest SJ-310, Japonya) ile ölçüm uzunluğu 4 mm, prob hızı 0,5 mm/s, cut-off değeri ise 0,25 mm parametreleri kullanılarak gerçekleştirildi (Resim 18). Her bir örneğin işlem yapılan yüzeyinden 3 paralel ölçüm yapılarak μm cinsinden Ra değerleri kaydedildi ve bu 3 değerın ortalaması alınarak her bir örneğe ait ortalama Ra değeri belirlendi.



Resim 18 Profilometre cihazı ve pürüzlülük ölçüm işlemi

3.7. Temas Açısı Ölçümlerinin Yapılması

Temas açısı ölçümleri, durgun damla tekniği kullanılarak optik tensiyometre (Terralab Theta Lite Optical Tensiometer, Attension, Çankaya, Ankara) kullanılarak yapıldı. Hareketli bir tabla üzerine yerleştirilen örnek üzerine damlatılan 4,5 µm distile su damlasının görüntüsünün hassas bir dijital kamera kullanılarak elde edilen verileri bilgisayara aktarıldı ve sisteme bağlı bir bilgisayar yazılımı ile yüzeyle yaptığı açı hesaplandı (Resim 19).



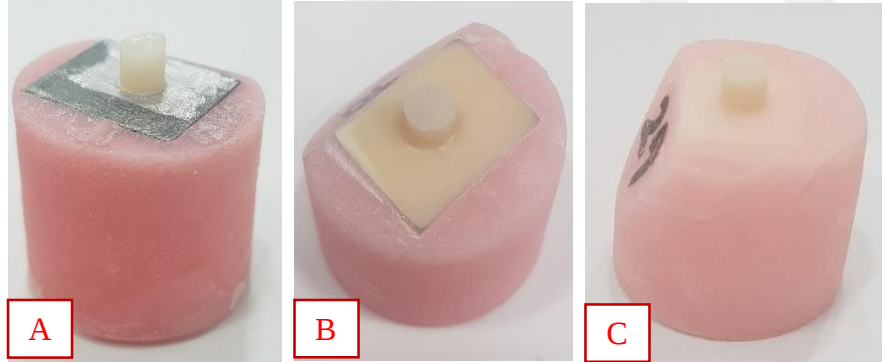
Resim 19 Temas Açısı Ölçüm Cihazı ve temas açısı ölçümü

3.8. Tamir Materyallerinin Uygulanması

Farklı gruplardaki örneklerin yüzey işlemlerinin tamamlanmasından sonra yüzeye uygulanacak tamir materyali (3M Z250, 3M ESPE, St. Paul, MN, Amerika) standardizasyonun sağlanması amacıyla örneklerin merkezine, iç çapı 4 mm olan şeffaf silindir plastik kalıplar kullanarak 2 mm yüksekliğinde kompozit rezin silindirler (3M Z250, 3M ESPE, St. Paul, MN, Amerika) tabakalama tekniği kullanılarak hazırlandı. Led ışıklı polimerizasyon cihazı (Mectron, Carasco, İtalya) kullanılarak her yönden 40 sn. süreyle polimerizasyon gerçekleştirildi (Resim 20). Makaslama testi için hazırlanmış örnekler Resim 21’de gösterilmektedir.



Resim 20 Çalışmamızda kullandığımız kompozit rezin materyali ve Led ışık cihazı ile polimerizasyon işlemi



Resim 21 Makaslama bağlanma dayanım testi için hazırlanmış örnekler

- A. Makaslama bağlanma testi için hazırlanmış metal alaşım örnek
- B. Makaslama bağlanma testi için hazırlanmış zirkonyum oksit örnek
- C. Makaslama bağlanma testi için hazırlanmış feldspatik porselen örnek

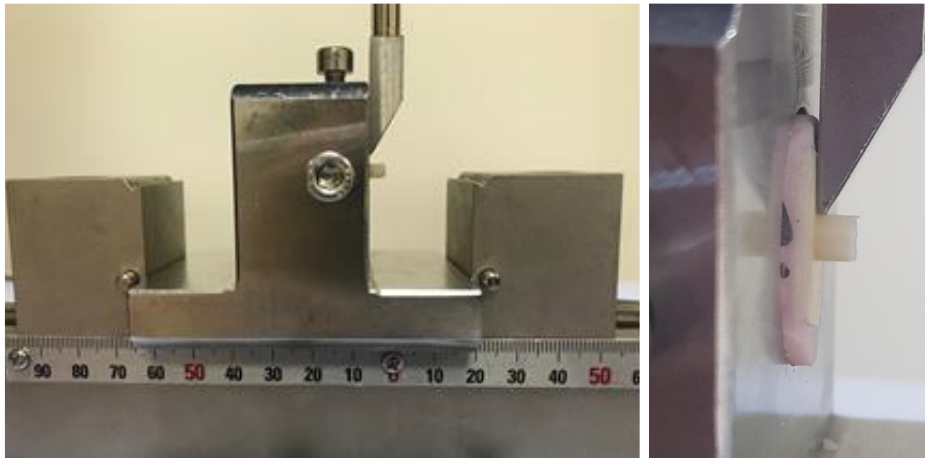
3.9. Makaslama Bağlanma Dayanımının Ölçülmesi

Makaslama testi; İzmir Kâtip Çelebi Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Araştırma Laboratuvarı'nda bulunan üniversal test cihazı (Shimadzu, Model AGS-X 5kN, Shimadzu Corporation, Kyoto, Japonya) (Resim 22) kullanılarak yapılmıştır.



Resim 22 Üniversal test cihazı

Test Cihazı haznesine tam olarak oturacak şekilde hazırlanmış örnekler test cihazına sabitlenmiş ve kesme bıçağının uç kısmı seramik ve tamir materyalinin birleşim yerine en yakın olacak şekilde, tamir materyalinin yan yüzeyi ile 90°'lik bir açıyla ayarlandı (Resim 23). Kesme bıçağının hareket hızı 0,5 mm/dk. 'ya ayarlandı. Kırılmanın gerçekleştiği anda, her bir örnek için Newton (N) cinsinden alınan değerler, 12,56 mm² olarak hesaplanan örnek yüzey alanına bölünerek, megapaskal (MPa) biriminde kaydedildi.



Resim 23 Örneklerin üniversal test cihazına sabitlenmesi ve makaslama testinin uygulanması

3.10. Stereomikroskop İncelemesi ve Kopma Tiplerinin Belirlenmesi

Makaslama testi sonrası kırılan örnek yüzeylerindeki kopma paternlerinin belirlenmesi amacıyla stereomikroskop (AxioCam ERc 5s, Zeiss, Almanya) (Resim 24) kullanıldı.

Kopma tipleri;

Tip I: Adeziv kopma (kompozit rezin ile seramik materyali arasındaki kopma),

Tip II: Koheziv kopma (kompozit rezin veya seramiklerin kendi içinde kopması),

Tip III: Miks kopma (adeziv ve koheziv kopmanın bir arada görüldüğü kopma) olarak sınıflandırıldı.



Resim 24 Çalışmada kullanılan stereomikroskop

İstatistiksel Analiz

Araştırmada elde edilen bulguların istatistiksel değeriendirilmesi amacıyla elde edilen veriler IBM SPSS (Statistical Package for Social Sciences) Statistics 26.0 for Windows (IBM Corp., Armonk, New York, Amerika) istatistik paket programı kullanılarak yapıldı.

Test uygulanacak örnek sayısına power analiz kullanılarak karar verildi. Verilerin değeriendirilmesinde tanımlayıcı istatistiksel metotların (ortalama, standart sapma) yanı sıra verilerin normalliği Shapiro-Wilk testi, Q-Q grafikleri ve basıklık-çarpıklık ölçümleri ile değeriendirildi. Normal dağılım gösteren değışkenlerin gruplar arası karşılaştırmalarında tek ve iki yönlü Varyans Analizi, alt grup karşılaştırmalarında ise Tukey çoklu karşılaştırma testi kullanılmıştır. Sonuçlar, anlamlılık $p<0,05$ düzeyinde değeriendirilmiştir.

4. BULGULAR

4.1. Yüzey Pürüzlülük Ölçüm Bulguları

4.1.1. Kıymetsiz Metal Alaşım Örneklerin Yüzey Pürüzlülük Ölçüm Sonuçları

Cr-Co kıymetsiz metal alaşım örneklerin yüzey pürüzlülüğü bulgularına ait aritmetik ortalama, standart sapma, minimum ve maksimum değerler ve ortalamaların karşılaştırılması Tablo 5’de, varyans analizi sonuçları Tablo 6’da, Tukey çoklu ikili karşılaştırma testi p değerleri ise Tablo 7’de verilmiştir.

Tablo 5 Cr-Co Kıymetsiz metal alaşım örneklerin yüzey pürüzlülüğü bulgularına ait aritmetik ortalama, standart sapma, minimum ve maksimum değerler ve ortalamaların karşılaştırılması

Grup ismi	n	Ort±Ss*	Min-maks
M0	10	1,45±0,04 ^a	1,39-1,49
MP	10	1,47±0,03 ^a	1,41-1,52
MC	10	1,22 ±0,08 ^b	1,12-1,37
MCP	10	1,19±0,07 ^b	1,10-1,29
MB	10	0,15±0,07 ^c	0,07-0,29
MPB	10	0,16±0,03 ^c	0,13-0,23
MCB	10	0,13±0,04 ^c	0,08-0,19
MCPB	10	0,15±0,03 ^c	0,11-0,18

n: örneklem boyutu, Ort: Aritmetik ortalama, Ss: Standart sapma

*Farklı üst indis harfler istatistiksel olarak anlamlı farklılığı göstermektedir (p<0,05).

Tablo 6 Cr-Co Kıymetsiz metal alaşım örneklerin pürüzlülük değerlerinin varyans analizi tablosu

Kaynak	df	Kareler Toplamı	Ortalamaları n Karesi	F	p
Gruplar arası	28,667	7	4,095	1708,487	<0,001
Grup içi	0,173	72	0,002		
Toplam	28,839	79			

df: Serbestlik derecesi, p: istatistiksel anlamlılık düzeyi

Tablo 7 Cr-Co Kıymetsiz metal alaşımların pürüzlülük bulgularına ait Tukey çoklu ikili karşılaştırma testi sonuçlarına göre p değerleri

Grupları	MC	MB	MP	MPB	MCB	MCP	MCPB
M0	0,000*	0,000*	0,982	0,000*	0,000*	0,000*	0,000*
MC		0,000*	0,000*	0,000*	0,000*	0,860	0,000*
MB			0,000*	0,998	0,978	0,000*	1,000
MP				0,000*	0,000*	0,000*	0,000*
MPB					0,747	0,000*	0,995
MCB						0,000*	0,988
MCP							0,000*

* İstatistiksel olarak anlamlı farklılığı göstermektedir ($p < 0,05$).

Cr-Co kıymetsiz metal alaşımların örneklerine ait tüm grupların, gruplar arası karşılaştırma sonuçlarına göre ortalama pürüzlülük değerleri arasında istatistiksel olarak ileri derecede anlamlı farklılık gözlemlendi ($p < 0,001$).

Tüm metal alaşım grupları arasında M0 ve MP grupları diğer metal alaşım gruplarına kıyasla istatistiksel olarak anlamlı derecede daha yüksek ortalama pürüzlülük değerlerine sahiptir ($p < 0,001$).

Plazmanın metal alaşım yüzeyinde oluşturduğu pürüzlülük etkisini incelemek amacıyla, M0 ve MP gruplarının ortalama pürüzlülük değerleri karşılaştırıldığında aralarında istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunmadı ($p = 0,982$).

Yüzey işlemi olarak tribokimyasal silika kaplama uygulanan MC grubu ortalama pürüzlülük değerleri, M0 ve MP grubuna kıyasla belirgin olarak daha düşük bulundu ($p < 0,001$). Tribokimyasal silika kaplama uygulanmış yüzeyde soğuk plazmanın etkisini incelemek amacıyla, MC ve MCP gruplarının ortalama pürüzlülük değerleri karşılaştırıldığında aralarında istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunmadığı görüldü ($p = 0,860$).

Yüzey işlemi olarak en son bağlayıcı ajanın uygulandığı MB, MPB, MCB, MCPB gruplarının ortalama pürüzlülük değerleri birbirleriyle benzerdi ($p = 0,747$) ve

M0, MP, MC ve MCP gruplarının ortalama pürüzlülük değerlerinden istatistiksel olarak daha düşüktü ($p<0,001$).

4.1.2. Zirkonyum Oksit Seramik Örneklerin Yüzey Pürüzlülük Ölçüm Sonuçları

Zirkonyum oksit seramik örneklerin yüzey pürüzlülüğü bulgularına ait aritmetik ortalama, standart sapma, minimum ve maksimum değerler ve ortalamaların karşılaştırılması Tablo 8’de, varyans analizi bulguları Tablo 9’da, Tukey çoklu ikili karşılaştırma testi p değerleri ise Tablo 10’da verilmiştir.

Tablo 8 Zirkonyum oksit seramiklerin yüzey pürüzlülüğü bulgularına ait aritmetik ortalama, standart sapma, minimum ve maksimum değerler ve ortalamaların karşılaştırılması

Grup ismi	n	Ort±Ss*	Min-maks
Z0	10	1,44±0,02 ^a	1,41-1,47
ZP	10	1,45±0,04 ^a	1,40-1,56
ZC	10	1,10±0,10 ^b	0,97-1,29
ZCP	10	1,13±0,06 ^b	1,01-1,26
ZB	10	0,10±0,01 ^c	0,09-0,12
ZPB	10	0,11±0,01 ^c	0,09-0,13
ZCB	10	0,12±0,01 ^c	0,09-0,13
ZCPB	10	0,13±0,02 ^c	0,10-0,16

n: örneklem boyutu, Ort: Aritmetik ortalama, Ss: Standart sapma

*Farklı üst indis harfler istatistiksel olarak anlamlı farklılığı göstermektedir ($p<0,05$).

Tablo 9 Zirkonyum oksit örneklerin pürüzlülük değerlerinin varyans analizi tablosu

Kaynak	df	Kareler Toplamı	Ortalamaların Karesi	F	p
Gruplar arası	28,667	7	4,095	1708,487	<0,001
Grup içi	0,173	72	0,002		
Toplam	28,839	79			

df: Serbestlik derecesi, p: istatistiksel anlamlılık düzeyi

Tablo 10 Zirkonyum oksit örneklerin pürüzlülük bulgularına ait Tukey çoklu ikili karşılaştırma testi sonuçları

Grupları	ZC	ZB	ZP	ZPB	ZCB	ZCP	ZCPB
Z0	0,000*	0,000*	1,000	0,000*	0,000*	0,000*	0,000*
ZC		0,000*	0,000*	0,000*	0,000*	0,910	0,000*
ZB			0,000*	1,000	1,000	0,000*	0,107
ZP				0,000*	0,000*	0,000*	0,000*
ZPB					1,000	0,000*	0,195
ZCB						0,000*	0,308
ZCP							0,000*

* İstatistiksel olarak anlamlı farklılığı göstermektedir ($p<0,05$).

Zirkonyum oksit örneklerine ait tüm grupların, gruplar arası karşılaştırma sonuçlarına göre ortalama pürüzlülük değerleri arasında istatistiksel olarak ileri derecede anlamlı farklılık gözlemlendi ($p<0,001$).

Tüm zirkonyum oksit grupları arasında Z0 ve ZP grupları diğer gruplara kıyasla istatistiksel olarak anlamlı derecede daha yüksek ortalama pürüzlülük değerlerine sahiptir ($p<0,001$).

Plazmanın zirkonyum oksit yüzeyinde oluşturduğu pürüzlülük etkisini incelemek amacıyla, Z0 ve ZP gruplarının ortalama pürüzlülük değerleri karşılaştırıldığında aralarında istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunmadı ($p=1,000$).

Yüzey işlemi olarak tribokimyasal silika kaplama uygulanan ZC grubu ortalama pürüzlülük değerleri, Z0 ve ZP grubuna kıyasla belirgin olarak daha düşük bulundu ($p<0,001$). Tribokimyasal silika kaplama uygulanmış yüzeyde soğuk plazmanın etkisini incelemek amacıyla, ZC ve ZCP gruplarının ortalama pürüzlülük değerleri karşılaştırıldığında aralarında istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunmadığı görüldü ($p=0,910$).

Yüzey işlemi olarak en son bağlayıcı ajanın uygulandığı ZB, ZPB, ZCB ve ZCPB gruplarının ortalama pürüzlülük değerleri birbirleriyle benzerdi ($p=0,107$) ve Z0, ZP, ZC ve ZCP gruplarının ortalama pürüzlülük değerlerinden istatistiksel olarak düşük daha düşüktü ($p<0,001$).

4.1.3 Feldspatik Porselen Örneklerin Yüzey Pürüzlülük Ölçüm Sonuçları

Feldspatik porselen örneklerin yüzey pürüzlülüğü bulgularına ait aritmetik ortalama, standart sapma, minimum ve maksimum değerler ve ortalamaların karşılaştırılması Tablo 11’de, varyans analizi bulguları Tablo12’de, Tukey çoklu ikili karşılaştırma testi p değerleri ise Tablo 13’de verilmiştir

Tablo 11 Feldspatik porselen örneklerin yüzey pürüzlülüğü bulgularına ait aritmetik ortalama, standart sapma, minimum ve maksimum değerler ve ortalamaların karşılaştırılması

Grup ismi	n	Ort±Ss*	Min-maks
F0	10	1,73±0,03 ^a	1,69-1,77
FP	10	1,74±0,03 ^a	1,70-1,80
FA	10	2,03±0,15 ^b	1,75-2,19
FAP	10	2,04±0,08 ^b	1,92-2,17
FPB	10	0,91±0,14 ^c	0,70-1,12
FAB	10	0,86±0,09 ^c	0,76-1,02
FAPB	10	0,89±0,08 ^c	0,71-0,98

n: örneklem boyutu, Ort: Aritmetik ortalama, Ss: Standart sapma

*Farklı üst indis harfler istatistiksel olarak anlamlı farklılığı göstermektedir (p<0,05).

Tablo 12 Feldspatik porselen örneklerin pürüzlülük değerlerinin varyans analizi verileri

Kaynak	df	Kareler Toplamı	Ortalamaların Karesi	F	p
Gruplar arası	18,060	6	3,010	315,785	<0,001
Grup içi	0,601	63	0,010		
Toplam	18,661	69			

df: Serbestlik derecesi, p: istatistiksel anlamlılık düzeyi

Tablo 13 Feldspatik örneklerin yüzey pürüzlülüğüne ait Tukey çoklu ikili karşılaştırma testi p değerleri

Gruplar	FA	FP	FPB	FAB	FAP	FAPB
F0	0,000*	1,000	0,000*	0,000*	0,000*	0,000*
FA		0,000*	0,000*	0,000*	1,000	0,000*
FP			0,000*	0,000*	0,000*	0,000*
FPB				0,877	0,000*	0,995
FAB					0,000*	0,997
FAP						0,000*

* İstatistiksel olarak anlamlı farklılığı göstermektedir ($p < 0,05$).

Feldspatik porselen örneklerine ait tüm grupların, gruplar arası karşılaştırma sonuçlarına göre ortalama pürüzlülük değerleri arasında istatistiksel olarak ileri derecede anlamlı farklılıklar gözlemlendi ($p < 0,001$).

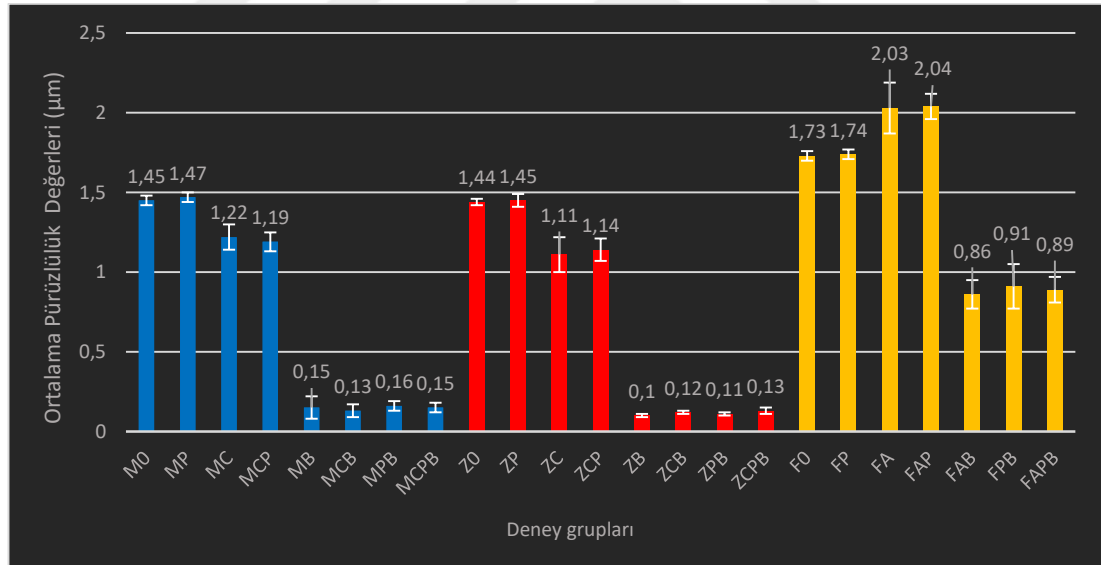
Tüm feldspatik porselen grupları arasında FA ve FAP grupları diğer gruplara kıyasla istatistiksel olarak anlamlı derecede daha yüksek ortalama pürüzlülük değerlerine sahipti ($p < 0,001$).

Plazmanın feldspatik porselen örnek yüzeyinde oluşturduğu pürüzlülük etkisini incelemek amacıyla, F0 ve FP gruplarının ortalama pürüzlülük değerleri karşılaştırıldığında aralarında istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunmadı ($p = 1,000$). Yüzey işlemi olarak HF asit uygulanan FA grubunun ortalama pürüzlülük değerleri, F0 ve FP grubuna kıyasla belirgin olarak daha yüksekti. Plazmanın HF asit uygulanmış yüzeydeki pürüzlülük değişimine etkisi incelendiğinde, FAP grubunun ortalama pürüzlülüğü ile FA grubunun ortalama pürüzlülüğünün benzer olduğu görüldü ($p = 1,000$).

Yüzey işlemi olarak en son bağlayıcı ajanın uygulandığı FAB, FAPB ve FPB gruplarının ortalama pürüzlülük değerleri birbirleriyle benzerdi ($p = 0,877$). Yüzeye bağlayıcı ajan uygulanması sonrası ölçülen ortalama pürüzlülük değerleri, bağlayıcı ajan uygulanmamış olan F0, FP, FA ve FAP gruplarının ortalama pürüzlülük değerlerine kıyasla belirgin olarak daha düşük bulundu ($p < 0,001$).

4.1.4. Soğuk Plazma Uygulamasının Pürüzlülük Değerleri Üzerine Etkisi

Tüm materyal gruplarına ait ortalama pürüzlülük değerlerindeki değişim Şekil 7’de grafiksel olarak gösterilmiştir. Burada da gösterildiği üzere çalışmamızda kullanılan üç farklı yapıdaki materyal grubunda (Cr-Co kıymetsiz metal alaşım, zirkonyum oksit ve feldspatik porselen) soğuk plazma uygulanması yüzey pürüzlülük değerlerinde istatistiksel olarak anlamlı bir artış ya da azalışa neden olmadı ($p>0,05$). Tribokimyasal silika kaplama veya HF asit yüzey işlemleri materyal yüzey pürüzlülüğünde değişime yol açarken (M0-MC/Z0-ZC/F0-FA karşılaştırması), bu yüzeylere soğuk plazma uygulandığında (MC-MCP/ZC-ZCP/FA-FAP) pürüzlülükte anlamlı bir değişim oluşmadığı görülmüştür. Yüzeye son işlem olarak bağlayıcı ajan uygulamasının ise tüm materyal gruplarındaki pürüzlülük değerlerinde azalmaya sebep olduğu gözlemlendi. Soğuk plazmanın bağlayıcı ajandan önce ara işlem olarak uygulandığı tüm gruplarda, bağlayıcı ajan uygulandıktan sonra ortalama pürüzlülük değerlerinin istatistiksel olarak benzer hale geldiği görüldü ($p=0,001$).



Şekil 7 Çalışmamızdaki tüm materyal gruplarına ait ortalama pürüzlülük değerlerindeki değişim grafiği

4.1.5. Çalışmada Kullanılan Bütün Grupların Ortalama Pürüzlülük Değerlerinin Karşılaştırılması

Yüzey pürüzlülüğü bulgularında hem materyale hem de yüzey işlemine bağlı iki faktörlü değişimin incelenmesi için iki yönlü varyans analizi uygulandı. İki yönlü varyans analizi sonuçları Tablo 14’de, post-hoc Tukey Karşılaştırma Testi Sonuçları ise Tablo 15’de sunulmuştur. İki yönlü varyans analizi hem materyal ve yüzey işlemi bazında hem de bunların etkileşimi yönünde pürüzlülük değişiminde anlamlı farklılıklar olduğunu göstermektedir ($p<0,001$).

Tablo 14 Tüm gruplarda yüzey pürüzlülüğündeki değişime ait iki yönlü varyans analizi tablosu

KAYNAK	Type III Kareler Toplamı	df	Ortalamaların Karesi	F	Sig.
Düzeltilmiş Model	101,135a	22	4,597	1000,777	<0,001
İntercept	196,896	1	196,896	42864,220	<0,001
Materyal	73,536	11	6,685	1455,332	<0,001
Yüzey işlemi	4,078	2	2,039	443,943	<0,001
Materyal * Yüzey işlemi	1,134	9	0,126	27,442	<0,001
Hata	0,951	207	0,005		
Toplam	307,694	230			
Düzeltilmiş Toplam	102,086	229			

a. R Squared = ,991 (Adjusted R Squared = ,990)

Tüm materyaller içinde en yüksek pürüzlülük değerleri feldspatik porselen materyalindeki FA ve FAP gruplarında gözlemlendi. Feldspatik porselen grubundaki bütün örneklerin pürüzlülük değerleri hem başlangıçta (F0), hem asit uygulama sonrası (FA), hem de aynı işlemin uygulandığı zirkonyum oksit ve metal alaşım örneklerden daha yüksek bulundu. Metal alaşım ve zirkonyum oksit gruplarında ise aynı işlemin uygulandığı gruplar birbiri ile benzer bulundu. Yüzeye sadece soğuk plazma uygulanan MP ve ZP grupları ile işlem uygulanmamış M0 ve Z0 gruplarının ortalama yüzey pürüzlülük değerleri istatistiksel olarak benzerdi ($p=1,000$). Benzer şekilde tribokimyasal silika kaplama (MC ve ZC) ve sonrasında plazma uygulanan (MCP ve ZCP) gruplar da birbiri ile benzerdi ($p=0,050$).

Metal alaşım ve zirkonyum oksit örnek gruplarında, son işlem olarak bağlayıcı ajan uygulandığında elde edilen ortalama pürüzlülük değerleri de istatistiksel olarak benzerdi ($p=0,912$). Feldspatik porselen gruplarının bağlayıcı ajan uygulaması sonrası ortalama pürüzlülük değerleri metal ve zirkonyum oksit gruplarında aynı işlemin uygulandığı örneklere kıyasla daha yüksek kaydedildi ($p<0,001$).

Tablo 15 Tüm Grupların Ortalama Pürüzlülük Değerlerinin Tukey Karşılaştırma Testi Sonuçları

Gruplar	a*	b	c	d	e	f
ZB	0,1044					
ZPB	0,1105					
ZCB	0,1159					
MCB	0,1279					
MCPB	0,1468					
MB	0,1490					
MPB	0,1630					
ZCPB	0,1670					
FAB		0,8600				
FAPB		0,8860				
FPB		0,9140				
ZC			1,1090			
ZCP			1,1370			
MCP			1,1896			
MC			1,2200			
Z0				1,4433		
ZP				1,4458		
M0				1,4458		
MP				1,4661		
F0					1,7280	
FP					1,7421	
FA						2,0340
FAP						2,0410
Sig.	,912	,980	,050	1,000	1,000	1,000

*İstatistiksel olarak benzer gruplar aynı sütunda yer almakta ve aynı harfle kodlanmaktadır.

4.2. Yüzey Temas Açısı Bulguları

4.2.1. Cr-Co Kıymetsiz metal alaşım örneklerin yüzey temas açısı bulguları

Cr-Co Kıymetsiz metal alaşım örneklerine ait aritmetik ortalama, standart sapma, minimum ve maksimum değerler ve ortalamaların karşılaştırılması Tablo 16’de, gruplara ait varyans analizi verileri Tablo 17’de ve çoklu ikili karşılaştırma verileri ise Tablo 18’da gösterilmiştir.

Tablo 16 Kıymetsiz metal alaşım örneklerin yüzey temas açısı bulgularının aritmetik ortalama, standart sapma, minimum ve maksimum değerleri

Grup ismi	n	Ort±Ss*	Min-maks
M0	5	92,38±1,27 ^a	91,37-94,36
MP	5	9,67±1,02 ^b	8,47-10,74
MC	5	58,60±2,52 ^c	54,38-60,92
MCP	5	6,28±1,12 ^d	4,73-7,88
MB	5	51,62±0,07 ^e	50,65-52,48
MCB	5	51,61±1,67 ^e	49,95-54,29
MPB	5	52,05±1,03 ^e	50,89-53,41
MCPB	5	52,68±0,86 ^e	51,34-53,48

n: örneklem boyutu, Ort: Aritmetik ortalama, Ss: Standart sapma

*Farklı üst indis harfler istatistiksel olarak anlamlı farklılığı göstermektedir (p<0,05).

Tablo 17 Cr-Co Kıymetsiz metal alaşım örneklerin yüzey temas açısı bulgularının varyans analiz verileri

Kaynak	df	Kareler Toplamı	Ortalamaların Karesi	F	p
Gruplar arası	26729,884	7	3818,555	1932,961	0,000
Grup içi	63,216	32	1,975		
Toplam	26793,100	39			

df: Serbestlik derecesi, p: istatistiksel anlamlılık düzeyi

Tablo 18 Cr-Co Kıymetsiz metal alaşım örneklerin yüzey temas açılarına ait Tukey çoklu karşılaştırma testi p değerleri

Gruplar	MC	MB	MP	MPB	MCB	MCP	MCPB
M0	0,000*	0,000*	0,000*	0,000*	0,000*	0,000*	0,000*
MC		0,000*	0,000*	0,000*	0,000*	0,000*	0,000*
MB			0,000*	1,000	1,000	0,000*	0,926
MP				0,000*	0,000*	0,012*	0,000*
MPB					1,000	0,000*	0,996
MCB						0,000*	0,923
MCP							0,000*

* İstatistiksel olarak anlamlı farklılığı göstermektedir ($p<0,05$).

Cr-Co Kıymetsiz metal alaşım örneklere ait tüm grupların, gruplar arası karşılaştırma sonuçlarına göre ortalama yüzey temas açısı değerleri arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılıklar gözlemlendi ($p<0,001$).

Tüm metal alaşım grupları arasında M0 grubu en yüksek temas açısı değerine sahip olarak bulundu ($p<0,001$). Soğuk plazmanın yüzey temas açısı üzerindeki etkilerini incelemek amacıyla, M0 ve MP gruplarının ortalama yüzey temas açısı değerleri karşılaştırıldığında MP grubunun ortalama yüzey temas açısının çok daha düşük olduğu belirlendi ($p<0,001$).

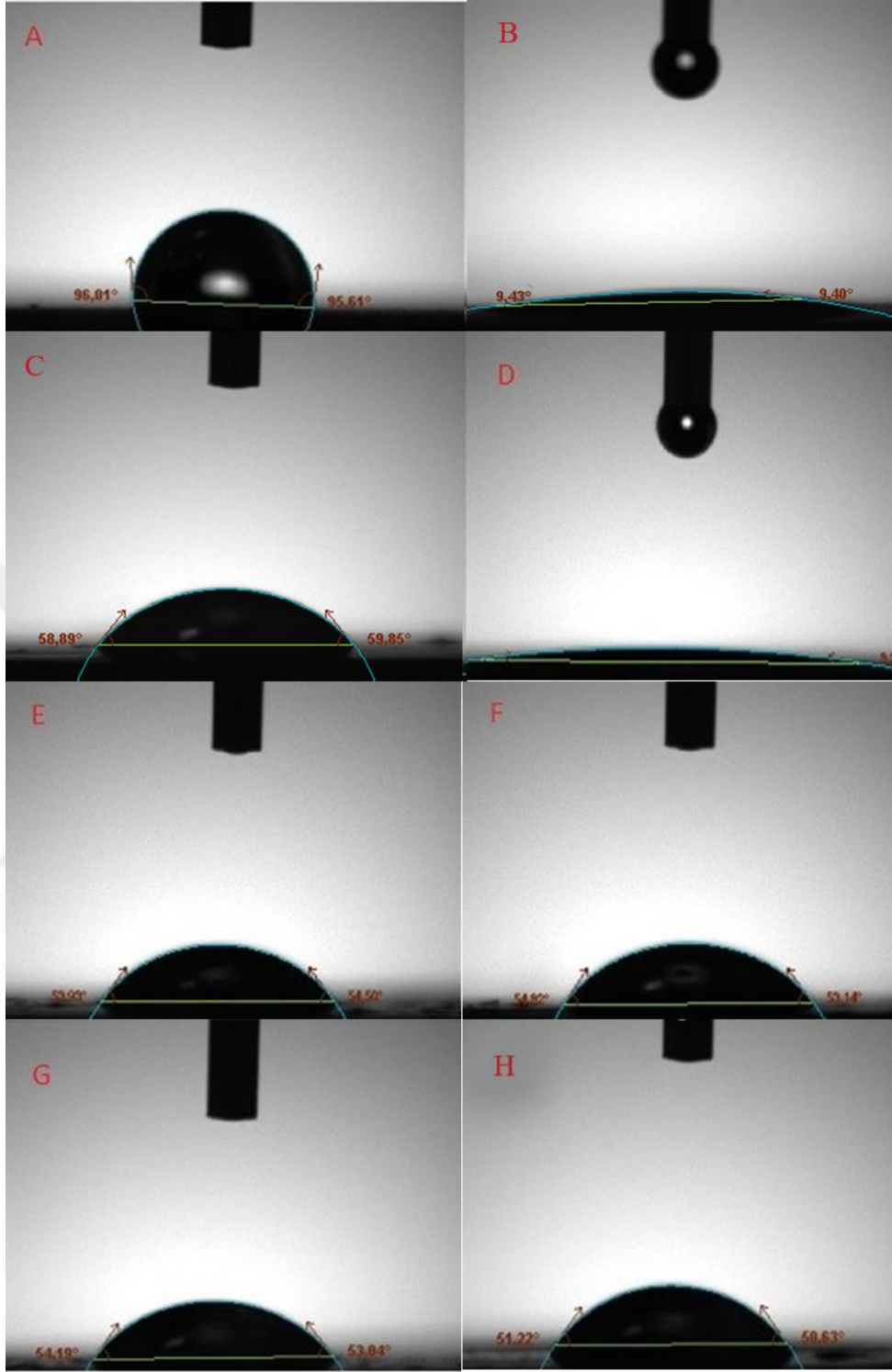
Tribokimyasal silika kaplama uygulaması yapılan metal alaşım yüzeyi (MC grubu) yüzey işlemi uygulanmayan metal alaşım yüzeyine (M0 grubu) göre belirgin olarak daha düşük temas açısı değerine sahipti ($p<0,001$). Bu yüzeyde de benzer şekilde tribokimyasal silika kaplama sonrası uygulanan soğuk plazma (MCP), ortalama yüzey temas açısı değerlerinde belirgin miktarda bir düşüşe yol açtı. Tribokimyasal silika kaplama yapılmış yüzeyde plazma uygulaması sonucu elde edilen temas açısı (MCP grubu), işlemsiz metal yüzeyinde plazma uygulaması sonrası elde edilen temas açısından (MP grubu) daha düşük olarak bulundu ($p=0,012$). Tüm metal alaşım grupları arasında istatistiksel olarak en düşük temas açısı değerleri MCP grubunda tespit edildi ($p<0,001$).

Yüzey işlemi olarak en son bağlayıcı ajanın uygulandığı MB, MPB, MCB ve MCPB gruplarının ortalama yüzey temas açısı değerleri istatistiksel olarak benzerdi

($p=0,923$). Bu grupların ortalama yüzey temas açısı değerlerinin M0 ve MC grubunun ortalama yüzey temas açısı değerlerinden düşük, son işlem olarak plazma uygulanmış olan MP ve MCP grubunun ortalama yüzey temas açısı değerlerinden yüksek olduğu görüldü.

Cr-Co Kıymetsiz metal alaşım örneklere ait yüzey temas açısı görüntüleri Resim 25’de sunulmuştur.





Resim 25 Cr-Co kıymetsiz metal alaşım örneklerin temas açısı görüntüleri

A: M0 grubu yüzey temas açısı görüntüleri

B: MP grubu yüzey temas açısı görüntüleri

C: MC grubu yüzey temas açısı görüntüleri

D: MCP grubu yüzey temas açısı görüntüleri

E: MB grubu yüzey temas açısı görüntüleri

F: MCB grubu yüzey temas açısı görüntüleri

G: MPB grubu yüzey temas açısı görüntüleri

H: MCPB grubu yüzey temas açısı görüntüleri

4.2.2. Zirkonyum oksit örneklerin yüzey temas açısı bulguları

Zirkonyum oksit örneklere ait yüzey temas açısı bulgularının ortalamaları, standart sapma değerleri, minimum ve maksimum değerleri Tablo 19’de, gruplara ait varyans analizi verileri Tablo 20’de ve çoklu karşılaştırma verileri ise Tablo 21’de gösterilmiştir.

Tablo 19 Zirkonyum oksit örneklerin yüzey temas açısı bulgularının aritmetik ortalama, standart sapma, minimum ve maksimum değerleri

Grup ismi	n	Ort±Ss*	Min-maks
Z0	5	97,19±1,17 ^a	96,3-98,96
ZP	5	8,72±1,18 ^b	6,84-9,8
ZC	5	54,27±3,12 ^c	49,21-56,97
ZCP	5	6,39±0,55 ^b	5,56-6,95
ZB	5	54,70±0,86 ^c	53,22-55,47
ZCB	5	53,34±0,73 ^c	52,08-53,96
ZPB	5	54,41±0,46 ^c	53,67-54,79
ZCPB	5	52,98±0,83 ^c	51,66-53,89

n: örneklem boyutu, Ort: Aritmetik ortalama, Ss: Standart sapma

*Farklı üst indis harfler istatistiksel olarak anlamlı farklılığı göstermektedir (p<0,05).

Tablo 20 Zirkonyum oksit örneklerin yüzey temas açısı bulgularının varyans analiz verileri

Kaynak	df	Kareler Toplamı	Ortalamaların Karesi	F	p
Gruplar arası	29359,055	7	4194,151	2229,895	0,000
Grup içi	60,188	32	1,881		
Toplam	29419,243	39			

df: Serbestlik derecesi, p: istatistiksel anlamlılık düzeyi

Tablo 21 Zirkonyum oksit örneklerin yüzey temas açılarına ait Tukey çoklu ikili karşılaştırma testi p değerleri

Gruplar	ZP	ZC	ZCP	ZB	ZCB	ZPB	ZCPB
Z0	0,000*	0,000*	0,000*	0,000*	0,000*	0,000*	0,000*
ZP		0,000*	0,162	0,000*	0,000*	0,000*	0,000*
ZC			0,000*	1,000	0,958	1,000	0,807
ZCP				0,000*	0,000*	0,000*	0,000*
ZB					0,762	1,000	0,504
ZCB						0,916	1,000
ZCP							0,000*

* İstatistiksel olarak anlamlı farklılığı göstermektedir ($p<0,05$).

Zirkonyum oksit örneklerine ait tüm grupların, gruplar arası karşılaştırma sonuçlarına göre ortalama yüzey temas açısı değerleri arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılıklar gözlemlendi ($p<0,001$).

Tüm zirkonyum oksit grupları arasında Z0 grubu en yüksek temas açısı değerine sahip olarak bulundu ($p<0,001$). Soğuk plazmanın yüzey temas açısı üzerindeki etkilerini incelemek amacıyla, Z0 ve ZP gruplarının ortalama yüzey temas açısı değerleri karşılaştırıldığında ZP grubunun ortalama yüzey temas açısının çok daha düşük olduğu belirlendi ($p<0,001$).

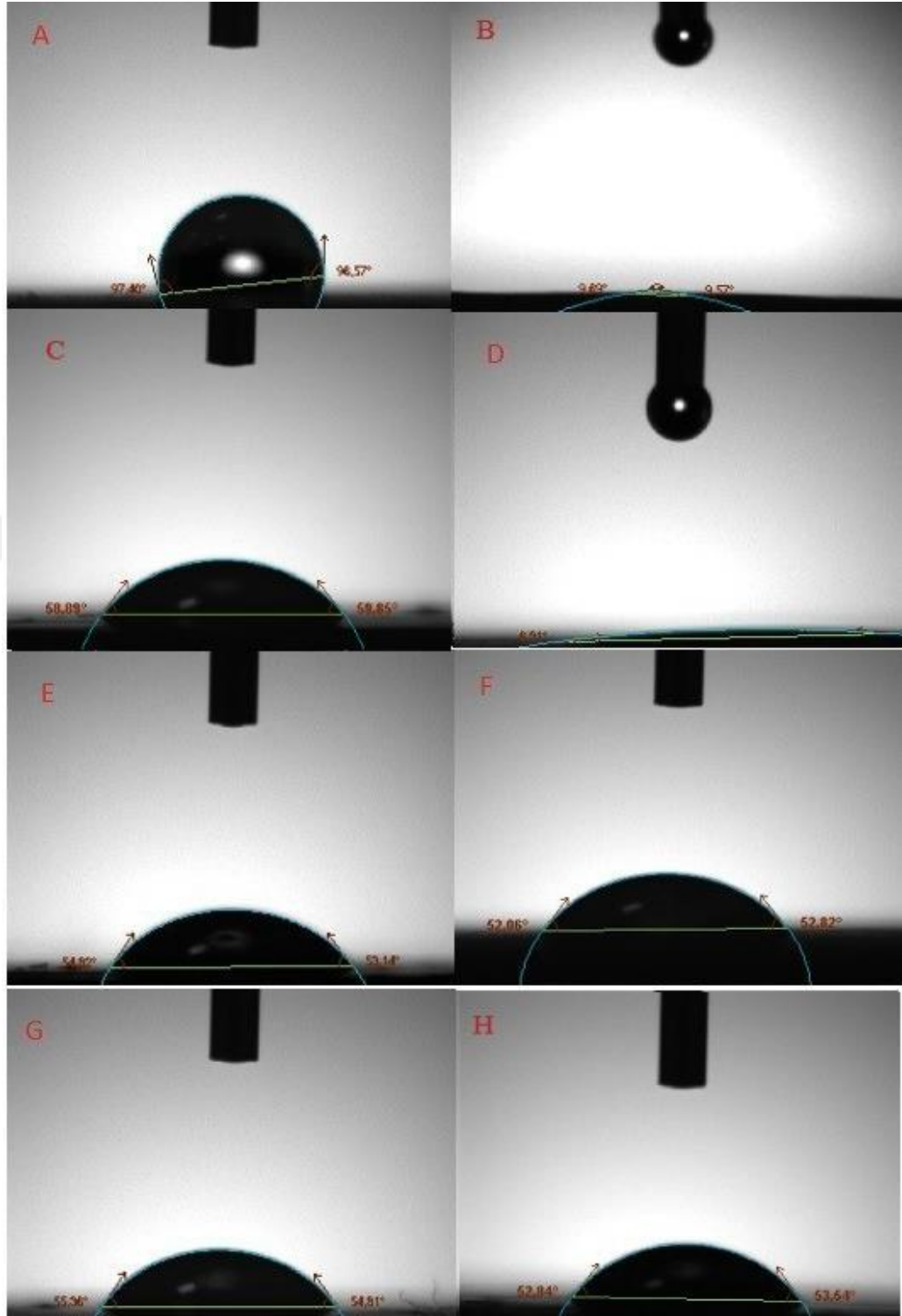
Tribokimyasal silika kaplama uygulaması yapılan zirkonyum oksit yüzeyi (ZC grubu) yüzey işlemi uygulanmayan zirkonyum oksit yüzeyine (Z0 grubu) göre belirgin olarak daha düşük temas açısı değerlerine sahipti ($p<0,001$). Bu yüzeyde de benzer şekilde, tribokimyasal silika kaplama sonrası uygulanan soğuk plazma (ZCP) ortalama yüzey temas açısı değerlerinde belirgin miktarda bir düşüşe yol açtı. Son işlem olarak soğuk plazma uygulanan her iki grup (ZP ve ZCP grupları) karşılaştırıldığında ZCP grubu daha düşük temas açısı ortalamasına sahip olmakla beraber istatistiksel olarak ZP grubu ile benzer bulundu ($p=0,162$).

Yüzey işlemi olarak en son bağlayıcı ajanın uygulandığı ZB, ZPB, ZCB ve ZCPB gruplarının ortalama yüzey temas açısı değeri istatistiksel olarak benzerdi ($p=0,504$). Bu grupların ortalama yüzey temas açısı değerleri Z0 grubunun ortalama

yüzey temas açısı değerinden düşük, ZP ve ZCP gruplarının ortalama yüzey temas açısı değerinden yüksek, ZC grubunun ortalama yüzey temas açısı değeri ile benzer olduğu belirlendi.

Zirkonyum oksit örneklerine ait yüzey temas açısı görüntüleri Resim 26'de sunulmuştur.





Resim 26 Zirkonyum oksit örneklerin yüzey temas açısı görüntüleri

A: Z0 grubu örneklerin temas açısı görüntüleri

B: ZP grubu örneklerin temas açısı görüntüleri

C: ZC grubu örneklerin temas açısı görüntüleri

D: ZCP grubu örneklerin temas açısı görüntüleri

E: ZB grubu örneklerin temas açısı görüntüleri

F: ZCB grubu örneklerin temas açısı görüntüleri

G: ZPB grubu örneklerin temas açısı görüntüleri

H: ZCPB grubu örneklerin temas açısı görüntüleri

4.2.3. Feldspatik porselen örneklerin yüzey temas açısı bulguları

Feldspatik porselen örneklere ait yüzey temas açısı bulgularının ortalamaları, standart sapma değerleri, minimum ve maksimum değerleri Tablo 22’de, gruplara ait varyans analizi verileri Tablo 23’de ve çoklu karşılaştırma verileri ise Tablo 24’de gösterilmiştir.

Tablo 22 Feldspatik porselen örneklerin yüzey temas açısı bulgularının aritmetik ortalama, standart sapma, minimum ve maksimum değerleri

Grup ismi	n	Ort±Ss*	Min-maks
F0	5	63,32±1,47 ^a	61,71-64,73
FP	5	7,14±0,97 ^{b,c}	5,88-8,22
FA	5	9,27±1,62 ^c	7,36-11,04
FAP	5	5,34±0,90 ^b	4,04-6,20
FAB	5	49,65±1,97 ^d	48,24-53,03
FPB	5	50,98±3,10 ^d	47,76-55,32
FAPB	5	50,87±1,33 ^d	49,24-52,67

n: örneklem boyutu, Ort: Aritmetik ortalama, Ss: Standart sapma

*Farklı üst indis harfler istatistiksel olarak anlamlı farklılığı göstermektedir (p<0,05).

Tablo 23 Feldspatik porselen örneklerin yüzey temas açısı bulgularının varyans analiz verileri

Kaynak	Kareler Toplamı	df	Ortalamaların Karesi	F	p
Gruplar arası	19156,962	6	3192,827	1019,638	0,000
Grup içi	87,677	28	3,131		
Toplam	19244,639	34			

df: Serbestlik derecesi, p: istatistiksel anlamlılık düzeyi

Tablo 24 Feldspatik porselen örneklerin yüzey temas açılarına ait çoklu ikili karşılaştırma testi p değerleri

Gruplar	FP	FA	FAP	FAB	FPB	FAPB
F0	0,000*	0,000*	0,000*	0,000*	0,000*	0,000*
FP		0,497	0,678	0,000*	0,000*	0,000*
FA			0,023	0,000*	0,000*	0,000*
FAP				0,000*	0,000*	0,000*
FAB					0,894	0,926
FPB						1,000

* İstatistiksel olarak anlamlı farklılığı göstermektedir ($p<0,05$).

Feldspatik porselen örneklerine ait tüm grupların, gruplar arası karşılaştırma sonuçlarına göre ortalama yüzey temas açısı değerleri arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılıklar gözlemlendi ($p<0,001$).

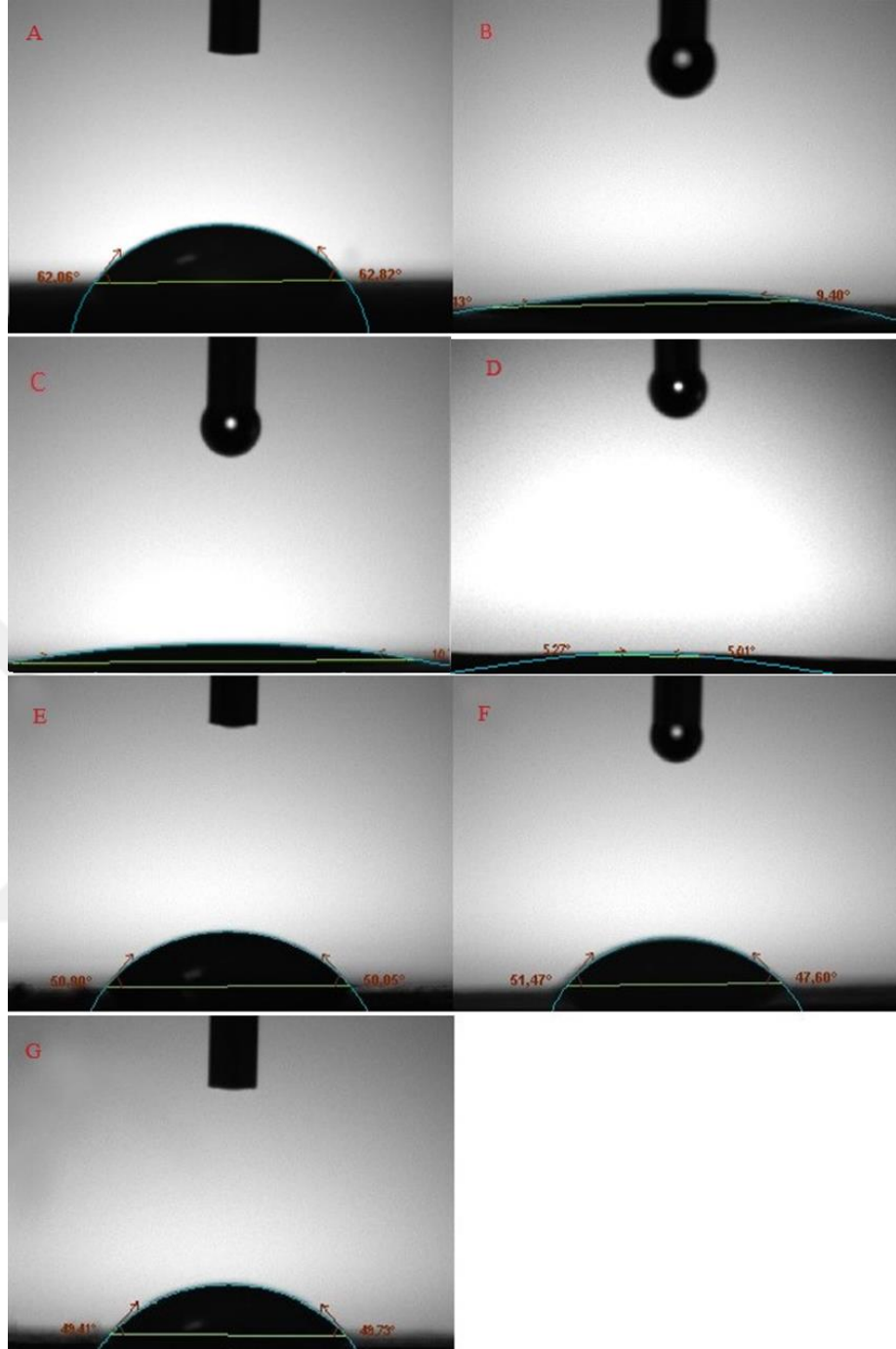
Tüm feldspatik porselen grupları arasında F0 grubu en yüksek temas açısı değerine sahip olarak bulundu. Soğuk plazmanın yüzey temas açısı üzerindeki etkilerini incelemek amacıyla, F0 ve FP gruplarının ortalama yüzey temas açısı değerleri karşılaştırıldığında FP grubunun ortalama yüzey temas açısının çok daha düşük olduğu belirlendi ($p<0,001$).

HF asit uygulaması yapılan feldspatik porselen yüzeyi (FA grubu) yüzey işlemi uygulanmayan feldspatik porselen yüzeyine (F0 grubu) göre belirgin olarak daha düşük temas açısı değerlerine sahipti ($p<0,001$). HF asit uygulaması sayesinde feldspatik porselen yüzeyinin süperhidrofilik ($<10^\circ$) hale geldiği belirlendi. HF asit uygulanmış feldspatik yüzeyine soğuk plazma uygulanması sonrası (FAP grubu) ortalama yüzey temas açısı değerlerinde belirgin miktarda düşüş olduğu ve yüzeyin daha hidrofilik hale geldiği belirlendi ($p=0,023$). Son işlem olarak soğuk plazma uygulanan her iki grup (FP ve FAP grupları) karşılaştırıldığında FAP grubu daha düşük temas açısı ortalamasına sahip olmakla beraber istatistiksel olarak FP grubu ile benzer bulundu ($p=0,678$).

Yüzey işlemi olarak en son bağlayıcı ajanın uygulandığı FAB, FPB ve FAPB gruplarının ortalama yüzey temas açısı değeri istatistiksel olarak benzerdir ($p=0,894$). Bu grupların ortalama yüzey temas açısı değerleri F0 grubunun ortalama yüzey temas açısı değerinden düşük, FP, FAP ve FA gruplarının ortalama yüzey temas açısı değerinden yüksek olduğu gözlemlendi.

Feldspatik porselen örneklerine ait yüzey temas açısı görüntüleri Resim 27’de sunulmuştur.





Resim 27 Feldspatik örnekler ait yüzey temas açısı görüntüleri

A: F0 grubu örneklerin yüzey temas açısı görüntüsü

B: FP grubu örneklerin yüzey temas açısı görüntüsü

C: FA grubu örneklerin yüzey temas açısı görüntüsü

D: FAP grubu örneklerin yüzey temas açısı görüntüsü

E: FAB grubu örneklerin yüzey temas açısı görüntüsü

F: FPB grubu örneklerin yüzey temas açısı görüntüsü

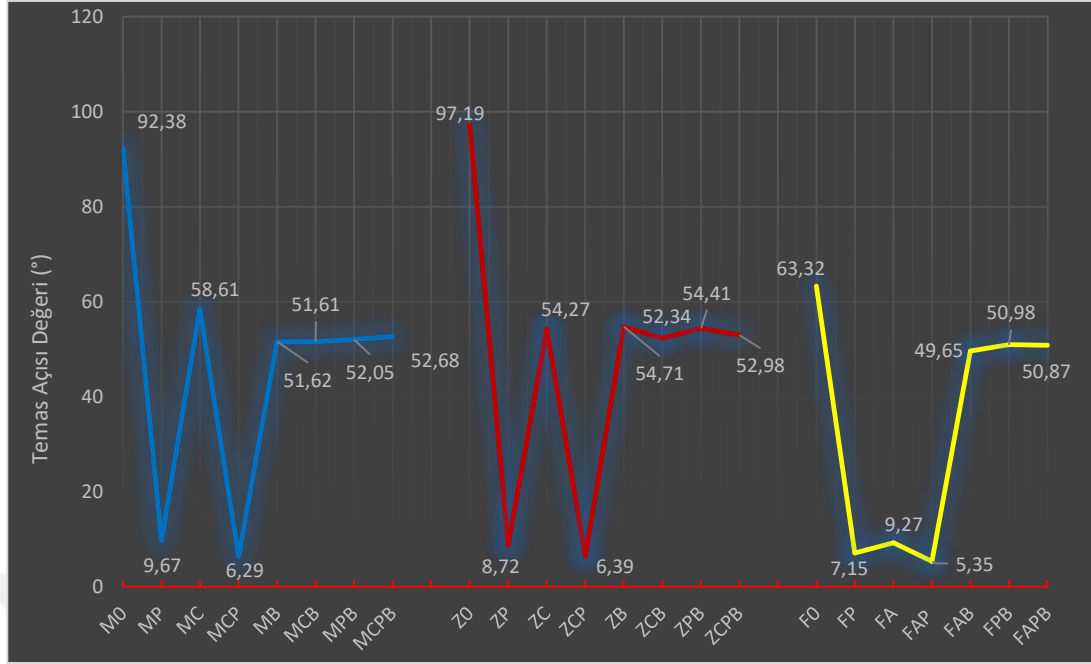
G: FAPB grubu örneklerin yüzey temas açısı görüntüsü

4.2.4. Soğuk Plazma Uygulamasının Yüzey Temas Açısı Değerleri Üzerine Etkisi

Tüm materyal gruplarına ait ortalama yüzey temas açısı değerlerindeki değişim Şekil 8’de grafiksel olarak gösterilmiştir. Burada da gösterildiği üzere çalışmamızda kullanılan üç farklı yapıdaki materyal grubunda (Cr-Co kıymetsiz metal alaşım, zirkonyum oksit ve feldspatik porselen) soğuk plazma uygulanmasının yüzey temas açısı değerlerinde istatistiksel olarak ileri derecede anlamlı bir azalışa neden olduğu gözlemlendi ($p<0,001$). Örnek yüzeylerine soğuk plazma uygulaması sonucu; MP grubunun ortalama yüzey temas açısında M0 grubuna göre %89,5 azalma, ZP grubunun ortalama yüzey temas açısında Z0 grubuna göre %91 azalma ve FP grubunun ortalama yüzey temas açısında F0 grubuna göre %88,7 azalma gerçekleşti.

Plazmadan önce diğer yüzey işlemlerinin uygulanmış olduğu metal alaşım ve zirkonyum oksit alt yapı gruplarında da plazma uygulanmasını takiben yüzey temas açısı belirgin olarak düştü. Tribokimyasal silika kaplama uygulanmış metal yüzeyinde soğuk plazma uygulaması sonrası, MCP grubunun ortalama yüzey temas açısında MC grubuna göre %89 azalma, ZCP grubunun ortalama yüzey temas açısında ZC grubuna göre %88 azalma görüldü. Hidroflorik asit uygulanan feldspatik örnek yüzeyi asitin etkisiyle süperhidrofilik hale gelmiş olsa da, plazma uygulamasının temas açısı üzerinde ilave etkisi gözlemlendi. FAP grubunun ortalama yüzey temas açısı FA grubuna göre %42 azalma gösterdi.

Tüm materyallerde soğuk plazma işlemi sonrası son işlem olarak bağlayıcı ajan uygulanması sonucu elde edilen ortalama yüzey temas açısı değerlerinin benzer olduğu görüldü ($p>0,05$).



Şekil 8 Tüm materyal gruplarına ait ortalama yüzey temas açısı değerlerindeki değişim grafiği

4.2.5. Çalışmada Kullanılan Bütün Grupların Ortalama Yüzey Temas Açısı Değerlerinin Karşılaştırılması

Yüzey temas açısı ölçümlerinde hem materyale hem de yüzey işlemine bağlı iki faktörlü değişimin incelenmesi için iki yönlü varyans analizi uygulandı. İki yönlü varyans analizi sonuçları Tablo 25’de, post-hoc Tukey Karşılaştırma Testi Sonuçları ise Tablo 26’da sunulmuştur. İki yönlü varyans analizi hem materyal hem de yüzey işlemi bazında hem de bunların etkileşimi yönünde temas açısı değişiminde anlamlı farklılıklar olduğunu göstermektedir ($p<0,001$).

Tablo 25 Tüm gruplarda yüzey temas açısı değişimine ait iki yönlü varyans analizi tablosu

KAYNAK	Type III Kareler Toplamı	df	Ortalamaların Karesi	F	Sig.
Düzeltilmiş Model	79703,415 ^a	22	3622,882	1579,038	<0,001
İntercept	188540,202	1	188540,202	82175,510	<0,001
Materyal	1436,768	2	718,384	313,109	<0,001
Yüzey işlemi	73199,176	11	6654,471	2900,360	<0,001
Materyal * Yüzey işlemi	2046,725	9	227,414	99,119	<0,001
Hata	211,081	92	2,294		
Toplam	294507,904	115			
Düzeltilmiş Toplam	79914,496	114			

a. R Squared = ,991 (Adjusted R Squared = ,990)

Tüm materyallerde, başlangıç temas açısı değerleri (Z0, M0, F0)) diğer gruplara kıyasla istatistiksel olarak daha yüksekti. Materyaller birbiri ile kıyaslandığında en yüksek başlangıç yüzey temas açısı değeri zirkonyum oksit (Z0) grubunda ($p<0,001$), en düşük başlangıç ortalama yüzey temas açısı değeri ise feldpatik porselen (F0) grubunda kaydedildi ($p<0,001$). Yüzeye soğuk plazma uygulanması sonrasında (MP, ZP, FP grupları) materyalden bağımsız olarak ortalama yüzey temas açısı değerleri hem süperhidrofilik ($<10^\circ$) hem de istatistiksel olarak birbirleriyle benzer hale geldi ($p=0,556$).

Yüzey işlemi olarak tribokimyasal silika kaplama uygulandığında metal alaşım materyalinde (MC grubu) zirkonyum oksit materyaline (ZC grubu) nazaran daha yüksek temas açısı değerleri kaydedildi ($p=0.004$). Ancak yüzeye soğuk plazma uygulanması sonrası (MCP ve ZCP grupları) temas açılarında belirgin bir düşme meydana gelerek her iki materyal yüzeyi de benzer hale geldi ($p=0.985$).

Yüzey işlemi olarak HF asit uygulaması sonrası feldspatik porselen yüzeyinin temas açısı (FA grubu) oldukça düşerek, metal ve zirkonyum oksit materyallerinde

plazma uygulaması sonrası (MP, ZP, MCP, ZCP grupları) elde edilen değerler ile benzer seviyeye geldi. Asit sonrası plazma uygulanan grup olan FAP grubu tüm materyaller ve yüzey işlemleri arasında en düşük ortalama yüzey temas açısına sahip olan gruptu.

Soğuk plazmanın son işlem olarak uygulandığı gruplarda sadece MP ve FAP grubu arasındaki fark istatistiksel olarak anlamlı bulunurken ($p=0,004$), diğerleri benzer olarak bulundu ($p=0,087$).

Son işlem olarak bağlayıcı ajan uygulandığında elde edilen ortalama yüzey temas açısı değerleri incelendiğinde metal ve zirkonya materyalinde aynı yüzey işlemi yapılan grupların benzer olduğu, feldspatik materyalinde ise FAB grubunun ZCB grubuna göre biraz daha düşük temas açısı değerleri sergilediği görüldü. Bağlayıcı ajandan önce plazma uygulanan gruplar (FPB-MPB-ZPB) her üç materyalde de birbirine benzerdi ($p=0,056$). Bağlayıcı ajandan önce kombine yüzey işlemi uygulanan gruplar (MCPB-ZCPB-FAPB) da birbiriyle benzer bulundu ($p=0,103$).

Tablo 26 Tüm Grupların Ortalama Yüzey Temas Açısı Değerlerinin Tukey Karşılaştırma Testi Sonuçları

Gruplar	a*	b	c	d	e	f	g	h	i
FAP	5,34								
MCP	6,28	6,28							
ZCP	6,39	6,39							
FP	7,14	7,14							
ZP	8,72	8,72							
FA		9,27							
MP		9,66							
FAB			49,65						
FAPB			50,87	50,87					
FPB			50,98	50,98					
MCB			51,61	51,61	51,61				
MB			51,61	51,61	51,61				
MPB			52,05	52,05	52,05				
MCPB			52,68	52,68	52,68				
ZCPB			52,98	52,98	52,98				
ZCB				53,34	53,34				
ZC				54,27	54,27				
ZPB				54,41	54,41				
ZB					54,70				
MC						58,60			
F0							63,32		
M0								92,38	
Z0									97,19
Sig.	,087	,087	,103	,056	,184	1,000	1,000	1,000	1,000

*İstatistiksel olarak benzer gruplar aynı sütunda yer almakta ve aynı harfle kodlanmaktadır.

4.3. Makaslama Bağlanma Dayanım Testi Bulguları

4.3.1. Cr-Co Kıymetsiz Metal Alaşım Örneklerde Makaslama Bağlanma Dayanımı Testi Bulguları

Cr-Co kıymetsiz metal alaşım örneklerine ait makaslama bağlanma dayanım değerlerinin aritmetik ortalama, standart sapma, minimum ve maksimum değerleri Tablo 27’de, tek yönlü varyans analizi tablosu Tablo 28’de, çoklu karşılaştırma testi ise Tablo 29’de verilmiştir.

Tablo 27 Cr-Co Kırımsız metal alaşıım örneklerin makaslama bağlanma dayanımı değlerlerinin (MPa) aritmetik ortalama, standart sapma, minimum ve maksimum değleri

Grup ismi	n	Ort±Ss*	Min-maks
MB	10	13,19±1,09 ^a	11,85-14,74
MP	10	0,51±0,11 ^b	0,38-0,66
MPB	10	16,43±1,67 ^c	14,06-18,65
MCB	10	18,19±2,42 ^c	14,54-21,09
MCP	10	2,34±0,82 ^b	1,51-4,05
MCPB	10	22,62±1,87 ^d	19,90-24,69

n: örneklem boyutu, Ort: Aritmetik ortalama, Ss: Standart sapma

*Farklı üst indis harfler istatistiksel olarak anlamlı farklılığı göstermektedir (p<0,05).

Tablo 28 Cr-Co Kırımsız metal alaşıım örneklere ait tek yönlü varyans analizi tablosu

Kaynak	df	Kareler Toplamı	Ortalamaların Karesi	F	p
Gruplar arası	3958,044	5	791,609	295,266	<0,001
Grup içi	144,774	54	2,681		
Toplam	4102,818	59			

df: Serbestlik derecesi, p: istatistiksel anlamlılık düzeyi

Tablo 29 Cr-Co Kırımsız metal alaşıım örneklere ait Tukey çoklu karşılaştırma testi bulguları tablosu

Gruplar	MB	MPB	MCB	MCP	MCPB
MP	0,000*	0,000*	0,000*	0,141	0,000*
MB		0,000*	0,000*	0,000*	0,000*
MPB			0,219	0,000*	0,000*
MCB				0,000*	0,000*
MCP					0,000*

* İstatistiksel olarak anlamlı farklılığı göstermektedir (p<0,05).

Krom-kobalt kıymetsiz metal alaşım örneklerine ait tüm gruplarının ortalama makaslama bağlanma dayanımı değerleri arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılık gözlenmiştir ($p<0,001$).

En düşük ortalama makaslama bağlanma dayanımı değerleri bağlayıcı ajan uygulanmamış, ancak yüzey işlemi olarak son aşamada plazma uygulanmış MP ve MCP gruplarında görüldü. Bu iki grup kendi aralarında benzer ($p=0.141$) diğer gruplardan ise belirgin olarak daha düşük bağlanma dayanımı sergiledi ($p<0.001$).

Yüzeye son işlem olarak bağlayıcı ajan uygulanan MB grubunun ortalama makaslama bağlanma dayanım değeri, diğer bağlayıcı ajan uygulanan gruplar arasında istatistiksel olarak en düşüktü ($p<0,001$).

Bağlayıcı ajandan önce yüzeye soğuk plazmanın uygulandığı MPB grubunun ortalama makaslama bağlanma dayanımı, MB grubunun ortalamasından istatistiksel olarak daha yüksek ($p<0,001$), bağlayıcı ajandan önce tribokimyasal silika kaplama yapılan MCPB ile benzer ($p=0,219$), tribokimyasal silika kaplama sonrası soğuk plazma uygulanan MCPB grubunun ortalama makaslama bağlanma dayanım değerinden ise istatistiksel olarak daha düşüktür ($p<0,001$).

Yüzey işlemi olarak sırasıyla tribokimyasal silika kaplama, soğuk plazma ve bağlayıcı ajanın birlikte uygulandığı MCPB grubu ise diğer tüm gruplarla kıyaslandığında istatistiksel olarak en yüksek makaslama bağlanma dayanım değerlerine sahip bulundu ($p<0,001$).

4.3.2. Zirkonyum Oksit Seramik Örneklerde Makaslama Bağlanma Dayanımı Testi Bulguları

Zirkonyum oksit örneklerine ait makaslama bağlanma dayanım değerlerinin aritmetik ortalama, standart sapma, minimum ve maksimum değerleri Tablo 30'da, tek yönlü varyans analizi tablosu Tablo 31'de, çoklu karşılaştırma testi ise Tablo 32'de verilmiştir.

Tablo 30 Zirkonyum oksit örneklerin makaslama bağlanma dayanımı değerlerinin aritmetik ortalama, standart sapma, minimum ve maksimum değerleri

Grup ismi	N	Ort±Ss*	Min-maks
ZB	10	13,21±2,16 ^a	9,71-15,88
ZP	10	3,43±0,52 ^b	2,59-4,03
ZPB	10	16,64±1,86 ^c	14,91-21,42
ZCB	10	17,34±2,19 ^c	14,59-20,52
ZCP	10	4,81±0,79 ^b	3,55-6,30
ZCPB	10	23,01±3,17 ^d	18,39-27,11

n: örneklem boyutu, Ort: Aritmetik ortalama, Ss: Standart sapma

*Farklı üst indis harfler istatistiksel olarak anlamlı farklılığı göstermektedir (p<0,05).

Tablo 31 Zirkonyum oksit örneklere ait tek yönlü varyans analizi tablosu

Kaynak	df	Kareler Toplamı	Ortalamaların Karesi	F	p
Gruplar arası	2906,077	5	581,215	146,171	<0,001
Grup içi	214,718	54	3,976		
Toplam	3120,795	59			

df: Serbestlik derecesi, p: istatistiksel anlamlılık düzeyi

Tablo 32 Zirkonyum oksit örneklere ait Tukey çoklu ikili karşılaştırma testi bulguları tablosu

Gruplar	ZP	ZPB	ZCB	ZCP	ZCPB
ZB	0,000*	0,005*	0,000*	0,000*	0,000*
ZP		0,000*	0,000*	0,632	0,000*
ZPB			0,960	0,000*	0,000*
ZCB				0,000*	0,000*
ZCP					0,000*

* İstatistiksel olarak anlamlı farklılığı göstermektedir (p<0,05).

Zirkonyum oksit örneklerine ait tüm gruplarının ortalama makaslama bağlanma dayanımı değerleri arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılık gözlenmiştir ($p<0,001$).

En düşük ortalama makaslama bağlanma dayanımı değerleri bağlayıcı ajan uygulanmamış ancak yüzey işlemi olarak son aşamada plazma uygulanmış ZP ve ZCP gruplarında görüldü. Bu iki grup kendi aralarında benzer ($p=0.632$) diğer gruplardan ise belirgin olarak daha düşük bağlanma dayanımı sergiledi ($p<0.001$).

Yüzeye son işlem olarak bağlayıcı ajan uygulanan ZB grubunun ortalama makaslama bağlanma dayanım değeri, diğer bağlayıcı ajan uygulanan gruplara kıyasla istatistiksel olarak en düşüktü ($p<0,001$).

Bağlayıcı ajandan önce yüzeye soğuk plazmanın uygulandığı ZPB grubunun ortalama makaslama bağlanma dayanımı, ZB grubunun ortalamasından istatistiksel olarak yüksek ($p=0,005$), bağlayıcı ajandan önce tribokimyasal silika kaplama yapılan ZCB ile benzerdir ($p=0,960$). Bütün işlemlerin bir arada uygulandığı ZCPB grubunun ortalama makaslama bağlanma dayanım değerinden istatistiksel olarak düşüktür ($p<0,001$).

Tribokimyasal silika kaplama, soğuk plazma ve bağlayıcı ajanın birlikte uygulandığı ZCPB grubu ise diğer tüm gruplarla kıyaslandığında istatistiksel olarak en yüksek makaslama bağlanma dayanım değerlerine sahip bulundu ($p<0,001$).

4.3.3. Feldspatik Porselen Örneklerde Makaslama Bağlanma Dayanımı Testi Bulguları

Feldspatik Porselen örneklerine ait makaslama bağlanma dayanım değerlerinin aritmetik ortalama, standart sapma, minimum ve maksimum değerleri Tablo 33’de, tek yönlü varyans analizi tablosu Tablo 34’de, çoklu karşılaştırma testi ise Tablo 35’de verilmiştir.

Tablo 33 Feldspatik Porselen örneklerin makaslama bağlanma dayanımı değerlerinin aritmetik ortalama, standart sapma, minimum ve maksimum değerleri

Grup ismi	n	Ort±Ss*	Min-maks
FP	10	6,64±1,47 ^a	4,61-8,94
FPB	10	10,70±2,63 ^b	6,58-13,57
FAB	10	17,19±3,10 ^c	12,84-22,19
FAP	10	4,23±0,95 ^a	2,43-5,72
FAPB	10	24,44±2,72 ^d	19,60-29,06

n: örneklem boyutu, Ort: Aritmetik ortalama, Ss: Standart sapma

*Farklı üst indis harfler istatistiksel olarak anlamlı farklılığı göstermektedir (p<0,05).

Tablo 34 Feldspatik Porselen örneklere ait tek yönlü varyans analizi tablosu

Kaynak	df	Kareler Toplamı	Ortalamaların Karesi	F	p
Gruplar arası	2704,590	4	676,148	125,190	<0,001
Grup içi	243,043	45	5,401		
Toplam	2947,634	49			

df: Serbestlik derecesi, p: istatistiksel anlamlılık düzeyi

Tablo 35 Feldspatik Porselen alaşım örneklere ait Tukey çoklu karşılaştırma testi bulguları tablosu

Gruplar	FPB	FAB	FAP	FAPB
FP	0,003*	0,000*	0,159	0,000*
FPB		0,000*	0,000*	0,000*
FAB			0,000*	0,000*
FAP				0,000*

* İstatistiksel olarak anlamlı farklılığı göstermektedir (p<0,05).

Feldspatik porselen örneklere ait tüm gruplarının ortalama makaslama bağlanma dayanımı değerleri arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılık gözlenmiştir (p<0,001).

En düşük ortalama makaslama bağlanma dayanımı değerleri bağlayıcı ajan uygulanmamış, ancak yüzey işlemi olarak son aşamada plazma uygulanmış FP ve FAP

gruplarında görüldü. Bu iki grup kendi aralarında benzer ($p=0.159$) diğer gruplardan ise belirgin olarak daha düşük bağlanma dayanımı sergiledi ($p<0.001$).

Hidroflorik asitin ara işlem olarak uygulandığı FAB grubunun ortalama makaslama bağlanma dayanım değeri, HF asit aşaması yerine soğuk plazmanın ara işlem olarak uygulandığı FPB grubundan istatistiksel olarak yüksek ($p=0,001$), bütün işlemlerin bir arada uygulandığı FAPB grubunun ortalama makaslama bağlanma dayanım değerinden ise belirgin olarak düşüktü ($p<0,001$).

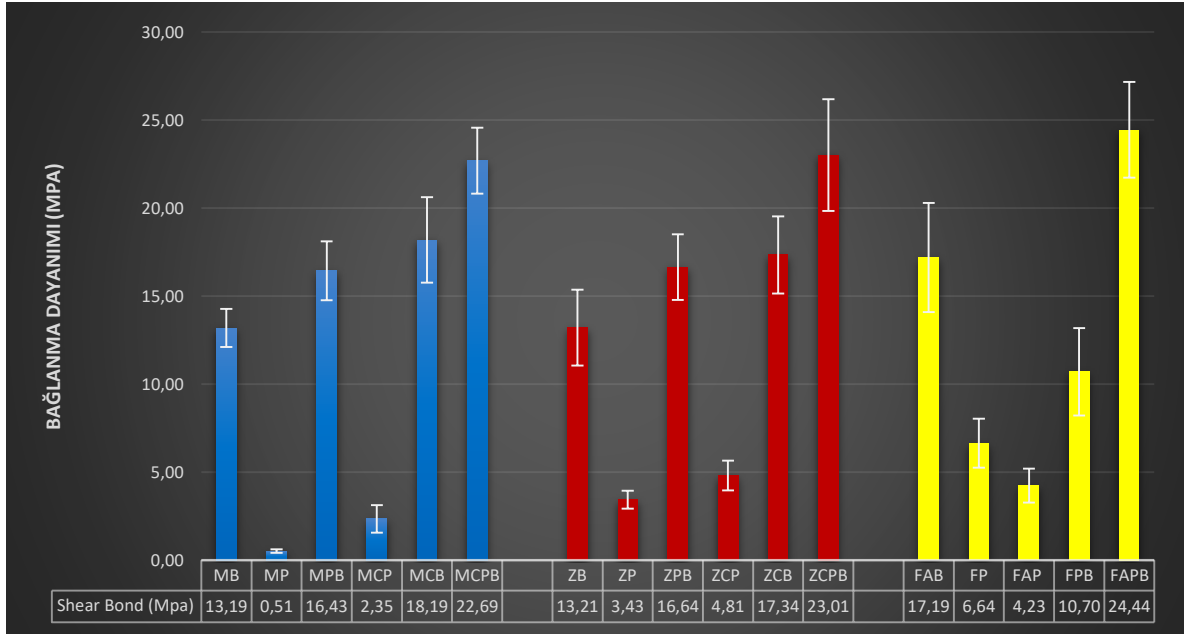
Yüzey işlemi olarak HF asit uygulanmayan gruplardan (FP, FPB) elde edilen makaslama bağlanma dayanımı değerleri, asit uygulanan gruplara (FAB, FAPB) kıyasla istatistiksel olarak anlamlı derecede düşük bulundu ($p<0,001$).

Yüzey işlemi olarak HF asit, soğuk plazma ve bağlayıcı ajanın kombine kullanıldığı FAPB grubu ise diğer tüm gruplarla kıyaslandığında istatistiksel olarak en yüksek makaslama bağlanma dayanım değerlerine sahip bulundu ($p<0,001$).

4.3.4. Soğuk Plazma Uygulamasının Bağlanma Dayanımı Üzerine Etkisi

Tüm materyal gruplarına ait ortalama makaslama bağlanma değerlerindeki değişim Şekil 9'da grafiksel olarak gösterilmiştir. Burada da gösterildiği üzere çalışmamızda kullanılan üç farklı yapıdaki materyal grubunda (Cr-Co kıymetsiz metal alaşım, zirkonyum oksit ve feldspatik porselen), soğuk plazma uygulanmasının makaslama bağlanma değerlerinde istatistiksel olarak ileri derecede anlamlı bir değişime neden olduğu gözlemlendi ($p<0,001$). Bütün gruplar içinde en düşük ortalama makaslama bağlanma dayanımı değerlerine, yüzeye sadece soğuk plazma uygulanan gruplarda (MP, ZP, FP) ve son aşama olarak soğuk plazma uygulanan gruplarda (MCP, ZCP, FAP) rastlandı. Ancak yüzeye soğuk plazma uygulaması sonrası bağlayıcı ajan uygulanan grupların (MPB, ZPB ve FAPB) ortalama makaslama bağlanma dayanım değerleri, soğuk plazma uygulanmayan ancak klinik pratikte yaygın kullanımı olan gruplara (MB, ZB, FAB) göre daha yüksek bulundu. Ayrıca tribokimyasal kaplama sonrası plazma uygulaması da (MCPB ve ZCPB grupları), tribokimyasal kaplama uygulanıp plazma uygulanmayan gruplara (MCB ve ZCB) nazaran bağlanma dayanımında belirgin artışlara neden oldu. Özetle bütün gruplar için

soğuk plazma uygulaması sonrası bağlayıcı ajan uygulanması makaslama bağlanma değerlerine pozitif katkı sağladı.



Şekil 9 Tüm materyal gruplarına ait ortalama makaslama bağlanma değerlerindeki değişim grafiği

5.3.5 Çalışmada Kullanılan Bütün Grupların Ortalama Makaslama Bağlanma Dayanım Testi Değerlerinin Karşılaştırılması

Makaslama bağlanma dayanımı bulgularında hem materyale hem de yüzey işlemine bağlı iki faktörlü değişimin incelenmesi için iki yönlü varyans analizi uygulandı. İki yönlü varyans analizi sonuçları Tablo 36’da, post-hoc Tukey Karşılaştırma Testi Sonuçları ise Tablo 37’de gösterilmiştir. İki yönlü varyans analizi hem materyal hem de yüzey işlemi bazında hem de bunların etkileşimi yönünde bağlanma dayanımı değişiminde anlamlı farklılıklar olduğunu göstermektedir ($p<0,001$).

Tablo 36 Tüm gruplarda makaslama bağlanma dayanımı değişimine ait iki yönlü varyans analizi tablosu

KAYNAK	Type III Kareler Toplamı	df	Ortalamaları n Karesi	F	Sig.
Düzeltilmiş Model	9592,055 ^a	16	599,503	152,230	<0,001
İntercept	27832,783	1	27832,783	7067,487	<0,001
Materyal	9149,222	8	1143,653	290,404	<0,001
Yüzey işlemi	27,705	2	13,852	3,517	0,032
Materyal * Yüzey işlemi	419,489	6	69,915	17,753	<0,001
Hata	602,536	153	3,938		
Toplam	37319,097	170			
Düzeltilmiş Toplam	10194,591	169			

a. R Squared = ,991 (Adjusted R Squared = ,990)

Bütün materyal ve yüzey işlemleri içinde en düşük makaslama bağlanma dayanım değerine MP grubunda rastlandı. Bu grubun ortalama makaslama bağlanma dayanım değeri ZP ile kıyaslandığında benzer ($p=0,097$), FP ile kıyaslandığında ise düşüktü ($p<0,001$).

Plazmanın diğer yüzey şartlandırma işlemleri ile kombine kullanıldığı ancak kompozit rezin ilavesinden önceki son basamak olarak uygulandığı durumlar (MCP, ZCP ve FAP) materyalin cinsinden bağımsız olarak birbirine benzer bağlanma dayanımı değerleri sergilediler ($p=0,314$). Bu gruplar her üç materyal grubu için de en düşük bağlanma dayanımı değerleri sergileyen gruplardı.

Yüzeye soğuk plazma ve sonrasında bağlayıcı ajanın uygulandığı gruplar arasında; MPB ve ZPB gruplarının ortalama makaslama bağlanma dayanım değerleri birbiriyle benzer, ancak FPB grubundan daha yüksek bulundu. Hem metal hem de zirkonyum materyalinde bağlayıcı ajan öncesi uygulanan tribokimyasal silika kaplama işlemi ile (MCB ve ZCB grupları), bağlayıcı ajan öncesi uygulanan soğuk plazma işleminin (MPB ve ZPB grupları) bağlanma dayanımı açısından benzer etkiler yarattığı görüldü ($p=0,898$).

En yüksek makaslama bağlanma dayanımı değerleri materyalden bağımsız olarak, bütün yüzey işlemlerin bir arada uygulandığı gruplarda (MCPB, ZCPB, FAPB)

elde edildi ve birbirleri ile kıyaslandığında ise istatistiksel olarak benzer bulundu ($p=0,819$).

Tablo 37 Tüm Grupların Ortalama Makaslama Bağlanma Dayanım Değerlerinin Tukey Karşılaştırma Testi Sonuçları

Gruplar	a*	b	c	d	e	f
MP	0,5148					
MCP	2,3482	2,3482				
ZP	3,4306	3,4306				
FAP		4,2340	4,2340			
ZCP		4,8159	4,8159			
FP			6,6401			
FPB				10,7013		
MB				13,1020		
ZB				13,2096		
MPB					16,4270	
ZPB					16,6000	
FAB					17,1888	
ZCB					17,3425	
MCB					18,0980	
MCPB						22,6277
ZCPB						23,0110
FABP						24,4447
Sig.	,097	,314	,358	,287	,898	,819

*İstatistiksel olarak benzer gruplar aynı sütunda yer almakta ve aynı harfle kodlanmaktadır.

4.4. Kırılma Tiplerinin Değerlendirilmesi

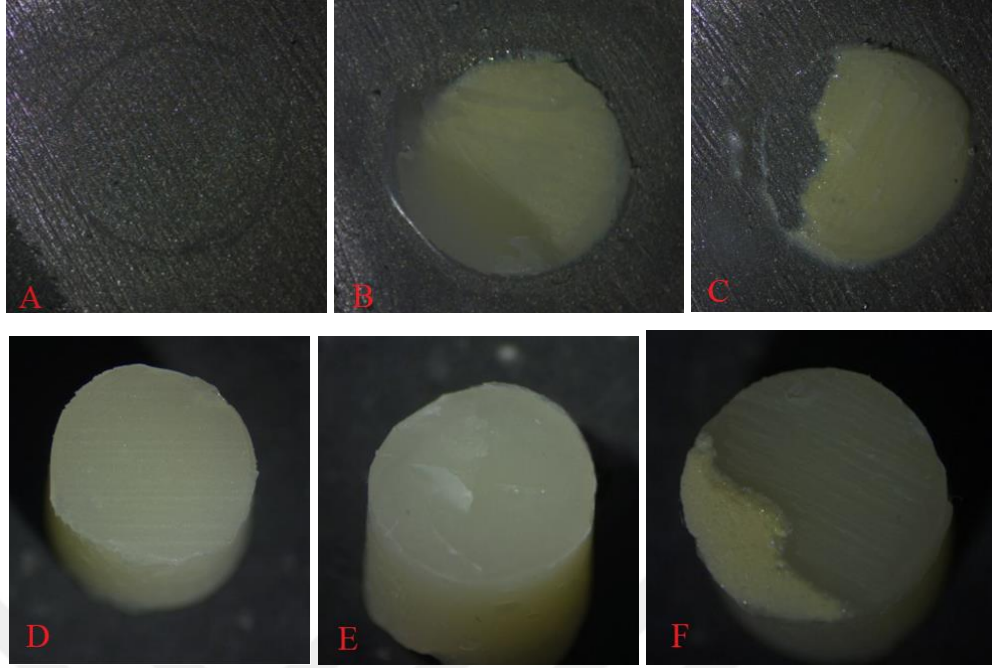
4.4.1. Cr-Co Kıymetsiz Metal Alaşım Örneklerin Kırılma Tipleri

Cr-Co Kıymetsiz metal alaşım örneklerin makaslama bağlanma dayanımı testi sonrası kırılma tiplerinin yüzdeleri Tablo 388’de verilmiştir.

Tablo 38 Cr-Co Kıymetsiz metal alaşım örneklerin kopma tipleri yüzdeleri

Gruplar	Adesiv	Kohesiv	Miks
MP	100	-	-
MB	20	-	80
MPB	-	40	60
MCB	10	60	30
MCP	100	-	-
MCPB	-	100	-

Yüzey işlemlerine göre kırılma tipleri değeriendirildiğinde, en düşük ortalama makaslama bağlanma dayanım değeriilerine sahip olan MP ve MCP gruplarında sadece adeziv kırık görüldü. Örnek yüzeyine son işlem olarak bağlayıcı ajan uygulanan tüm gruplarda miks ve kohesiv kırılma insidansında artış görüldü. Ara işlem olarak soğuk plazma uygulanan MPB grubunda hiç adeziv kırık görülmeydi. MB grubunda MCB grubuna kıyasla daha fazla adeziv kırık görüldü. En yüksek kohesiv kırık oranı MCPB (%100) grubunda görüldü. Kohesiv kırıkların hepsi kompozit tamir materyali içinde gerçekteşti. Kırılan kompozit materyalinin yüzeyi incelendiğinde yüzeyde metal alaşım kalıntılarına rastlanmadı. Metal alaşım örneklerin adeziv, koheziv ve miks kırıklarının, örnek ve kompozit tamir materyali yüzeyindeki stereomikroskop görüntüleri Resim 28’da gösterilmiştir.



Resim 28 Metal alaşım örneklere ait stereomikroskop görüntüleri

- A. Metal alaşım örneklerde görülen adeziv kırık
- B. Metal alaşım örneklerde görülen koheziv kırık
- C. Metal alaşım örneklerde görülen miks kırık
- D. Adeziv kırık görülen kompozit yüzeyi
- E. Koheziv kırık görülen kompozit yüzeyi
- F. Miks kırık görülen kompozit yüzeyi

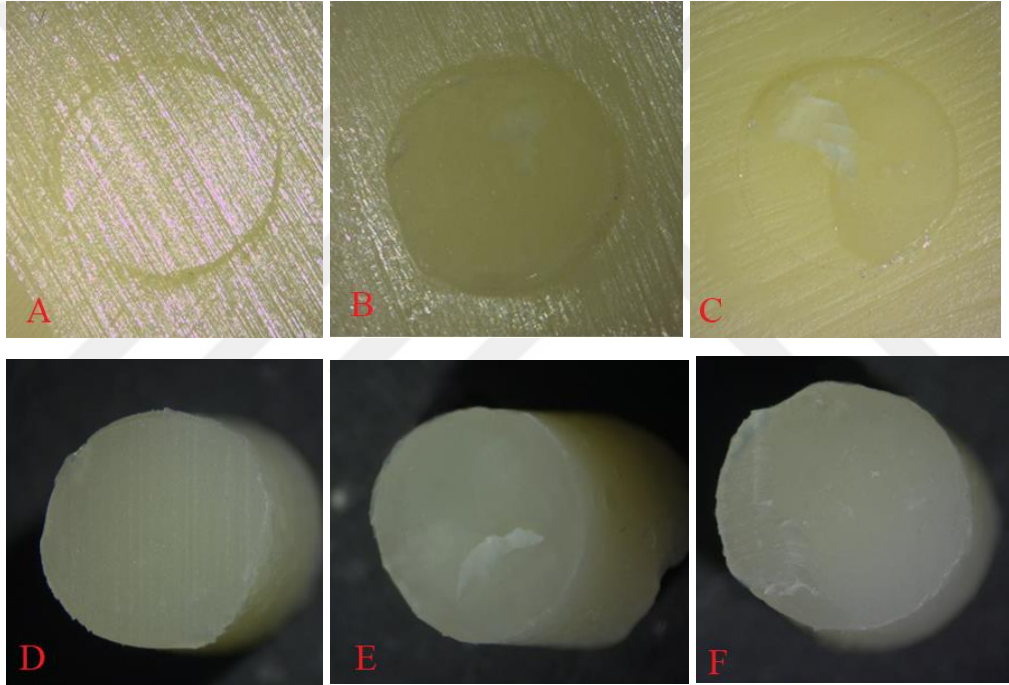
4.4.2. Zirkonyum Oksit rneklerin Kırılma Tipleri

Zirkonyum oksit örneklere makaslama bağlanma dayanımı testi sonrası kırılma tiplerinin yüzdeleri Tablo 39’da verilmiştir.

Tablo 39 Zirkonyum oksit örneklere kırılma tipleri yüzdeleri

Gruplar	Adesiv	Kohesiv	Miks
ZP	100	-	-
ZB	60	-	40
ZPB	20	10	70
ZCB	10	30	60
ZCP	100	-	-
ZCPB	-	60	40

Yüzey işlemlerine göre kırılma tipleri değerlendirildiğinde, en düşük ortalama makaslama bağlanma dayanım değerlerine sahip olan ZP ve ZCP grubunda sadece adeziv kırık görüldü. Örnek yüzeyine son işlem olarak bağlayıcı ajan uygulanan tüm gruplarda kohesiv kırılma insidansında artış görüldü. ZB grubunda ZCB grubuna kıyasla daha fazla adeziv kırık görüldü. En yüksek kohesiv kırık oranı ZCPB grubunda görüldü. ZCPB grubunda adeziv kırık görülmedi. Kohesiv kırıkların hepsi kompozit tamir materyali içinde gerçekleşti. Kırılan kompozit materyalinin yüzeyi incelendiğinde yüzeyde zirkonyum oksit kalıntılara rastlanmadı. Zirkonyum oksit örneklerin adeziv, koheziv ve miks kırıklarının, örnek ve kompozit tamir materyali yüzeyindeki stereomikroskop görüntüleri Resim 29’da gösterilmiştir.



Resim 29 Zirkonyum oksit örneklere ait stereomikroskop görüntüleri

- A. Zirkonyum oksit örneklerde görülen adeziv kırık
- B. Zirkonyum oksit örneklerde görülen koheziv kırık
- C. Zirkonyum oksit örneklerde görülen miks kırık
- D. Adeziv kırık görülen kompozit yüzeyi
- E. Koheziv kırık görülen kompozit yüzeyi
- F. Miks kırık görülen kompozit yüzeyi

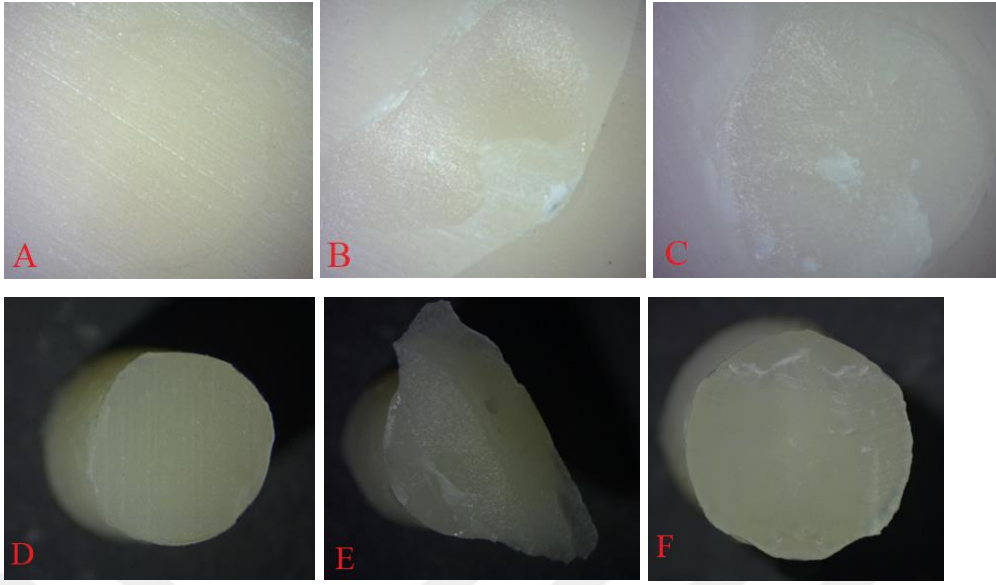
4.4.3. Feldspatik Porselen Örneklerin Kırılma Tipleri

Feldspatik porselen örneklerin makaslama bağlanma dayanımı testi sonrası kırılma tiplerinin yüzdeleri Tablo 40’da verilmiştir.

Tablo 40 Feldspatik porselen örneklerin kırılma tipleri yüzdeleri

Gruplar	Adesiv	Miks	Kohesiv (örnek içi)	Kohesiv (Tamir materyali içi)
FAB	-	10	70	20
FP	100	-	-	-
FPB	70	20	10	-
FAP	100	-	-	-
FAPB	-	-	100	-

Yüzey işlemlerine göre kırılma tipleri değerlendirildiğinde, en düşük ortalama makaslama bağlanma dayanımı değerlerine sahip olan FP ve FAP grubunda (%100) sadece adeziv kırık görüldü. Örnek yüzeyine son işlem olarak bağlayıcı ajan uygulanan tüm gruplarda kohesiv kırılma insidansında artış görüldü. Bağlayıcı ajandan önce asit uygulaması (FAB), plazma uygulamasına (FPB) kıyasla daha yüksek kohesiv kırılma sergiledi. En yüksek kohesiv kırık oranı FAPB (%100) grubunda görüldü. Kohesiv kırıkların büyük çoğunluğu porselen içerisinde gerçekleşti. Bütün gruplar arasında tamir materyali içerisinde gerçekleşen kohesiv kırık sadece FAB grubunda (%20) görüldü. Feldspatik porselen örneklerin adeziv, koheziv ve miks kırıklarının, örnek ve kompozit tamir materyali yüzeyindeki stereomikroskop görüntüleri Resim 30’da gösterilmiştir.

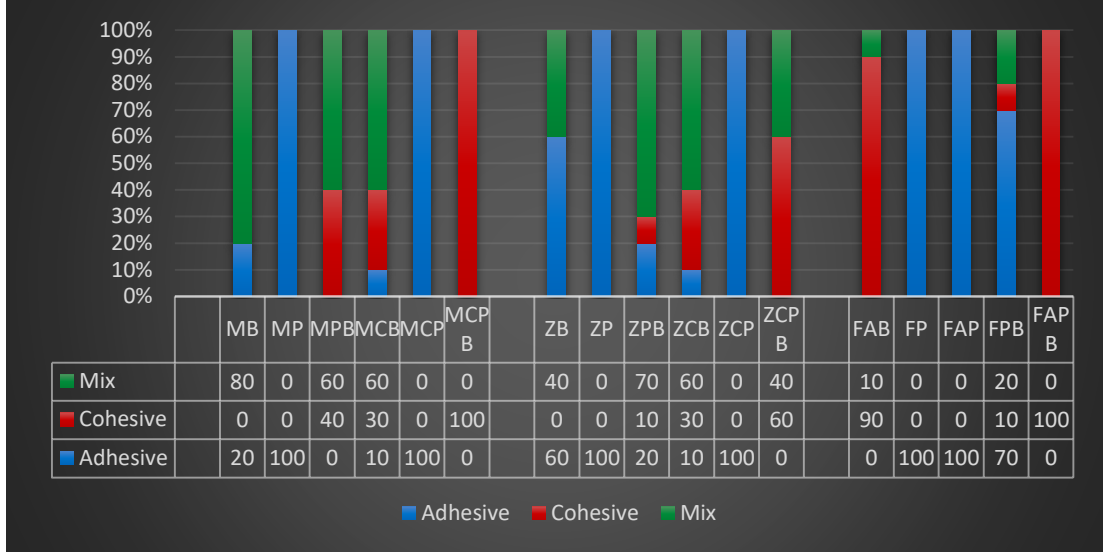


Resim 30 Feldspatik örneklerin stereomikroskopik görüntüleri

- A. Feldspatik örneklerde görülen adeziv kırık
- B. Feldspatik örneklerde görülen koheziv kırık
- C. Feldspatik örneklerde görülen miks kırık
- D. Adeziv kırık görülen kompozit yüzeyi
- E. Koheziv kırık görülen kompozit yüzeyi
- F. Miks kırık görülen kompozit yüzeyi

4.4.4. Soğuk Plazmanın Kırılma Tiplerine Etkisi

Tüm materyal gruplarına ait kırılma oranlarındaki değişim Şekil 10'da grafiksel olarak gösterilmiştir. Burada da gösterildiği üzere çalışmamızda kullanılan üç farklı yapıdaki materyal grubunda (Cr-Co kıymetsiz metal alaşım, zirkonyum oksit ve feldspatik porselen) soğuk plazma uygulanması tek başına yüzey işlemi olarak uygulandığında yeterli bağlantı sağlanamadı ve tüm materyal gruplarında (MP, ZP, FP) adeziv tip kırık (%100) görüldü. Ayrıca soğuk plazma diğer yüzey işlemleri ile kombine olsa bile son işlem olarak uygulandığında (MCP, ZCP, FAP) yeterli bağlanma dayanımı sağlayamadı ve bu gruplarda da %100 adeziv tip kırık görüldü. Buna karşın soğuk plazma uygulaması tüm materyallerde bağlayıcı ajandan önce uygulandığında kohesiv ve miks kırık insidansında artış gözlemlendi. En başarılı sonuçlar bütün işlem basamaklarının bir arada uygulandığı MCPB, ZCPB ve FAPB gruplarında gözlemlendi.



Şekil 10 Tüm materyal gruplarına ait kırık tiplerinin değişim grafiği (%)

5. TARTIŞMA

Bu tez çalışmasında; ağız içi soğuk plazma uygulamasının, diş hekimliği pratiğinde yaygın kullanılan sabit protetik materyallerin (kıymetsiz metal alt yapı, zirkonyum oksit alt yapı ve feldspatik porselen üst yapı seramiği) yüzeyi ve tamir materyali ile arasındaki bağlanma dayanımlarına olan etkisi incelenmiştir.

Dental seramikler cam matriks içerisinde kristalin minerallerinden oluşur.^{63, 64} Yani yapısı esas olarak camdır ve kırılma direncinden yoksundur.^{38, 64} Hem metal alt yapı porselenler hem de tam seramik sistemlerde lokal kırık oluşumu en sık gözlenen başarısızlıklardan biridir.⁷¹ Wang ve ark.¹⁸¹ 5 yıl takipli klinik çalışmalarında seramik restorasyonlarda kırık oranını %4.4 olarak bildirmişlerdir. Klinikte kırık durumu ile karşı karşıya kalındığında, restorasyonun yenilenmesi ya da tamir edilmesi arasında bir seçim yapılmalıdır. Mevcut restorasyonun yenilenmesi, pratik olmayan ve maliyetli bir yöntem olmasının yanı sıra diş üzerinde oluşturabileceği travma riskinden dolayı çeşitli dezavantajlara sahiptir. Hâlbuki ağız içi tamir süreciyle gereken zaman ve maliyet en aza indirgenerek, restorasyon eski görünümüne ve fonksiyonuna kavuşabilmektedir. Tamir işleminin klinik başarısı, restorasyon ve tamir materyali arasında oluşan bağlanma gücünün korunmasına bağlıdır. Bu bağın gücünün arttırılmasına yönelik literatürde frezle pürüzlendirme, kumlama, tribokimyasal kaplama, asit uygulama, kimyasal bağlayıcı ajanların uygulanması gibi birçok yüzey işlemi uygulanmıştır.^{4, 10, 103, 182, 183} Ancak bu işlemler ile elde edilen bağlantının yeterliliği halen tartışmalıdır ve geliştirilmesi gerekmektedir.

Günümüzde tıp, biyomedikal ve diş hekimliği alanlarında soğuk plazma uygulamalarının kullanımı yaygınlaşmaktadır.^{139, 145, 184} Uygulandıkları yüzeyin yüzey enerjisini ve hidrofilitesini artırmaları ve bu sayede adezyona katkıda bulunmaları soğuk plazmanın diş hekimliğinde çeşitli alanlarda kullanılmasına olanak sağlamıştır.^{185, 186} Yapılan bazı çalışmalar soğuk plazmanın yüzey enerjisini değiştirdiği ve adezyon için aktif alanlar oluşturduğunu göstermektedir.^{11, 12} Son yıllarda seramikler ile rezin materyaller arasındaki bağlanma dayanımını artırabileceği düşünülen soğuk plazma uygulamasının alternatif bir yüzey işlemi olabileceği belirtilmektedir.¹⁰ Derand ve ark.¹⁴⁴'nın yaptığı çalışmada seramik yüzeylere soğuk plazma uygulaması ile yüzeyde oksijen artışına bağlı olarak karboksil gruplarının

ortaya çıktığı ve bu sayede hidrofilitenin arttığı gösterilmiştir. Çökeliler ve ark.¹⁸ plazma aşındırma yöntemi ile feldspatik porselenlerin rezin bağlantısının ve seramiğin yüzey enerjisinin arttığını bildirmişlerdir. Şeker ve ark.¹⁴⁵ 'nın plazma polimer kaplamasının porselen ve rezin materyaller arasındaki bağlanma etkisini araştırdığı çalışmada, HF ve takiben bağlayıcı ajan uygulanan gruba kıyasla daha düşük değer bulunsa da, plazmanın adezyonu arttırabileceği belirtilmiştir. Bu bilgiler ışığında seramiklerin tamirinde de benzer şekilde bağlanma dayanımlarına katkıda bulunabilecek alternatif ya da diğer uygulanan yüzey işlemlerine pozitif katkıda bulunabilecek bir yöntem olarak soğuk plazma umut vaat etmektedir. Bu sebeple, çalışmamızda bu bağlanma gücüne pozitif katkıda bulunacağını düşündüğümüz soğuk plazmanın; klinik hayatta sıklıkla tercih ettiğimiz metal alt yapılı seramik, zirkonya alt yapılı seramik ve feldspatik seramiğin tamirine olan etkilerinin incelenmesi amaçlanmıştır.

Sabit protetik tedavilerde metal alt yapılı seramik sistemleri uzun yıllardır kullanılmaktadır.¹⁸⁷ Bu restorasyonlar tam seramik sistemler ve fiberle güçlendirilmiş kompozit restorasyonlarla kıyaslandığında ağız ortamında daha uzun süre fonksiyon görebilmektedirler. Metal destekli seramik restorasyonlarla genellikle yeterli estetik ve fonksiyonel sonuçlar elde edilebilmesine karşın porselen kırıkları gibi başarısızlıklar oluşabilmektedir.⁸² Porselen işlenmesi ve fırınlama aşamasındaki laboratuvar hataları, porselenin pöröz yapısı, fonksiyon sırasında oluşan çatışmalar ve oklüzal travmalar gibi nedenlerle kırılma veya kopma gösterebilirler. Bu komplikasyonlar kor materyali kırılması gibi teknik komplikasyonlardan daha fazla görülmektedir.¹⁸⁸ Heintze ve ark.¹⁸⁸ 'nın yaptıkları sistematik derlemede; 3 senelik bir periyotta kırık insidansını; metal alt yapılı restorasyonda %34 ve zirkonya alt yapılı restorasyonda ise %54 olarak bulmuşlardır. Yine aynı derlemede kor materyali kırık insidansları olarak zirkonya grubunda %1'den az ve metal alt yapılarda ise %0 olarak bulmuşlardır. Sailer ve ark.¹⁸⁹ yaptıkları derlemede ise, 5 yıl takipli vakalarda; sekonder çürük oluşumu, marjinal renklenme, vitalite kaybı, destek diş kırığı, periodontal problemler gibi biyolojik komplikasyonlarında dahil edildiği durumda tüm komplikasyonlar içinde kırığın %13,6 oranla marjinal renklenmelerden sonra en fazla görülen komplikasyon olduğunu belirtmişlerdir. Aslam ve ark.¹⁹⁰ 'nın yaptıkları sistematik derlemeye göre metal seramik restorasyonlarda en sık rastlanan

komplikasyon porselen kırıklarıdır. Bununla birlikte meydana gelen kırıkların %65'i anterior bölgede, bunun da %75'i maksilla anterior dişlerin labial yüzeyinde görülmektedir.³⁶ Diş hekimliği kliniğinde halen anterior bölgelerde bile sıklıkla kullanılan metal seramik restorasyonlarda kırıkla karşılaşmak neredeyse kaçınılmazdır. Metal seramik restorasyonlarda oluşan kırıkların tamir sonrası başarısını inceleyen Özcan ve ark.¹⁹¹ 'nın çalışmasında, tamir işlemi ile ilgili olarak ilk hafta ile ilk 3 ay arasında en fazla başarısızlık olduğu gözlemlenmiştir. Bu durum yetersiz metal rezin materyal arası bağlantıdan kaynaklanmaktadır. Bu nedenle bu tür erken dönem başarısızlıkların önlenmesi için metal alaşım yüzeyindeki tamirin iyileştirilmesine ihtiyaç duyulmaktadır. Metal alaşım ve rezin ara yüzünde oluşan bağlantıyı kuvvetlendirmek amacıyla yüzey temas açısını azaltan ve böylece hidrofiliteyi artıran soğuk plazma uygulaması tamir başarısını artırabilir. Bu sebeple soğuk plazmanın metal seramik restorasyonların tamirindeki etkinliğini araştırma amaçlı olarak, diş hekimliğinde en yaygın kullanılan kıymetsiz metal alaşımı olan Cr-Co metal alaşımı çalışmamıza dahil edilmiştir.

Seramiklerin kırılma yapılarının önüne geçebilmek için alt yapı malzemesi olarak kullanılan metal desteğin mekanik ve biyolojik özelliklerinden kaynaklanan dezavantajlarını gidermek amacıyla, yüksek dirençli seramik altyapılar günümüzde uygulanmaya başlanmıştır.¹⁹² Polikristalin yapısından kaynaklanan dayanıklılığı, CAD/CAM teknolojisi kullanılarak istenilen şekilde işlenebilmesi, 900-1200 MPa arasında değişen esneme direnci, dönüşüm sertleşmesi ile çatlakların ilerlemesini önleyebilmesi gibi özellikleri ile altyapı materyali olarak sıklıkla zirkonyum oksit seramikler kullanılmaktadır.¹⁹³ Zirkonya esaslı polikristalin grubu seramiklerin diğer tam seramiklere kıyasla çiğneme kuvvetlerine karşı yüksek dayanıklılık gösterdiği birçok çalışmada gösterilmiştir.^{119, 194} Zirkonyum oksit seramiklerin bu üstün özelliklerinin yanında zirkonya alt yapı üzerine işlenen feldspatik porselenin; fiziksel ve mekanik özellikleri, zirkonya seramiğe olan bağlanma kuvveti restorasyonun klinik başarısında önemlidir. Literatürdeki birçok çalışma zirkonya alt yapı seramiklerdeki başarısızlığın en önemli sebebinin zirkonya ve porselen arasındaki bağlantı yetersizliğinden kaynaklandığını belirtmektedir.^{58, 59, 195-197} Sailer ve ark.¹⁹⁶ zirkonya alt yapı seramiklerin 3 yıllık takibi sonrası restorasyonda meydana gelen kırık oranını %13 olarak belirtirken, Raigrodski ve ark.⁵⁹ 31 aylık periyotta bu kırık oranını %25

gibi yüksek bir oran olarak bildirmişlerdir. Literatürdeki birçok çalışma; zirkonya alt yapılı porselen restorasyonlardaki delaminasyon oranlarının tam seramik ve metal destekli porselen restorasyonlarla kıyaslandığında daha fazla olduğunu belirtmektedirler.^{87, 198} Uzun süreli klinik çalışmalar, zirkonya seramiklerde en sık rastlanan başarısızlığın üst yapı porseleninin zirkonya yüzeyinden ayrılması olduğunu göstermiştir.⁶³ Diğer bir komplikasyon olan kırıkla ilgili olarak ise; Jung ve ark.¹⁹⁹ zirkonya alt yapılı porselen restorasyonlardaki kırık oranının metal destekli porselen restorasyonlara göre 10 yıllık periyotta %4 daha fazla olduğunu bildirmişlerdir. Zirkonya ile porselen arasındaki bağlantının mekanizması da tam olarak açıklanmamıştır. Zirkonya yüzeyine bağlantının artırılmasına yönelik olarak literatürde birçok yüzey işlemi tek ya da kombine olarak uygulanmış olmasına karşın zirkonya yüzeyine bağlantı halen bir sorun olarak klinik hayatta karşımıza çıkmaktadır. Bu soruna bir çözüm olacağına inandığımız soğuk plazmanın, zirkonya seramiklerinin tamiri üzerindeki etkinliğini araştırmak üzere zirkonyum oksit seramikler çalışmamıza dahil edilmiştir.

Feldspatik porselenler hem metal ya da zirkonya alt yapılı malzemeler üzerinde hem de gelişen CAD/CAM teknolojisi ile endüstriyel olarak üretilen bloklardan elde edilen monoblok restorasyonlar olarak kullanılmaktadır. Yaklaşık 150 Mpa kırılma direnci ile tek üyeli protetik restorasyonların yapımında kullanılabilir.²⁰⁰ Bu sebeple çiğneme kuvvetinin daha fazla olduğu posterior bölgelerde köprü yapımında kullanımlarında daha kuvvetli kırılma dayanımları gösteren metal veya zirkonya esaslı malzemeler ile desteklenmeleri gereklidir. Kırılgan yapısı yanında hala günümüzde sıklıkla üst yapı malzemesi olarak tercih edilen feldspatik porselenler, genellikle ağız içi kırıklarda tamir edilmesi gereken kısmı oluşturmaktadır.^{201, 202} Bu sebeple hem üst yapı malzemesi olarak kullanılan hem de monoblok restorasyon olarak kullanılan feldspatik porselenler, soğuk plazmanın tamir materyali ile bağlantı kuvvetindeki etkinliğini incelemek üzere çalışmamıza dahil edilmiştir.

Literatürde metal ve zirkonya alt yapılı porselen restorasyonların başarısızlık oranları hakkında farklı oranlar belirtilmesine karşın ortak olan nokta; seramik restorasyonlarda meydana gelebilecek kırık ve/veya delaminasyon ihtimalidir.^{188, 186} Porselenlerdeki kırık her zaman restorasyonun başarısızlığı anlamına gelmemektedir. Arka bölgelerde meydana gelebilecek porselenin kohesiv kırılmalarında fonksiyon

kaybı yoksa basit bir polisaj işlemi ile restorasyon uzun yıllar daha hizmet verebilirken, ön bölgede meydana gelebilecek bir kırık estetik sebepler dolayısıyla hemen tedavi edilmesi gerekli bir durumdur.²⁰³ Bu amaçla porselen restorasyonların çıkarılmaya çalışılması destek dişte ve restorasyonun içerisinde çatlak ve kırıklar oluşturabilmekte ve para ve zaman kaybına sebep olabilmektedir.^{85, 86} Restorasyonun çıkarılması sırasında oluşabilecek komplikasyonlar yanında laboratuvarda restorasyona porselen ilavesi sonrası fırınlama sırasında da komplikasyonlarla karşılaşılabilen, bu durumda restorasyonun tamamen değiştirilmesi gerekebilmektedir. Bu süreç çok sayıda prova gerektirebileceğinden ve ekonomik yükü arttıracığından her zaman kabul görmesi zordur. Ayrıca hasta ve hekim arasındaki ilişkiye de zarar verebilmektedir.⁸ Diğer yandan restorasyondaki kırıkların ağız içi tamir edilmesi nispeten uygulamanın kolay olması, zaman ve maliyet gibi avantajlarının yanında, estetik ve fonksiyonun hızlı bir şekilde iadesini de sağlamaktadır.⁸ Kanzow ve ark.^{87, 88} Almanya ve İsveç'te hasta ve hekimlerin ağız içi restorasyon tamiri hakkındaki düşüncelerini araştırdıkları anket çalışmalarında %60'dan fazla katılımcı ağız içi tamiri restorasyonun yenilenmesine tercih edeceklerini bildirmişlerdir.

Sabit protetik restorasyonların ağız içi tamiri birçok hasta ve/veya hekim tarafından yama yapıyormuş gibi algılansa da günümüzde literatürlerle kanıtlanmış bilimsel bir metoddur.^{96, 204, 205} Sabit protetik restorasyonların tamiri; kompozit rezin kullanılarak, kırık parçanın simantasyonu gibi direkt olarak ya da faset uygulaması (laminat), overcasting gibi indirek olarak gerçekleştirilebilmektedir. Ağız içi porselen tamiri uygulamalarında geçmişte araştırmacılar farklı yöntemleri tercih etmişlerdir. Cohen ve ark.²⁰⁶ posterior bölgede metal alt yapının ortaya çıktığı büyük bir kırık vakasında hafif bir preparasyondan sonra metal destekli bir kuron üst yapı yapmıştır(overcasting). Ancak, aşırı konturlu bir restorasyon meydana geldiği için fonksiyon ve estetik olarak sorun oluşmuştur. Burke ve ark.²⁰⁷, tamamen metal alt yapının açığa çıktığı posterior bölgedeki bir vakaya porselen laminat yaparak yapıştırılmıştır. Beş ay sonra yapıştırılan porselen kısımda kırık olduğu rapor edilmiştir. Kullanılan indirekt yöntemlerle ağız içi porselen tamiri, hastaya ve hekime zaman kaybettirdiği gibi istenilen başarılı sonuçlar da alınamamıştır. Buna karşın son dönemlerdeki adeziv materyallerdeki gelişmeler sayesinde porselen tamir kitleri ile

direkt yöntemle tamirin gerçekleştirilmesini öneren literatür çalışmaları çokça mevcuttur.^{9, 190, 203, 208} İlâveten, direkt tamir yöntemleri uygulamanın nispeten daha kolay olması, kısa zaman alması ve maliyetinin düşük olması gibi avantajları da mevcuttur. Literatürdeki çalışmaların ışığında çalışmamızda direkt yöntemle uygulanan porselen tamir kiti kullanılmıştır.

Piyasada birçok farklı tamir sistemi mevcuttur. Deney örneklerimiz metal, zirkonya ve feldspatik porselen olduğundan; bütün bu gruplara uygulanabilecek ajanları içeren tamir setinin kullanılması tercih edilmiştir (Zprime, Porcelain primer, Porcelain bonding resin). Ayrıca literatürdeki birçok çalışma, tam seramiklerin yüzeylerine MDP, 4-META veya PENTA ihtiva eden silan-bond uygulanmasının, tamir materyali ile olan bağlantı direncini arttıracakını gösterdiğinden dolayı çalışmamızda MDP monomerleri içeren tamir seti (BISCO Tamir Seti) tercih edilmiştir.^{94, 183, 209}

Sabit protetik restorasyonlarının kırık tamirinin başarısı, açığa çıkan alan ile tamir materyali arasındaki bağlantı kuvvetiyle ilişkilidir. Bağlantı kuvvetinin artırılması amacıyla çeşitli yüzey işlemleri uygulanmaktadır. Bu amaçla makro ve mikromekanik pürüzlendirme, kimyasal ajan uygulama gibi işlemler yapılmaktadır.

Seramiklerin ağız içi tamirinde yüzeyi pürüzlendirmek amacıyla sıkça tercih edilen elmas frez (30 µm gren kalınlığına sahip) ile pürüzlendirme işlemi birçok çalışmada önerilmektedir.^{9, 210, 211} Frezle pürüzlendirme, yüzeydeki düzensizlikleri gidermesinin yanında biyofilm ve kontaminasyonları uzaklaştırma amacıyla uygulanmaktadır.^{190, 208} Bununla birlikte zirkonya seramiklerin frez ile pürüzlendirilmesinin zirkonya seramiklerde mikroçatlak oluşumuyla beraber faz dönüşümlerini de tetiklediği bilinmektedir.²¹² Kosmac ve ark.²¹³ frezle aşındırma ve kumlama işlemlerini uygulayarak Y-TZP seramiklerin bükülme dayanımı üzerine etkilerini araştırdıkları çalışmalarında, frezle aşındırmanın tetragonal-monoklinik faz dönüşümünü tetikleyebileceğini bildirmişlerdir. Lundberg ve ark.²¹⁴ zirkonya ile üst yapı porseleni arasındaki bağlantı dayanımını araştırdıkları çalışmalarında ise, frezle aşındırmanın sadece yüzey pürüzlülüğünü artırdığını, fakat makaslama bağlanma dayanımına etkisinin olmadığını belirtmişlerdir. Frezle pürüzlendirme işlemi metal seramik restorasyonların tamirinde de makromekanik tutuculuk amacıyla birçok çalışmada önerilmiştir.^{190, 203} Buna karşın feldspatik porselenlerin frezlerle

pürüzlendirilmesi, mikroçatlak oluşumuna ve yayılmasına neden olabilmektedir.^{215, 216} Buna frezin gren büyüklüğü, uygulanan basınç ve seramikteki rezidüel stresler neden olabilmektedir.²¹⁷ Song ve ark.²¹⁸ feldspatik porselende frez gren kalınlığının yüzey hasarına olan etkisini araştırdığı çalışmalarında; kalın grenli frezlerin 6-8 kat daha fazla yüzey hasarı oluşturduğunu ve pürüzlendirme amacıyla ince grenli frezlerin az basınçla uygulanmasını önermişlerdir. Frezle pürüzlendirmenin yapıldığı birçok çalışmada gren kalınlığı olarak 30µm olan fine frezler (kırmızı kuşak) kullanıldığından çalışmamızda da bu tip frezler tercih edilmiştir.^{208, 219, 220}

Seramiklerde yüzey pürüzlendirme işlemi olarak tercih edilen yöntemlerden bir diğeri HF asit uygulamasıdır. Hidroflorik asit, cam faz içeren seramiklerde seramiğin silikat cam matrisini çözerek, lösit kristalleri çevresinde mikro girintiler oluşmasını sağlar. Tamir materyalinin bu girintileri doldurmasıyla etkin bir mikromekanik bağlantı sağlanır.²²¹ Ancak, yapısında cam faz içermeyen polikristalin yapıdaki zirkonya seramiklerde bu yöntem ile yeterince pürüzlendirici etki elde edilememektedir.^{94, 222, 223} Benzer şekilde HF asitin metal yüzeylere de pürüzlendirici etkisi yeterli değildir. Bu nedenle bu çalışmada yüzey pürüzlendirme işlemi olarak HF asit zirkonya seramiklerde ve metal yüzeylerinde kullanılmamış sadece feldspatik porselenlerde kullanılmıştır.

Yüzey özelliklerini değiştirmeye yönelik diğer bir yöntem olan tribokimyasal silika kaplama ile hem yüzey pürüzlendirilmekte hem de silika içeriği artırılmaktadır.^{224, 225} Bu durum metal ve zirkonya yüzeyine bağlanma kuvvetlerinde artış sağlarken silika bazlı asitlenebilen seramik sistemlerinde ise uygunluğu tartışmalıdır.^{94, 224, 225} Özcan ve ark.⁹⁴ tam seramiklere uygulanan yüzey işlemlerinin bağlanma değerlerine etkisini araştırdıkları çalışmada sadece HF uygulanan gruplarla sadece tribokimyasal kaplama yapılan gruplar arasında benzer sonuçlar bulunmuştur. Kern ve ark.²²⁶ kumlama ve tribokimyasal silika kaplama sırasında oluşan hacim kaybının feldspatik grubu tam seramikleri için klinik olarak anlamlı olduğunu ve bu uygulamalardan kaçınılmasını önermektedir. Han ve ark.²¹⁰ 'nın üç farklı ağız içi tamir sistemlerini karşılaştırdığı çalışmalarında zirkonya yüzeyine uygulanan tribokimyasal silika kaplamanın bağlantı kuvvetini arttırdığını belirtmektedirler. Benzer şekilde Özcan ve ark.²⁰⁸ 2018 senesinde literatür taraması sonrası oluşturmuş oldukları metaanalizde ağız içi zirkonya tamirinde tribokimyasal silika kaplama yöntemi

önerilmektedir. Bu bilgiler ışığında çalışmamızda tribokimyasal silika kaplama yöntemine sadece zirkonya ve metal alaşım örnek gruplarında yer verilmiş, felspatik örnek gruplarında yer verilmemiştir.

Metal ve zirkonyum oksit seramik yüzeyinin tribokimyasal silika kaplamasında 30 ve 50µm boyutlarında silika kaplı Al₂O₃ partikülleri kullanılmaktadır. Bazı çalışmalar, kumlama işleminin zirkonya seramiklerde mikroçatlak oluşumunu başlatarak kırılma dayanımını düşürdüğünü ve zirkonya yüzey hasarını azaltmak amacıyla, kumlama basıncı ve partikül büyüklüğünün azaltılmasının etkili olacağını bildirmişlerdir.^{65, 227} Benzer şekilde birçok çalışmada 30µm boyutundaki Al₂O₃ partiküller tercih edilmiştir.^{225, 228-231} Bu bilgiler göz önünde bulundurularak çalışmamızda 30µm boyutundaki silika kaplı Al₂O₃ partikülleri ağız içi kullanıma uygun bir cihaz yardımıyla uygulanmıştır.

Dental seramiklerin bağlanma yüzeyinin kimyasal modifikasyonu amacıyla uygulanan diğer bir yüzey işlemi ise çeşitli yapıdaki bağlayıcı ajanların uygulanmasıdır. Silan bağlayıcı ajanlar ve primerler bu amaçla kullanılmaktadır. Silanlar cam faz içeren seramiklerde, yüzeydeki silika ile reaksiyona girip siloksan ağı oluşturarak bağlanma dayanımını artırırken, silika içermeyen zirkonya seramiklerde aynı etkiyi gösterememektedirler.¹²⁰ Zirkonya seramiklerde silan bağlayıcı ajan uygulaması ile bağlanma değerlerinde elde edilen hafif artış, yüzeyin ıslanabilirliğinin artmasıyla açıklanmıştır.²³² Bir diğer kimyasal ajan olan primerler de tamir materyalleri ile bağlanma dayanımını artıran uygulamalardır ve zirkonyum oksit seramiklerde MDP fosfat monomeri içeren primerlerin kullanımı önerilmektedir.^{9, 10, 208, 223, 233} Yapılan diğer bazı çalışmalar, tam seramiklerin yüzeylerine MDP, 4-META, MAC-10 ihtiva eden silan veya bond uygulanmasının, tamir materyali ile olan bağlantı direncini arttıracığını göstermiştir.^{94, 183, 209} Ek olarak tribokimyasal silika kaplama sonrası da uygulanan MDP içerikli primerlerin bağlantı kuvvetini artıracığına yönelik literatürde birçok çalışma mevcut olduğu görülmüştür.^{225, 228, 234} Bu sonuçlar göz önünde bulundurularak, bu tez çalışmasında MDP içeren primer ve silan kullanılmıştır.

Maddenin dördüncü hali olan plazmanın türünü etkileyen faktörler, ortam basıncı (düşük, atmosferik, yüksek basınçlı), plazmayı oluşturacak gaz (argon,

helyum, oksijen) ve etkileşime giren partiküllerin sıcaklığıdır.¹²⁶ Atmosferik basınç plazma sistemlerinde herhangi bir vakum haznesi veya ekipmana gerek duyulmaz bu sebeple diğer plazma sistemlerine kıyasla daha ekonomiktir. Ayrıca atmosferik basınçta çalıştıklarından argon gazı gibi ekstra kaynaklara da ihtiyaç duymaz. Çalışmamızda kullandığımız soğuk plazma, argon gibi herhangi bir gaza ihtiyaç duymadan ortam havasını kullanarak plazma oluşturur. Bununla birlikte en önemli avantajı ağız içi uygulamalar için geliştirilmiş bir cihazla uygulanabilmesidir. Literatürde soğuk plazma uygulamasının sabit protetik materyaller üzerine etkisini inceleyen çeşitli çalışmalar bulunmakta beraber^{10, 12, 179, 235}, bu çalışmaların laboratuvar ortamında kullanıma uygun büyük boyutlu plazma cihazları ile gerçekleştirilmiş olduğu görülmektedir. Bizim çalışmamızda kullanılan intraoral kullanıma uygun plazma cihazı ise kompakt, kolay taşınabilir ve hali hazırda klinikte doku ve yüzey dezenfeksiyonunda, osteointegrasyonun artırılmasında, gingivitis ve periimplantitis tedavisinde, cerrahi çekim sonrası ağrı ve şişlik kontrolünde, postoperatif iyileşmenin hızlandırılmasında ve kavite dezenfeksiyonunda kullanılabilen bir cihazdır.¹⁷⁶⁻¹⁷⁸ Ancak yaptığımız literatür araştırması sonucunda, intraoral kullanıma uygun olan soğuk plazma cihazının sabit protetik materyallerin tamiri üzerindeki etkinliğini araştıran herhangi bir çalışmaya rastlanamamıştır. Bu anlamda çalışmamız alanında bir ilk olma konumundadır.

Soğuk plazma oluşturma yöntemi, kullanılan gaz tipi, uygulama parametrelerindeki değişiklikler ve uygulanan materyal yüzeyi gibi özelliklerin farklı sonuçlara yol açabildiği bilinmektedir.^{180, 236} Birçok çalışmada plazma uygulama süresinin ve uygulanan materyalin cinsinin sonuçlar üzerinde farklı etkileri olduğu belirtilmektedir.^{12, 237} Bu bilgi göz önüne alınarak çalışmamızda, hangi uygulama süresinin en uygun olduğuna karar verebilmek için ön çalışma olarak 30, 60, 90, 120 ve 150 sn. olmak üzere farklı uygulama süreleri denenmiş ve temas açısı ölçümleri sonucu zirkonyum oksit yüzeyi için optimum sürenin 90 sn., Cr-Co kıymetsiz metal alaşım yüzeyi için 60 sn., feldspatik porselen yüzeyi için 120 sn. olduğuna karar verilerek tüm alt gruplarda eşit süre ile uygulama yapılmıştır.

Çalışmamızda örnek gruplarını belirlerken, klinikte uygulanan ağız içi tamir prosedürleri göz önünde bulunduruldu. Literatürde belirtildiği üzere; metal alaşım ve zirkonyum oksit seramiklerin tamirinde en iyi bağlantı için en sık önerilen örnek

yüzeylerine tribokimyasal silika kaplama ve MDP içerikli bağlayıcı ajanın uygulanması sonucu elde edilmektedir.^{9, 190, 224, 231} Ancak klinikte tribokimyasal silika kaplama cihazlarının yaygın bulunmaması sebebiyle, klinik pratikte sıklıkla zirkonya ve metal yüzeylerinde sadece MDP içerikli bağlayıcı ajan ara işlemi uygulanarak tamir gerçekleştirilmektedir. Bizim çalışmamızda her iki durum da göz önüne alınarak zirkonya ve metal alaşım gruplarında klinik durumu yansıtan gruplar (MB, ZB, MCB, ZCB) oluşturulmuştur ve kontrol grubu amaçlı kullanılmıştır. Ancak hem klinik pratiğinde hem de literatür tavsiyesine göre^{9, 190} asitsiz bir porselen tamiri uygulanmadığından feldspatik porselen gruplarında FB grubu oluşturulmamıştır. Yine feldspatik porselen tamirinde; birçok çalışma tribokimyasal silika kaplamaya gerek olmadığını, silika içeriğinden dolayı HF asit ile asitlemenin yeterli olduğunu savunmaktadır.^{94, 226} Bu nedenle çalışmamızdaki feldspatik porselen gruplarında klinik kullanımı yaygın olan FAB grubu kontrol grubu olarak kullanılmıştır.

Metal alaşım ve zirkonyum oksit altyapı yüzeylerine yapılan tamirlerin başarısızlığının, genel olarak tamir yüzeyi ile bağlayıcı ajan arasındaki bağlantı yetersizliğinden kaynaklanmakta olduğu literatürde birçok çalışmada belirtilmiştir.^{187, 190, 208, 210} Soğuk plazmanın yüzey hidrofilitesini artırdığı ve bağlantıya katkı sağladığı da bilinmektedir.^{10, 11, 141, 142, 185} Çalışmamızda soğuk plazma uygulamasının özellikle tamir yüzeyindeki etkinliği araştırıldı ve bağlayıcı ajandan sonra herhangi bir ilave işlem uygulanmadı. İlave olarak; Altuntaş tez çalışmasında²⁵ soğuk plazmanın bağlayıcı ajandan sonra uygulanmasının makaslama bağlanma dayanımını azalttığını belirtmektedir. Bu sebeple soğuk plazma uygulaması çalışmamızda sadece bağlayıcı ajandan önce kullanılmıştır. Soğuk plazmanın etkinliğini değerlendirebilmek için çalışmamıza pürüzlülük ve yüzey temas açısı ölçümleri yapıldı. Bir uygulamanın değerlendirilebilmesi için öncelikle yüzeyin ilk halinin değerlendirilmesi gerekir. Bu sebeple örnek yüzeylerinin ilk halleri olan M0, Z0, F0 grupları pürüzlülük ve temas açısı ölçümleri için gruplara ilave edilmiştir. Ayrıca MC, ZC, FA grupları da mevcut bilinen yüzey işlemlerinin etkisini belirlemek adına çalışmaya dahil edilmiştir. Makaslama testi için bu gruplar kullanılmadı, çünkü yüzeye bağlayıcı ajan uygulamadan tamir yapılması literatürde önerilmemektedir.^{9, 190, 208} Makaslama testi için gruplar belirlenirken özellikle klinikte kullanılan basamakları içeren gruplar baz alındı. Soğuk plazmanın bağlayıcı ajan yerine kullanılıp kullanılamayacağını test

etmek amacıyla; MP, ZP, FP ayrıca MCP, ZCP ve FAP grupları kullanıldı. Çalışmamızda ilave olarak, soğuk plazmanın, metal alaşım ve zirkonyum oksit gruplarında tribokimyasal silika kaplama, feldspatik porselen grubunda ise HF asit yerine kullanılıp kullanılamayacağını da test etmek amacıyla MPB, ZPB ve FPB grupları oluşturuldu.

Materyallerin test edilmesi ve sonuçlarının değerlendirilmesi için en ideal çalışmalar in vivo klinik çalışmalardır, ancak bunların klinik takipleri zordur ve maliyetleri yüksektir. Bu çalışmaların diğer bir dezavantajı da bireysel farklılıklardan kaynaklanan standardizasyonun sağlanmasının zor olmasıdır. Bu nedenle birçok çalışma standardizasyonun ve uygulamanın kolay ve ucuz olması sebepleriyle in vitro olarak yapılmaktadır.^{238, 239} Bu tez çalışmamız da in vitro koşullarda gerçekleştirilmiştir.

Yüzey pürüzlendirme amacıyla çalışmamızda frezle pürüzlendirme, asit uygulama ve tribokimyasal silika kaplama işlemlerinin kombinasyonları uygulanmıştır. Soğuk plazma uygulaması ise; örnek yüzeyine tek olarak ya da diğer yüzey şartlandırma işlemlerine ilave olarak uygulanmıştır. Literatürde yüzeye soğuk plazma uygulamasının pürüzlülüğü değiştirmediğine yönelik çalışmalar vardır.^{240, 241} Buna karşın El-Shrkawy ve ark.²⁴² soğuk plazma uygulamasının seramik yüzeyinde pürüzlülüğü artırdıklarını belirtmişlerdir. Bu bilgiler ışığında soğuk plazma uygulamasının yüzey pürüzlülüğündeki değişimlere etkisini değerlendirebilmek için profilometrik ölçümler çalışmamıza dahil edilmiştir.

Kuvvetli bir tamir materyali-restorasyon yüzeyi bağlantısı için, yüzeyin kimyasal aktivasyonunun yanı sıra, mikromekanik bağlanma mekanizması da oldukça önemlidir. Bu bağlantı temel olarak yüzey pürüzlülüğü ve yüzey alanının artışı ile gerçekleşir.¹¹⁵ Yüzey pürüzlülüğünü değerlendirmek amacıyla; kontakt ve nonkontakt modda yüzey pürüzlülüğünü ölçen Atomik Kuvvet Mikroskobu (AFM) ve elmas bir uç yardımı ile ölçüm yapabilen profilometrelerden faydalanılmaktadır. AFM'nin örnek yüzeyinde çok küçük bir alanın ölçümünü gerçekleştirmesi, ölçümün zaman alıcı ve pahalı olması, çok sayıda örnek yüzeyinde uygulanmasının pratik olmaması nedeniyle literatürdeki birçok çalışmada dental materyallerin yüzey pürüzlülüğünü ölçmek amacıyla profilometre kullanılmaktadır.^{210, 220, 243-245} Çalışmamızda da,

kullanım kolaylığı, literatür desteğinin fazla olması ve bu sayede karşılaştırmaların daha kolay yapılabilmesi amaçlarıyla yüzey pürüzlülüğü ölçüm cihazı olarak profilometre kullanılmıştır.

Stabil bir bağlantının oluşması, seramik yüzeyinin ıslanabilirliği ile doğrudan ilişkilidir.^{246, 247} Optimal bir ıslanabilirlik için seramik yüzeyinin enerjisi adeziv yüzey enerjisinden yüksek, adeziv ile yaptığı yüzey açısı ise düşük olmalıdır. Bu nedenle yüzey ıslanabilirliğini değerlendirmek için yüzey temas açısı ölçümleri önemlidir.²⁴⁸ Soğuk plazma uygulamasının yüzey temas açısında belirgin azalmalara ve hidrofilitede ise artışa sebep olduğu, buna bağlı olarak porselen rezin bağlanma dayanımında artış sağladığı literatürdeki birçok çalışmada belirtilmiştir.^{12, 146, 180, 249} Literatürle paralel olarak soğuk plazma uygulamasının tek olarak ya da ara işlem olarak tribokimyasal silika kaplama ve bağlayıcı ajanlarla kombine kullanılmasının yüzey temas açısında yapacağı değişimleri araştırmak adına temas açısı ölçümü çalışmamıza dahil edilmiştir.

Ağız ortamındaki ısı değişimlerini taklit etmek, seramik-rezin bağlantısının bu değişimlere bağlı olarak uzun dönemde nasıl etkileneceğini saptamak adına en çok tercih edilen yapay yaşlandırma yöntemi termal siklustur.²⁵⁰⁻²⁵³ Termal siklus iki şekilde yaşlandırma etkisi yapmaktadır. Birinci mekanizmada sıcak su arayüz bileşenlerinin hidrolizini sağlarken, parçalanma ürünleri ve zayıf polimerize rezin oligomerlerin açığa çıkmasını hızlandırır.^{254, 255} Diğer mekanizmada ise; restorasyon materyalinin termal büzülme/genleşme katsayısının, diş dokusuna göre yüksek olması sebebiyle arayüzeyde oluşan tekrarlanan büzülme/genleşme streslerine bağlı olarak başarısızlık ortaya çıkmaktadır. Bu tekrarlayan stresler bağlantı ara yüzeyinde çatlak oluşumuna ve mikrosızıntılara sebep olur.²⁵¹ Ağız içi kullanımı taklit etmek için çalışmalarda sabit sıcaklıkta bekletme ve termal siklus kullanılmaktadır, ancak termal siklusun sabit sıcaklıkta bekletmeye oranla daha etkili bir yöntem olduğunu savunan birçok çalışma mevcuttur.^{256, 257} Gale ve ark.¹⁷⁰ termal siklus prosedürlerini belirlemeye çalıştıkları çalışmalarında bir yıllık ağız içi kullanım için 10000 siklus yapılmasını önermişlerdir. Benzer şekilde literatürdeki birçok çalışma 1 yıllık kullanım için 10000 siklusu kullanmaktadır.^{250-252, 258} Çalışmamız sabit protetik materyallerdeki kırıkların tamirine yönelik olduğundan bütün örneklerle 10000 siklusla ön yaşlandırma işlemi uygulanmıştır. Birçok çalışma dental materyallerin belli bir süre

ağız içinde kullanıldığında dayanıklılıklarının azaldığını bildirmiştir.^{259, 260} Ön yaşlandırma işlemi yapmadan tamir prosedürlerini uygulamak klinik şartları yansıtmayacağından ve ağız içi kullanımın yaratacağı yüzey değişimleri, bağlanma dayanım değerlerini etkileyeceğinden ön yaşlandırma işlemi yapılmayan gruplar çalışmamıza dahil edilmemiştir.

Porselen tamiri sonrası bağlantı dayanımını değerlendiren çalışmalarda en çok kullanılan testler makaslama, mikrogerilim testleridir.^{63, 155, 261} Makaslama bağlanma testi iki yüzey arasında kırılma meydana gelinceye kadar birleşim hattına kuvvet uygulanması prensibine göre çalışan bir testtir. Testin uygulanması diğer yöntemlere kıyasla daha kolaydır, in vivo ortamda oluşan kuvvetleri daha iyi taklit edebilir ve kuvvet uygulaması sırasında daha az sapma olması gibi avantajlara sahiptir.^{57, 119, 262} Ayrıca makaslama ve mikrogerilim testlerinin yüksek sertlikteki porselenlerin değerlendirilmesinde benzer sonuçlar verdiği literatürde belirtilmektedir.²⁶³ Bununla birlikte makaslama testi sonuçları daha hızlı bir şekilde elde edilmektedir.²⁶⁴ Buna karşın makaslama testleri uygulandığı alanda homojen olmayan stres dağılımına sebep olarak daha çok kohesiv kırık olmasına neden olması sebebiyle literatürde eleştirilmektedir.^{39, 155, 265} Çalışmamızın geniş kapsamlı olması, örnek sayısının fazla olması, porselen tamir çalışmalarında literatür desteğinin geniş olması ve çalışma sonuçlarının kıyaslanması açısından geniş bir skala sunması nedenleri ile çalışmamızda makaslama bağlanma dayanımı testi tercih edilmiştir.^{82, 92, 154, 210, 266}

Makaslama testinde kullanılacak ucun yaklaşım hızı, sonuçların doğru olarak elde edilebilmesi açısından önemlidir. ISO/TS 11405 standartlarında bu hız $0,75 \pm 0,30$ mm/dk. olarak bildirilmiştir.²⁶⁵ Birçok çalışmada; uç kısmı, genellikle bıçak sırtı şeklinde kullanılmış ve yaklaşım hızı 0,5-1 mm/dk. olarak belirlenmiştir.^{266, 267} Lindemuth ve Hagge²⁶⁸ 'in makaslama testinde kullanılacak ucun ideal yaklaşım hızını araştırdıkları çalışmalarında yaklaşım hızı için en uygun değerin 0,5 mm/dk. olduğunu bildirmiştir. Bu bilgiler ışığında, çalışmamızda da makaslama bağlanma dayanımı testi kullanılmış ve ucun yaklaşım hızı 0,5 mm/dk. olarak belirlenmiştir.

Bağlanma dayanımı testleri yapıldıktan sonra bağlanma yüzeylerinin incelenmesi ve seramik ile rezin ara yüzeyindeki kopma tipinin belirlenmesinde sıklıkla SEM ya da stereomikroskop kullanılmaktadır.^{250, 267, 269} Bağlanma

dayanımının başarısının değerlendirilmesinde yalnızca makaslama testi sonuçlarının değil aynı zamanda bağlanma ara yüzünde oluşan ayrılma tipinin de değerlendirilmesi gerekmektedir. Kırık tipleri; kullanılan metal alaşım ya da seramik materyaller ile tamir materyalinin klinik performansı hakkında bilgi verir. Koheziv tip kopma, tamir yüzeyi ve kompozit rezin arasındaki bağlantının, tamir yüzeyi veya kompozit rezinin kendi içindeki bağlantıdan daha güçlü olduğunu gösterir.⁹² Kohesiv kırık tamir edilen yüzey içerisinde gerçekleşmiş ise, kırık tipleri değerlendirirken kırık parça yüzeyinin incelenmesi de faydalıdır. Atsu ve ark.¹⁰⁶’nın yaptıkları çalışmalarında koheziv ve miks ayrılmanın adeziv ayrılma tipine oranla daha yüksek bir bağlanma dayanım değeri gösterdiğini belirtmektedir. Bizim çalışmamızda da, soğuk plazma uygulamasının tamirdeki etkinliğini değerlendirmek amacıyla kırık yüzeyleri stereomikroskop ile incelenmiş ve tüm gruplarda adeziv, koheziv ve mix kırık yüzdeleri belirlenmiştir.

Çalışmamıza ait yüzey pürüzlülüğü bulguları incelendiğinde; Cr-Co metal alaşım, zirkonyum oksit ve feldspatik porselen ana gruplarında uygulanan farklı yüzey işlemlerinin yüzey pürüzlülüğü üzerine etkisi istatistiksel olarak anlamlıdır ($p<0,05$). Bu nedenle çalışmamızda “Cr-Co kıymetsiz metal alaşım, zirkonyum oksit seramik ve feldspatik porselenlerin tamirinde yüzey işlemi olarak soğuk plazmanın tek başına ya da kombine olarak uygulanması yüzey pürüzlülük değerlerini etkilemez” şeklinde kurulmuş olan sıfır hipotezi reddedilmiştir.

Metal alaşım örneklerin yüzey pürüzlülüğü sonuçlarına genel olarak bakıldığında; yüzeye soğuk plazma uygulaması sonucu yüzey pürüzlülüğünde anlamlı bir değişim gözlenmemiştir. M0 grubunun ortalama pürüzlülük değeri MP grubunun ortalama pürüzlülük değeriyle kıyaslandığında benzerdir ($p=0,982$). Ayrıca tribokimyasal silika kaplama uygulanmış yüzeyde de soğuk plazma pürüzlülükte anlamlı bir değişim yaratmamıştır (MC - MCP karşılaştırması). Literatürde soğuk plazmanın Cr-Co metal alaşım örneğin yüzey pürüzlülüğündeki etkisini araştıran sınırlı sayıda çalışmaya rastlanmıştır ve bulguların bizim çalışmamız ile benzerlik sağladığı görülmektedir. Cho ve ark.¹⁷⁹ Cr-Co metal alaşım ve titanyum yüzeyde plazmanın pürüzlülük değerlerine etkisini araştırdıkları çalışmalarında plazma uygulanan ve uygulanmayan gruplar arasında anlamlı bir fark bulamamışlardır.

Çalışmamızda tribokimyasal silika kaplanan MC grubu M0 grubu ile karşılaştırıldığında tribokimyasal silika kaplama işlemi sonucu yüzey pürüzlülüğünde azalma belirlenmiştir. Literatürdeki çalışmalara baktığımızda tribokimyasal silika kaplama işlemi sonucu yüzey pürüzlülüğünde artış rapor edilmektedir. Pilo ve ark.²⁷⁰ 'nın Co-Cr metal alaşım üzerine uyguladıkları tribokimyasal silika kaplama sonucunda pürüzlülükte artış bulmuşlardır. Asmussen ve ark.²⁷¹ da titanyum yüzeyine tribokimyasal silika kaplama yaptıkları çalışmalarında pürüzlülükte artış bildirmektedirler. Bizim çalışmamızdaki pürüzlülük değerlerinde azalmanın sebebi, başlangıçta örnek yüzeylerine uyguladığımız frezleme işlemi sonucu yüzeyin daha pürüzlü olmasından kaynaklı olabileceğini düşünmekteyiz.

Çalışmamızda yüzey işlemi olarak en son bağlayıcı ajanın uygulandığı gruplarda (MB, MPB, MCB, MCPB) yüzey pürüzlülüğünün belirgin olarak azaldığı gözlemlendi ($p < 0,001$). Kendi aralarında kıyaslandığında ise ortalama pürüzlülük oranları benzerdi ($p = 0,747$). Buradan anlaşılabileceği üzere; yüzeye son işlem olarak uygulanan bağlayıcı ajanın pürüzlü yüzeyi kapladığı ve en üst yüzeyde kendine has bir yüzey oluşturduğunu düşünmekteyiz.

Zirkonyum oksit örneklerin yüzey pürüzlülüğü sonuçlarına genel olarak bakıldığında; yüzeye soğuk plazma uygulaması sonucu yüzey pürüzlülüğünde değişim gözlenmemiştir. Z0 grubunun ortalama pürüzlülük değeri ZP grubunun ortalama pürüzlülük değeriyle kıyaslandığında benzerdi ($p = 1,000$). Ayrıca tribokimyasal silika kaplama uygulanmış yüzeyde de soğuk plazma pürüzlülükte anlamlı bir değişim yaratmamıştır (ZC - ZCP karşılaştırması). Literatüre bakıldığında da genel olarak benzer sonuçlar görülmektedir. Vechiato-Filho ve ark.²⁴⁰ zirkonyum oksit seramik yüzeyine soğuk plazma uygulamasının yüzey pürüzlülüğü üzerine anlamlı etkisinin olmadığını belirtmişlerdir. Benzer olarak Da Silva ve ark.²⁴¹ 'nın zirkonyum oksit yüzeyine uygulanan soğuk plazmanın pürüzlülük üzerine etkisini inceledikleri çalışmalarında istatistiksel olarak anlamlı bir değişiklik olmadığını bulmuşlardır. İto ve ark.²³⁵ ve Park ve ark.²⁷² da benzer olarak zirkonyum oksit yüzeyine plazma uygulamanın pürüzlülüğü etkilemediğini savunmaktadır. El-Shrkawy ve ark.²⁴² ise farklı olarak; zirkonyum oksit seramik yüzeyine uygulanan plazmanın pürüzlülüğü artırdıklarını belirtmişlerdir. Bu farklılığın kullanılan plazma tipi, cihazı, uygulama

süresi, parametrelerinin farklılığından ve örneklerin başlangıç yüzey pürüzlülüğünden kaynaklanmış olabileceğini düşünmekteyiz.

Çalışmamızda tribokimyasal silika kaplanan ZC grubu Z0 grubu ile karşılaştırıldığında tribokimyasal silika kaplama işlemi sonucu yüzey pürüzlülüğünde azalma belirlenmiştir. Literatürdeki çalışmalara baktığımızda tribokimyasal silika kaplama işlemi sonucu yüzey pürüzlülüğünde artış rapor edilmektedir.²⁷³ Bizim çalışmamızdaki pürüzlülük değerlerinde azalmanın sebebi, başlangıçta örnek yüzeylerine uyguladığımız frezleme işlemi sonucu yüzeyin daha pürüzlü olmasından kaynaklı olabileceğini düşünmekteyiz.

Zirkonyum oksit örnek gruplarında da metal alaşım gruplarında olduğu gibi yüzey işlemi olarak en son bağlayıcı ajanın uygulandığı gruplarda (ZB, ZPB, ZCB, ZCPB) yüzey pürüzlülüğünün belirgin azaldığı gözlemlendi ($p < 0,001$). Kendi aralarında kıyaslandığında ise ortalama pürüzlülük oranları benzerdi ($p = 0,107$). Buradan anlaşılabileceği üzere; yüzeye son işlem olarak uygulanan bağlayıcı ajanın metal örneklerde olduğu gibi burada da pürüzlü yüzeyi kapladığı ve en üst yüzeyde kendine has bir yüzey oluşturduğu görülmektedir.

Feldspatik porselen örneklerin yüzey pürüzlülüğü sonuçlarına genel olarak bakıldığında; yüzeye soğuk plazma uygulaması sonucu yüzey pürüzlülüğünde değişim gözlenmemiştir. F0 grubunun ortalama pürüzlülük değeri FP grubunun ortalama pürüzlülük değeriyle kıyaslandığında benzerdi ($p = 1,000$). Ayrıca HF asit uygulanmış yüzeyde de soğuk plazma pürüzlülüğünde anlamlı bir değişim yaratmamıştır (FA- FAP karşılaştırması). Literatüre bakıldığında, Adımcı ve ark.²⁷⁴ feldspatik porselen yüzeyine uyguladıkları plazma sonucunda yüzey pürüzlülüğünde artış bulmuşlardır. Sevilla ve ark.²⁷⁵ argon ve oksijen plazma kullandıkları çalışmalarında pürüzlülük ölçümü için atomik güç mikroskobu kullanarak elde ettikleri verilere göre yüzey pürüzlülüğü plazma uygulaması sonucu artmaktadır. Bu sonuçların bizim çalışmamızdan farklı olmasının sebebinin; plazma tipinin farklı olması, başlangıç yüzey işlemlerindeki farklılık ve plazma uygulama süresindeki farklılıklardan kaynaklandığını düşünmekteyiz.

Çalışmamızda HF asit uygulanan FA grubu F0 grubu ile karşılaştırıldığında HF asit uygulama sonucu yüzey pürüzlülüğünde artma belirlendi. Literatürdeki

çalışmalara baktığımızda benzer şekilde HF asit uygulama sonucu yzey pürüzlülüğünde artış rapor edilmektedir. Ramakrishnaiah ve ark.²⁷⁶ beş farklı tam seramik materyal üzerine uyguladıkları HF asit sonucu hepsinin pürüzlülük değerlerinde artış bulmuşlardır. Yine Dikici ve ark.²⁷⁷ feldspatik porselen yzeyine HF asit uygulamışlar ve pürüzlülük değerlerinde artış olduğunu belirtmişlerdir.

Feldspatik örnek gruplarında, yzey işlemi olarak en son bağlayıcı ajanın uygulandığı gruplarda (FAB, FPB, FAPB) diğer materyallerde olduğu gibi yzey pürüzlülüğünün belirgin olarak azaldığı gözlendi ($p<0,001$). Kendi aralarında kıyaslandığında ise ortalama pürüzlülük oranları benzerdi ($p=0,877$). Buradan anlaşılacağı üzere; yzeye son işlem olarak uygulanan bağlayıcı ajanın metal ve zirkonyum oksit örneklerde olduğu gibi burada da pürüzlü yzeyi kapladığı ve en üst yzeyde kendine has bir yzey oluşturduğu görülmektedir.

Bizim çalışmamızın sınırları dâhilinde elde edilen bulgulara göre, yzeye sadece soğuk plazma uygulamak üç farklı yapıdaki dental materyalin pürüzlülüğünde değişime yol açmadı. Literatürdeki dental materyaller yzeyinde soğuk plazmanın etkilerine yönelik çalışmalara bakıldığında benzer sonuçlara rastlanmaktadır.^{147, 180, 185} Farklı olarak şeker ve ark.²⁷⁸ yaptıkları çalışmalarında titanyum, Cr-Co, Y-TZP ve PMMA örneklere soğuk plazma uygulamışlar ve sonuçları atomik güç mikroskopunda değerlendirmişlerdir. Pürüzlülük sonuçları değerlendirildiğinde bütün gruplarda pürüzlülükte artma tespit etmişlerdir. Bu farkın kullanılan plazma tipine, plazma parametrelerine ve atomik güç mikroskobu ile değerlendirilen alanın çok küçüğü olması ve yzeyde yeterli genişliği taranamamış olması gibi sebeplerden kaynaklamış olduğunu düşünmekteyiz.

Feldspatik porselen grubundaki örneklerin başlangıç pürüzlülük değerleri (F0) zirkonyum oksit ve metal alaşım örneklerden (Z0, M0) daha yüksek olmasının sebebinin zirkonyum oksit ve metal alaşımının yzey sertliğinin daha fazla olması sebebiyle frezle daha az pürüzlenmesi olduğunu düşünmekteyiz.

Yzeye son işlem olarak bağlayıcı ajan uygulandığında yine metal ve zirkonyum oksit materyal gruplarının benzer, feldspatik porselen gruplarının daha pürüzlü olduğu görüldü. Bu durumun yzeye uygulanan bağlayıcı ajanın asitle

pürüzlendirilmiş yüzeyi maskeleme etkisinin daha az olmasından kaynaklı olabileceğini düşünmekteyiz.

Çalışmamıza ait yüzey temas açısı değerleri incelendiğinde; zirkonyum oksit, Cr-Co metal alaşım ve feldspatik porselen gruplarında uygulanan farklı yüzey işlemlerinin yüzey temas açısı üzerine etkisinin istatistiksel olarak anlamlı olduğu görülmüştür ($p<0,001$). Bu nedenle çalışmamızda “Cr-Co kıymetsiz metal alaşım, zirkonyum oksit seramik ve feldspatik porselenlerin tamirinde yüzey işlemi olarak soğuk plazmanın tek başına ya da kombine olarak uygulanması yüzey temas açısı değerlerini etkilemez” olarak kurduğumuz sıfır hipotezi reddedilmiştir.

Çalışmamızda metal alaşım örneklerin yüzey temas açısı sonuçlarına genel olarak bakıldığında; yüzeye soğuk plazma uygulaması sonucu yüzey temas açısında belirgin azalma gözlenmiştir. Yüzeye sadece soğuk plazmanın uygulandığı MP grubunun ortalama yüzey temas açısı değeri M0 grubunun değeriyle kıyaslandığında belirgin düşüktür ($p<0,001$). Ayrıca tribokimyasal silika kaplama uygulanmış yüzeyde de soğuk plazma uygulaması (MC-MCP karşılaştırması) temas açısında belirgin bir düşüşe yol açmıştır. Literatürde metal alaşımlar üzerine uygulanan soğuk plazmanın yüzey temas açısında oluşturduğu değişimleri inceleyen çalışmalar sınırlı olmakla birlikte bizim çalışmamızla benzer sonuçlara ulaşıldığı görülmektedir. Kang ve ark.¹⁷⁹ Cr-Co ve titanyum yüzeyinde plazma uygulamanın yüzey temas açısını azalttığını belirtmektedirler. Benzer şekilde, Silva ve ark.¹² titanyum yüzeyine plazma uygulamanın yüzey temas açısını düşüreceğini bildirmektedir. Duske ve ark.²⁷⁹ benzer olarak titanyum yüzeyine plazma uygulanması ile yüzey temas açısında azalma tespit etmişlerdir.

Çalışmamızda yüzeye tribokimyasal silika kaplama sonucu yüzey temas açısında azalma kaydedildi (MC). İlave olarak soğuk plazma uygulamasıyla (MCP) yüzey temas açısında daha fazla bir düşüş gözlemlendi. Elde ettiğimiz sonuçlar literatürle uyumlu olarak plazmanın uygulandığı yüzeyde ıslanabilirliği artırmada ilave etkisinin olduğunu göstermektedir.

Çalışmamızda yüzey işlemi olarak en son bağlayıcı ajanın uygulandığı gruplarda (MB, MPB, MCB, MCPB) yüzey temas açısı sadece soğuk plazma uygulanan MP ve MCP gruplarına göre belirgin yüksek, soğuk plazma uygulanmamış

olan M0 ve MC gruplarına göre daha düşük bulundu ($p<0,001$). Kendi aralarında kıyaslandığında ise ortalama yüzey temas açısı değerleri benzerdi ($p=0,923$). Literatüre bakıldığında, Kim ve ark.²⁸⁰ titanyum ve zirkonyum oksit yüzeyine uyguladıkları soğuk plazma sonrası bağlayıcı ajan uygulamasıyla elde ettikleri yüzey temas açıları bağlayıcı ajan uygulanan diğer gruplarla benzer bulmuşlardır. Buradan anlaşılaçağı üzere; yüzeye son işlem olarak uygulanan bağlayıcı ajanın en üst yüzeyde kendine has bir yüzey oluşturduğu, yüzey enerjisi ve hidrofilitenin benzer olması dolayısıyla da yüzey temas açılarının benzer olması mantıklıdır. Ayrıca bu grupların benzer olması bağlayıcı ajandan önce uygulanan yüzey işleminin (tribokimyasal silika kaplama, plazma veya hiçbir işleminin uygulanmaması), bağlayıcı ajan uygulandıktan sonraki yüzeyin temas açısı üzerinde etkili olmadığını göstermektedir.

Zirkonyum oksit örneklerin yüzey temas açısı sonuçlarına genel olarak bakıldığında; yüzeye soğuk plazma uygulaması sonucu yüzey temas açısında belirgin azalma gözlenmiştir. ZP grubunun ortalama yüzey temas açısı değeri Z0 grubunun değeriyle kıyaslandığında belirgin düşüktü ($p<0,001$). Ayrıca tribokimyasal silika kaplama uygulanmış yüzeyde de soğuk plazma uygulaması (ZC-ZCP karşılaştırması) temas açısında belirgin bir düşüşe yol açmıştır. Bu sonuç literatürde soğuk plazmanın zirkonyum oksit üzerindeki etkisini inceleyen çalışmalarla örtüşmektedir.^{12, 146, 180, 249}

Literatürde Han ve ark.²¹⁰ ark. tribokimyasal silika kaplama uygulanmış olan zirkonyum oksit yüzeyinde temas açısında azalma belirlenmişlerdir. Asmussen ve ark.²⁷¹ benzer şekilde zirkonyum oksit yüzeyine tribokimyasal silika kaplama sonucu temas açısında azalma tespit etmişlerdir. Yine Joen ve ark.²⁸¹ da benzer olarak temas açısında azalma bulmuşlardır. Xie ve ark.²⁸² nın alimuna seramikler üzerinde tribokimyasal silika kaplamanın temas açısındaki etkisini araştırdıkları çalışmalarında da azalma bulmuşlardır. Bizim çalışmamızda tribokimyasal silika kaplama uygulanmış ZC grubu Z0 grubuna kıyasla istatistiksel olarak daha düşük bir yüzey temas açısı sergilemiştir. Bu yönüyle çalışmamız literatürle benzer sonuçlar sergilemiştir.

Çalışmamızda yüzeye tribokimyasal silika kaplama sonucu yüzey temas açısında azalma kaydedildi (ZC). İlave olarak soğuk plazma uygulamasıyla (ZCP)

yüzey temas açısında daha fazla bir düşüş gözlemlendi. Elde ettiğimiz sonuçlar literatürle uyumlu olarak plazmanın uygulandığı yüzeyde ıslanabilirliği artırmada ilave etkisinin olduğunu göstermektedir.^{10, 210}

Yüzey işlemi olarak en son bağlayıcı ajanın uygulandığı gruplarda (ZB, ZPB, ZCB, ZCPB) yüzey temas açısı sadece soğuk plazma uygulanan ZP ve ZCP gruplarına göre belirgin yüksek bulundu ($p<0,001$). Kendi aralarında kıyaslandığında ise ortalama yüzey temas açısı değerleri benzerdir ($p=0,504$). Literatüre bakıldığında, Ahn ve ark.²⁸³'nin yaptıkları çalışmalarında, zirkonyum oksit yüzeyine; sadece bağlayıcı ajan, kumlama ve bağlayıcı ajan, soğuk plazma ve bağlayıcı ajan ve kumlama, soğuk plazma ve bağlayıcı ajan uygulama şeklinde oluşturdukları çalışma gruplarının yüzey enerjilerini ve yüzey temas açılarını ölçmüşler ve istatistiksel olarak benzer olduğunu bulmuşlardır. Benzer olarak Kim ve ark.²⁸⁰ zirkonyum oksit yüzeyine soğuk plazma sonrası bağlayıcı ajan uygulanması ile elde ettikleri yüzey temas açısı değerleri zirkonyum oksit yüzeyine sadece bağlayıcı ajan uygulanan grupla karşılaştırıldığında benzer bulunmuştur. Elde edilen sonuçlar bizim çalışmamızla benzerdir ve buradan anlaşılabileceği üzere; yüzeye son işlem olarak uygulanan bağlayıcı ajanın yüzeyi kendine has bir kimyaya sahiptir. Ayrıca bu grupların benzer olması bağlayıcı ajandan önce uygulanan yüzey işleminin (tribokimyasal silika kaplama, plazma veya hiçbir işleminin uygulanmaması), bağlayıcı ajan uygulandıktan sonraki yüzeyin temas açısı üzerinde etkili olmadığını göstermektedir.

Çalışmamızdaki feldspatik porselen örneklerin yüzey temas açısı sonuçlarına genel olarak bakıldığında; yüzeye soğuk plazma uygulaması sonucu yüzey temas açısında belirgin azalma gözlenmiştir. FP grubunun ortalama yüzey temas açısı değeri F0 grubunun değeriyle kıyaslandığında belirgin olarak daha düşüktür ($p<0,001$). Ayrıca HF asit uygulanmış yüzeyde de soğuk plazma uygulaması (FA-FAP karşılaştırması) temas açısında belirgin bir düşüşe yol açmıştır. Literatürde feldspatik porselen yüzeyine plazma uygulanan sınırlı sayıda çalışmaya rastlanmıştır. Adımcı ve ark.²⁷⁴ ile Çökeliler ve ark.¹⁸'nin feldspatik porselen yüzeyine plazma uygulayarak temas açısını ölçtükleri çalışmalarında, bizim çalışmamızla benzer olacak şekilde temas açısında belirgin azalma tespit etmişlerdir.

Literatürde Ramakrishnaiah ve ark.²⁷⁶ beş farklı tam seramik materyal üzerine uyguladıkları HF asit sonucu hepsinin temas açısı değerlerinde azalma bulmuşlardır. Bizim çalışmamızda HF asit uygulanmış FA grubu F0 grubuna kıyasla istatistiksel olarak daha düşük bir yüzey temas açısı sergilemiştir. Bu yönüyle çalışmamız literatürle benzer sonuçlar sergilemiştir.

Çalışmamızda yüzeye HF asit uygulama sonucu yüzey temas açısında azalma kaydedildi (FA). İlave olarak soğuk plazma uygulamasıyla (FAP) yüzey temas açısında daha fazla bir düşüş gözlemlendi. Elde ettiğimiz sonuçlar literatürle uyumlu olarak plazmanın uygulandığı yüzeyde ıslanabilirliği artırmada ilave etkisinin olduğunu göstermektedir.²⁷⁴ Çökeliler ve ark.¹⁸ feldspatik porselen üzerine sadece soğuk plazma uyguladıkları örneklerden (FP) elde ettikleri temas açısı değeri, hiçbir işlemin yapılmadığı örnek yüzeyinden (F0) düşük, önce HF asit sonrasında ise soğuk plazma uyguladıkları örneklerden (FAP) elde ettikleri temas açısı değerinden ise daha yüksektir.

Çalışmamızda yüzey işlemi olarak en son bağlayıcı ajanın uygulandığı gruplarda (FAB, FPB, FAPB) yüzey temas açısı FP, FA ve FAP gruplarına göre belirgin olarak yüksek bulundu ($p<0,001$). Kendi aralarında kıyaslandığında ise ortalama yüzey temas açısı değerleri benzerdir ($p=0,894$). Buradan anlaşılabileceği üzere; yüzeye son işlem olarak uygulanan bağlayıcı ajanın metal alaşım ve zirkonyum oksit yüzeylerinde olduğu gibi en üst yüzeyde kendine has bir yüzey oluşturması sebebiyle yüzey temas açıları benzerdir. Ayrıca bu grupların benzer olması bağlayıcı ajandan önce uygulanan yüzey işleminin (tribokimyasal silika kaplama, plazma veya hiçbir işleminin uygulanmaması), bağlayıcı ajan uygulandıktan sonraki yüzeyin temas açısı üzerinde etkili olmadığını göstermektedir.

Tüm materyaller birbirleri ile kıyaslandığında, başlangıç temas açısı değerlerine göre; en yüksek değer zirkonyum oksit grubunda (Z0), en düşük ise feldspatik porselen grubunda (F0) kaydedildi. Daha sonra örnek yüzeyine sadece soğuk plazma uygulanması sonrası elde edilen yüzey temas açısı değerleri ise; materyalden bağımsız olarak hem diğer tüm gruplara kıyasla çok düşük ($p<0,001$), hem de kendi aralarında (MP, ZP, FP) ise benzerdir ($p=0,087$). Literatürde çalışmamızda kullandığımız materyallerin bir arada değerlendirilen bir çalışmaya rastlanamadı ancak

materyaller ayrı olarak değerlendirildiğinde yüzeye soğuk plazma uygulanması tek başına yüzey temas açısını düşürülebilmektedir.^{12, 146, 180, 249} Benzer olarak Şeker ve ark.²⁷⁸ yaptıkları çalışmalarında, titanyum, Cr-Co, Y-TZP ve PMMA örneklerle soğuk plazma uygulamışlar ve farklı yapıda olsalar bile tüm malzemelerde yüzey temas açısında azalma gerçekleştiğini belirtmişlerdir.

Çalışmamızda yüzeye bağlayıcı ajan uygulandıktan sonra ise ara işlemlerin ne olduğundan bağımsız olarak grupların ortalama yüzey temas açısı değerleri genel olarak benzer bulunmuştur ($p>0,05$). Bağlayıcı ajan uygulanması sonucu yüzey kimyası değiştiğinden yüzey enerjisi de değişmekte ve benzer yüzey temas açısı değerleri kaydedilmektedir.

Çalışmamıza ait makaslama bağlanma dayanımı değerleri incelendiğinde; Cr-Co metal alaşım, zirkonyum oksit ve feldspatik porselen gruplarında uygulanan farklı yüzey işlemlerinin bağlanma dayanımı üzerine etkisinin istatistiksel olarak anlamlı olduğu görülmüştür ($p<0,001$). Bu nedenle çalışmamızda “Cr-Co kıymetsiz metal alaşım, zirkonyum oksit seramik ve feldspatik porselenlerin tamirinde yüzey işlemi olarak soğuk plazmanın tek başına ya da kombine olarak uygulanması kompozit rezin tamir materyali ile olan bağlanma değerlerini etkilemez” olarak kurduğumuz sıfır hipotezi reddedilmiştir.

Krom-kobalt kıymetsiz metal alaşım örneklerine ait grupların ortalama makaslama bağlanma dayanımı değerleri arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılık gözlenmiştir ($p<0,001$). Çalışmamızda elde edilen makaslama bağlanma dayanımı testi bulguları değerlendirildiğinde; yüzeye sadece soğuk plazma uygulanan grubun (MP) makaslama bağlanma dayanım değeri, klinikte sıkça kullanılan yöntemle^{167, 190} (MB) göre belirgin olarak düşüktür ($p<0,001$). Buna karşın; soğuk plazma uygulaması sonrası bağlayıcı ajan uygulandığında (MPB) elde edilen makaslama bağlanma dayanım değeri ise; MB'nin makaslama bağlanma dayanım değerinden istatistiksel olarak ileri derecede yüksektir ($p=0,001$). Literatüre bakıldığında, Cho ve ark.¹⁷⁹'nın Cr-Co metal alaşım yüzeyine soğuk plazma uygulamasının makaslama bağlanma dayanım değerlerinde etkisini araştırdığı çalışmalarında, çalışmanın sınırları dâhilinde bağlanma dayanımında artış bulmuşlardır. Benzer şekilde Vechiato ve ark.¹⁸⁰ çalışmalarında, plazma uygulaması sonrası bağlanma dayanımındaki artışın,

uygulandığı yüzeyde aktif peroksit radikallerin (R-O-O-) ve ilave fonksiyonel grupların (C-O, C-OH) oluşumunu artırdığı ve bu sayede kimyasal bağlantı için zemin hazırladığını belirtmişlerdir. Yine aynı çalışmada, bizim çalışmamıza benzer şekilde, soğuk plazma sonrası MDP içerikli primer uygulandığında elde edilen bağlanmanın, sadece soğuk plazma uygulanan yüzeyden daha fazla olduğunu bildirmişlerdir. Buradaki etkili mekanizmayı ise şöyle açıklamışlardır; yüzeye soğuk plazma uygulaması ile havadan absorbe olan N ve O atomları ile örnek yüzeyindeki doymamış C bağları (C=C ve C≡C) arasında birleşme olduğu ve bu durumun, C-O, C=O, C-N, O-N gibi bağların sayısındaki azalma ile polar bileşenlere afinitesi düşük bir yüzey oluştuğu ve bu sayede yüzeyin hidrofilitesi ve bağlanma dayanımı artırmaktadır. Bununla birlikte literatürde birçok çalışmada soğuk plazma uygulaması sonrası yüzeyde OH gruplarının arttığı bildirilmiştir.^{142, 185, 274, 283} Primerin plazmadan sonra uygulanması ile primerin yapısındaki MDP monomerinin asidik fosfat grubu ile örnek yüzeyinde soğuk plazma etkisiyle artmış olan OH grupları arasında oluşacak bağlantıların arttığı söylenebilir. Çalışmamızdan elde ettiğimiz verilere ve literatürdeki benzer sonuçları elde eden çalışmalara dayanarak; metal alaşım yüzeyine soğuk plazma ve bağlayıcı ajan uygulamasının (MPB) klinikte sıklıkla tercih edilen metal yüzeyine sadece bağlayıcı ajan uygulamasından (MB) daha yüksek bağlanma dayanımı sergilemesi, klinik kullanımında soğuk plazmanın ara basamak olarak ilave edilmesi ile mevcut klinik prosedüre bir alternatif olabileceğini göstermektedir.

Çalışmamızda MP ve MCP gruplarında en düşük bağlanma dayanımı değerleri elde edilmiştir. MP-MPB ve MCP-MCB gruplarının karşılaştırılması yapıldığında metal alt yapı tamirinde soğuk plazma uygulanmasının bağlayıcı ajan uygulaması yerine kullanılamayacağını açıkça görülmektedir. Bizim çalışmamızla benzer şekilde literatürde de bağlayıcı ajan uygulanmamış plazma yüzeylerinde düşük bağlanma dayanım değerleri görülmektedir.^{179, 284}

Metal alaşım örneklerin kontrol grubu olan MB grubunun çalışmamızda elde ettiğimiz makaslama bağlanma dayanımı değeri literatürdeki diğer çalışmalarla kıyaslandığında; Haselton ve ark.²⁸⁵ 'nın iki farklı porselen tamir sistemi kullanarak yaptıkları çalışmalarından elde ettikleri makaslama bağlanma dayanım değeri ile benzerdir. Buna karşın, Dos Santos ve ark.⁸² 'nın üç farklı tamir sistemi kullanarak yaptıkları çalışmalarından elde ettikleri değerlerden düşük, Kumbuloğlu ve ark.¹¹⁵ 'nın

beş farklı tamir sistemi kullanarak yaptıkları çalışmalarından elde ettikleri bütün değerlerden yüksektir. Bu değerlerdeki farklılıkların, yüzey işlemi farklılıklarından, yaşlandırma yapılıp yapılmadığından, örnek standardizasyon farklılığından ve kullanılan parametre farklılıklarından kaynaklandığını düşünmekteyiz.

Çalışmamızın sonuçlarına göre bağlayıcı ajandan önce yüzeye soğuk plazmanın uygulandığı MPB grubunun ortalama makaslama bağlanma dayanımı, bağlayıcı ajandan önce tribokimyasal silika kaplama yapılan MCB ile benzerdir ($p=0,128$). Burada, soğuk plazmanın etkisiyle elde edilen oksijen polaritesindeki ve ıslanabilirlikteki artış ile tribokimyasal silika kaplamanın etkisiyle elde edilen silika içeriğindeki artış ve kumlama etkisinin benzer sonuçlar doğurduğu söylenebilir. Klinik anlamda MPB grubunun MCB grubu ile benzer olması, soğuk plazmanın metal alaşım yüzeyinde tribokimyasal silika kaplama işlemi yerine kullanılabilecek alternatif bir yüzey işlemi olma niteliğine sahip olduğunu göstermektedir.

Çalışmamızda en yüksek makaslama bağlanma değerleri metal alaşımı örnekler için sırasıyla önce tribokimyasal silika kaplama, sonra soğuk plazma ve sonrasında bağlayıcı ajanların uygulandığı MCPB grubunda elde edilmiştir. Literatüre bakıldığında metal alaşımı ile ilgili olarak sınırlı sayıda çalışmaya rastlanmakla birlikte yüzey işlemlerinin kombine kullanımının bağlantı dayanımını arttırdığına yönelik çalışmalara rastlanabilmektedir. Küçükekenci ve ark.²⁸⁶ tribokimyasal silika kaplama ve soğuk plazma uyguladıkları çalışmalarında, bizim çalışmamızla benzer olarak tribokimyasal silika kaplama, soğuk plazma ve bağlayıcı ajanın birlikte uyguladıkları yüzeyde en yüksek makaslama bağlanma dayanımı elde etmişlerdir.

Çalışmamızda elde ettiğimiz bulgulara dayanarak MCP ve MC yüzeylerinin pürüzlülük açısından benzer iken, temas açısı bakımından MCP yüzeyin MC yüzeyden çok daha üstün bir ıslanabilirlik sergilediğini görmekteyiz. Çalışmamızda MCPB grubunun bağlanma dayanımının MCB grubundan yüksek olmasının nedeninin, bağlayıcı ajan uygulama öncesindeki yüzeyin ıslanabilirliğindeki belirgin farklılıktan kaynaklanabileceği kanaatindeyiz. Literatürde ıslanabilirliğin bağlanma dayanımı üzerindeki etkilerini inceleyen çalışmalarda bağlayıcı ajanların temas açısı düşük hidrofilik yüzeylerde daha iyi yayıldığını ve benzer şekilde daha yüksek bağlanma

dayanımı değerleri elde edilebildiğini göstermektedir.^{12, 179, 280} Yine çalışmamızda MB ve MPB grupları arasında gözlemlendiğimiz fark aynı nedene dayandırılabilir.

Metal alaşım örneklerin MCPB grubunda elde edilen ortalama makaslama bağlanma dayanımı değeri; İSO 9693 standartlarında belirtilen metal seramik restorasyonların üretilmesinde kabul edilebilen en küçük bağlanma değeri olan 25MPa değerine oldukça yakındır.²⁸⁷ Kalra ve ark.²⁸⁸ ağız içi tamir sonrası kabul edilebilir minimum bağlanma dayanımını 8-9MPa olduğunu belirtmektedirler ve bu bilgi ışığında, bizim çalışmamızda soğuk plazma ve bağlayıcı ajanın uygulandığı tüm gruplarda bu değer iki katından fazla bir bağlanma dayanımı elde edilmiştir. Buradan anlaşılabileceği üzere; Cr-Co metal alaşım yüzeyinde tamir başarısını artırmak amacıyla soğuk plazmanın ara bir basamak olarak ilave edilmesinin bağlanma dayanımına olumlu katkısı olmaktadır.

Zirkonyum oksit örneklerle ait grupların ortalama makaslama bağlanma dayanımı değerleri arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılık gözlenmiştir ($p < 0,001$). Çalışmamızda elde edilen makaslama testi bulguları değerlendirildiğinde; yüzeye sadece soğuk plazma uygulanan grubun (ZP) makaslama bağlanma dayanım değeri klinikte sıkça kullanılan yöntem (ZB)^{9, 72, 208} kıyasla düşük bulunmuştur. Bununla birlikte soğuk plazma uygulaması sonrası bağlayıcı ajan uygulandığında (ZPB) elde edilen makaslama bağlanma dayanım değeri ise; ZB'nin makaslama bağlanma dayanım değerinden istatistiksel olarak yüksektir ($p = 0,004$). Zirkonyum oksit örneklerin kontrol grubu olan ZB grubunun çalışmamızda elde ettiğimiz makaslama bağlanma dayanım değeri literatürdeki diğer çalışmalarla kıyaslandığında literatürde aynı tamir sistemini kullanan çalışmaların değerleriyle örtüşmektedir.^{211, 289, 290} Kırmalı O. ve ark.¹⁹⁷ zirkonyum oksit seramiklerin tamirinde benzer şekilde Bisco porselen tamir seti kullanmışlar ve elde ettikleri makaslama bağlanma dayanım değerlerini çalışmamızdakinden yüksek bulmuşlardır. Bunun sebebinin çalışmalarında herhangi bir yaşlandırma yöntemini kullanmamış olmaları, örnek standardizasyonundaki farklılıklar ve kullanılan parametreler arası fark olduğu düşünülmektedir.

Çalışmamızdan elde ettiğimiz sonuçlarla benzer olarak, Valverde ve ark.¹⁴⁶ zirkonyum oksit yüzeyine plazma uygulaması sonrasında elde edilen bağlanma

dayanım değerlerinin uygulanmayan gruplarla kıyaslandığında belirgin yüksek bulmuşlardır. Bu yüksek bağlanma dayanımının sebebini ise; zirkonyum oksit yüzeyinde plazma uygulaması sonrası meydana gelen oksijen konsantrasyonunda %30 artma ve karbon yoğunluğunda %40 azalmanın inert bir materyal olan zirkonyum oksit yüzeyine bağlantıyı arttırması olarak yorumlamışlardır. Liu ve ark.²⁹¹, 'nın çalışmalarında, zirkonyum oksit yüzeyine sadece bağlayıcı ajan uyguladıkları grup ile soğuk plazma ve bağlayıcı ajanın beraber uygulandığı grup karşılaştırdıklarında, soğuk plazma grubundan elde ettikleri bağlanma dayanımını daha yüksek bulmuşlardır. Benzer olarak bizim çalışmamızda, soğuk plazmanın tek başına uygulanması (ZP) ile bağlayıcı ajanın sağladığı yarar (ZB) elde edilememekte ancak soğuk plazma üzerine bağlayıcı ajan uygulandığında (ZPB) daha kuvvetli bir bağlantı sağlanmaktadır. Buna karşın Ahn ve ark.²⁸³ 'nın çalışmalarında soğuk plazma uygulamanın bağlanma dayanımında anlamlı bir değişim sağlamadığını belirtmişlerdir. Bizim çalışmamızdan farklı olarak buldukları sonuçlarda, kullanılan plazma tipinin farklı olması, kullanılan parametrelerin farklı olması ve örnek yüzey hazırlıklarının farklı olmasının etkili olduğunu düşünmekteyiz. Çalışmamızdan elde ettiğimiz verilere ve literatürdeki benzer sonuçları elde eden çalışmalara dayanarak; zirkonyum oksit yüzeyine soğuk plazma ve bağlayıcı ajan uygulamasının (ZPB) klinikte zirkonyum oksit tamirinde sıklıkla tercih edilen zirkonyum oksit yüzeyine sadece bağlayıcı ajan uygulamasından (ZB) daha yüksek bağlanma dayanımı sergilemesi, klinik kullanımında soğuk plazmanın ara basamak olarak ilave edilmesi ile mevcut klinik prosedüre bir alternatif olabileceğini göstermektedir.

Çalışmamızda ZP ve ZCP gruplarında en düşük bağlanma dayanımı değerleri elde edilmiştir. Bu sonuç zirkonyum alt yapı tamirinde soğuk plazma uygulanmasının bağlayıcı ajan uygulaması yerine kullanılamayacağını göstermektedir. Benzer olarak literatürde bağlayıcı ajan uygulanmamış zirkonya yüzeylerinde plazma uygulansa bile düşük bağlanma dayanımı değerleri rapor edilmiştir.²⁵

Çalışmamızın sonuçlarına göre bağlayıcı ajandan önce yüzeye soğuk plazmanın uygulandığı ZPB grubunun ortalama makaslama bağlanma dayanımı, bağlayıcı ajandan önce tribokimyasal silika kaplama yapılan ZCB ile benzerdir ($p=0,968$). Burada, soğuk plazmanın etkisiyle elde edilen oksijen polaritesindeki ve ıslanabilirlikteki artış ile tribokimyasal silika kaplamanın etkisiyle elde edilen silika

içeriğindeki artış ve kumlama etkisinin benzer sonuçlar doğurduğu söylenebilir. Bununla birlikte tribokimyasal silika kaplama, soğuk plazma ve bağlayıcı ajanın birlikte uygulandığında (ZCPB) ise en yüksek makaslama bağlanma dayanımı elde edilmiştir. Klinik anlamda ZPB grubunun ZCB grubu ile benzer olması, soğuk plazmanın zirkonyum oksit yüzeyinde tribokimyasal silika kaplama işlemi yerine kullanılabilecek alternatif bir yüzey işlemi olma niteliğine sahip olduğunu göstermektedir. Bilindiği üzere zirkonyum yüzeyinde tribokimyasal kaplama işlemi uygulanması mikroçatlaklara yol açması ve faz değişimine neden olması gibi nedenlerle tartışmalıdır.²⁹²⁻²⁹⁴ Bu açıdan da soğuk plazma uygulamasının zirkonya alt yapı seramiğinde tamir başarısını arttırmadaki etkisi ve tribokimyasal silika kaplamaya alternatif bir yüzey işlemi olarak kullanılabiliyor olması restorasyonun klinik başarısı ve uzun ömürlülüğü açısından da önemli bir bulgudur.

Çalışmamızda en yüksek makaslama bağlanma değerleri zirkonyum oksit örnekler için sırasıyla önce tribokimyasal silika kaplama, sonra soğuk plazma ve sonrasında bağlayıcı ajanların uygulandığı ZCPB grubunda elde edilmiştir. Literatüre bakıldığında, zirkonyum oksit seramik yüzeyine tribokimyasal silika kaplama ve plazmanın bir arada uygulandığı herhangi bir çalışmaya rastlanamadı ancak kumlama ve plazmanın kombine kullanıldığı çeşitli çalışmalara rastlanmıştır.²⁸³ Valverde ve ark.¹⁰ zirkonyum oksit yüzeyine kumlama, soğuk plazma ve bağlayıcı ajan uyguladıkları örneklerden elde ettikleri makaslama bağlanma dayanım değerlerinin tek işlem olarak uygulanan gruplara kıyasla daha fazla olduğunu bulmuşlardır. Buradan anlaşılabileceği üzere; zirkonyum oksit yüzeyinde tamir başarısını artırmak amacıyla soğuk plazmanın ara bir basamak olarak ilave edilmesi bağlanma dayanımına olumlu katkı sağlamaktadır.

Çalışmamızda elde ettiğimiz bulgulara dayanarak ZCP ve ZC yüzeylerinin pürüzlülük açısından benzer iken, temas açısı bakımından ZCP yüzeyin ZC yüzeyden çok daha üstün bir ıslanabilirlik sergilediğini görmekteyiz. Çalışmamızda ZCPB grubunun bağlanma dayanımının ZCB grubundan yüksek olmasının nedeninin, bağlayıcı ajan uygulama öncesindeki yüzeyin ıslanabilirliğindeki belirgin farklılıktan kaynaklanabileceği kanaatindeyiz. Literatürde ıslanabilirliğin bağlanma dayanımı üzerindeki etkilerini inceleyen çalışmalarda bağlayıcı ajanların temas açısı düşük hidrofilik yüzeylerde daha iyi yayıldığını ve benzer şekilde daha yüksek bağlanma

dayanımı değerleri elde edilebildiğini göstermektedir.^{10, 12, 146, 283} Yine çalışmamızda ZB ve ZPB grupları arasında gözlemlediğimiz fark aynı nedene dayandırılabilir.

Feldspatik porselen örnekler için grupların ortalama makaslama bağlanma dayanımı değerleri arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılık gözlenmiştir ($p < 0,001$). Çalışmamızda elde edilen makaslama testi bulguları değerlendirildiğinde; yüzeye sadece soğuk plazma uygulanan grubun (FP) makaslama bağlanma dayanım değeri klinikte sıkça kullanılan yöntem (FAB)^{68, 85, 86, 207} kıyasla düşük bulunmuştur. Bununla birlikte; HF asit aşaması yerine soğuk plazmanın uygulandığı FPB grubunun ortalama makaslama bağlanma dayanım değeri, FAB grubundan istatistiksel olarak düşüktür ($p = 0,001$). Feldspatik porselen örneklerin kontrol grubu olan FAB grubunun makaslama bağlanma değerleri; Yoo ve ark.²⁹⁵’nin çalışmalarından elde ettikleri değerler ile benzer, Davood ve ark.²⁹⁶, Chadwick ve ark.²⁹⁷’nin yaptıkları çalışmalarından elde ettikleri değerlerden yüksek, Dos Santos ve ark.⁸² ‘nın üç farklı tamir sistemi kullanarak yaptıkları çalışmalarından elde ettikleri değerlerden düşüktür. Bu değerlerdeki farklılıkların, yüzey işlemi farklılıklarından, yaşlandırma yapıp yapılmadığından, örnek standardizasyonlarının farklılığından ve kullanılan parametre farklılıklarından kaynaklandığını düşünmekteyiz.

Literatüre bakıldığında sınırlı sayıda çalışmaya rastlanmakla birlikte çalışmamızla benzer sonuçlara rastlanmaktadır. Han ve ark.¹¹ çalışmasında feldspatik porselen yüzeyine plazma ve bağlayıcı ajan uyguladığı gruptan elde ettikleri makaslama bağlanma dayanım değerleri, yüzeye HF asit ve bağlayıcı ajan uyguladığı grupla kıyaslandığında daha düşük bulunmuştur. Bu sonuçla, feldspatik porselen yüzeyine uygulanan soğuk plazma etkisiyle oluşan polar karboksil gruplarıyla bağlayıcı ajan arasında gerçekleşen bağlantı miktarının, porselen yüzeyine HF asit uygulama sonrası elde edilen bağlantıdan daha zayıf olduğu anlaşılmaktadır. Yüzeye asit uygulamasının pürüzlülükte artışa neden olduğu literatürde belirtilmektedir.^{18, 94, 113} Bilindiği üzere plazma ise, yüzey pürüzlülüğünde belirgin bir değişiklik sağlamamaktadır.^{10, 12, 179, 235} Buradan FAB’nin FPB den daha yüksek olmasının sebebinin asit etkisiyle yaratılan mikromekanik tutuculuğun ve bağlayıcı ajan etkisiyle oluşan kimyasal bağlantının, plazma etkisiyle feldspatik porselen yüzeyinde oluşan aktif gruplar ile bağlayıcı ajanın arasında oluşan kimyasal bağlantıdan daha üstün

olduğu ve bu sonuca dayanarak plazmanın klinik kullanımda HF asite bir alternatif olamayacağı söylenebilir.

Çalışmamızda FP ve FAP grupları kıyaslandığında FAP grubunda HF asit uygulaması olmasına rağmen her iki grupta da bağlayıcı ajan olmamasından dolayı bağlanma dayanımı oldukça düşüktür. FAB ve FAP gruplarının karşılaştırılması sonucundan da anlaşılabileceği gibi soğuk plazma uygulaması feldspatik seramik tamirinde bağlayıcı ajan yerine kullanılamaz. Literatürde de benzer olarak bağlayıcı ajan uygulanmamış plazma yüzeylerinde düşük bağlanma dayanımı değerleri bildirilmektedir.^{11, 274}

Çalışmamızda en yüksek makaslama bağlanma değerleri feldspatik örnekler için sırasıyla önce HF asit, sonra soğuk plazma ve sonrasında bağlayıcı ajanların uygulandığı FAPB grubunda elde edilmiştir. Burada, HF asit ile yüzeyde gerçekleşen pürüzlülükteki ve aktif yüzey bileşenlerindeki artış ile soğuk plazmanın etkisiyle havadan absorbe olan O, N, H gibi gazların doymamış karbon bağları ile etkileşime girmesi sonucu yüzeyde aktif hidroksil gruplarının artması ve oksijen polaritesindeki artış sonucu bağlayıcı ajanla olan kimyasal etkileşimin arttığı söylenebilir. Porselen yüzeyine asit uygulaması sonucu birçok çalışmada klinik olarak başarılı bağlantı sağlandığı belirtilmekle birlikte^{68, 70, 207}, metal ya da zirkonyum oksit alt yapılı porselen restorasyonların ağız içi kırıklarında yüzeyde sadece porselenin kırıldığı chipping tarzı dışındaki kırıklarda soğuk plazmanın ara basamak olarak ilave edilmesi, hem çıplak metal ve zirkonyum yüzeyinde hem birleşim hattında hem de porselen yüzeyinde etki gösterip bütün alanlarda bağlantıyı kuvvetlendirebilir.

Çalışmamızda elde ettiğimiz bulgulara dayanarak FAP ve FA yüzeylerinin pürüzlülük açısından benzer iken, temas açısı bakımından FAP yüzeyin FA yüzeyden daha üstün bir ıslanabilirlik sergilediğini görmekteyiz. Çalışmamızda FAPB grubunun bağlanma dayanımının FAB grubundan yüksek olmasının nedeninin, bağlayıcı ajan uygulama öncesindeki yüzeyin ıslanabilirliğindeki farklılıktan kaynaklanabileceği kanaatindeyiz. Literatürde ıslanabilirliğin feldspatik seramiklerin bağlanma dayanımı üzerindeki etkilerini inceleyen çalışmalarda bağlayıcı ajanların temas açısı düşük hidrofilik yüzeylerde daha iyi yayıldığını ve benzer şekilde daha yüksek bağlanma dayanımı değerleri elde edilebildiğini göstermektedir.^{11, 18, 274, 275}

Tüm materyaller birbirleri ile kıyaslandığında, çalışmamızda kullandığımız 3 ana grup içinde yüzey işlemi olarak sadece soğuk plazmanın uygulandığı ve devamında herhangi bir bağlayıcı ajanın uygulanmadığı grupların (MP, ZP, FP, MCP, ZCP, FAP) makaslama bağlanma dayanım değerleri en düşük sonucu vermiştir. Bunlar arasında en düşük makaslama bağlanma dayanım değerlerine MP grubunda, en yüksek ise FP grubunda rastlanmıştır. Çalışmanın sınırları dâhilinde soğuk plazma uygulamasının bağlantı dayanımında metal alt yapı üzerinde biraz daha az etkili olduğu, tam seramik materyallerde biraz daha iyi etki ettiği söylenebilir.

Çalışmamızda tüm materyal gruplarında soğuk plazma sonrası bağlayıcı ajanın uygulanması (MPB, ZPB, FPB) makaslama bağlanma dayanımı değerlerini dramatik bir seviyede artırmıştır ve bu durum istatistiksel olarak da anlamlı bulunmuştur ($p<0,001$). Literatüre bakıldığında, Cho ve ark.¹⁷⁹'nın Cr-Co ve titanyum yüzeyine soğuk plazma uygulamasının makaslama bağlanma dayanım değerlerinde etkisini araştırdığı çalışmalarında, çalışmanın sınırları dâhilinde materyalden bağımsız olarak metal alaşım ve titanyum yüzeyinde bağlanma dayanımında artış bulmuşlardır. Bizim çalışmamızda da benzer sonuçlar elde edilmiştir. Plazmanın makaslama bağlanma dayanımı üzerine olan olumlu etkisinin açıklanmaya çalışıldığı Silva ve ark.¹²'nin çalışmalarında bu etkinin, plazmada bulunan oksijenin C-H ve C-C bağlarını kırmasından, plazmanın hidrokarbon bileşeninin adsorbsiyonunu azaltması ve yüzey enerjisini artırmasından kaynaklandığını belirtmişlerdir. Yüzey enerjisinin artması; ıslanabilirliğin artması ve yüzey temas açısının azalması anlamına gelir ki bu durum bizim çalışmamızda da soğuk plazma uygulanan gruplarda benzer şekilde temas açısında azalma, ıslanabilirlikte artma şeklinde bulunmuştur.

Plazmanın bağlayıcı ajandan önce uygulandığı gruplar (MPB, ZPB, FPB) birbirleri ile kıyaslandığında metal alaşım ve zirkonyum oksit örneklerden elde edilen makaslama bağlanma dayanımı değerleri benzer ($p=0,898$), feldspatik porselenden (FPB) elde edilen değerden yüksektir ($p<0,05$). Buradan da anlaşılabileceği üzere feldspatik porselen tamirinde HF asit olmaksızın sadece plazma ile metal ve zirkonya alt yapı materyal yüzeyindeki seviyede bağlanma dayanımı arttırılamamaktadır. Bugünkü literatür bilgilerimiz açıkça ortaya koymaktadır ki, feldspatik porselenler cam içeriğinden dolayı asitlenebildiğinden rezin materyaller ile daha iyi bir bağlantı sağlayabilmektedir.^{221, 266} Buna karşın klinik hayatta adeziv rezin bağlantıda en fazla

başarısızlığın yaşandığı alan çıplak metal ve zirkonyum oksit yüzeyidir.^{188, 189} Krom-kobalt metal alaşım ve zirkonyum oksit seramikler aside dirençli yapıları nedeniyle asit uygulaması sonrası bu yüzeylerde yeterli bağlantı elde edilememektedir.^{94, 222, 223} Bu nedenle çalışmaların çoğu metal ve zirkonya yüzeyi ile rezin esaslı materyaller arasındaki bağlantının, feldspatik porselenlerdeki gibi artırılmasını hedefleyen birçok yöntem denemiştir.^{12, 68, 94, 103} Liu ve ark.²⁹¹'nin çalışmalarına göre, zirkonyum oksit yüzeyine sadece bağlayıcı ajanın uygulanması ile elde edilen bağlantı, porselen yüzeyine HF asit ve bağlayıcı ajan uygulanması ile elde edilen bağlantıdan daha zayıftır. Cho ve ark.¹⁷⁹'nin çalışmalarında ise; Cr-Co yüzeyine bağlayıcı ajanın uygulanması ile elde edilen bağlantı, soğuk plazma sonrası bağlayıcı ajan uygulanması ile elde edilen bağlantıdan daha zayıftır. Buradaki bağlantının artırılması amacıyla literatürde birçok yöntem denenmiştir.^{12, 68, 94, 103} Bizim çalışmamızda da ara basamak olarak soğuk plazma uygulaması denenmiş ve MPB, ZPB ile FAB grupları benzer bağlanma dayanım değerleri sergilemiştir. Yani metal ve zirkonyum oksit yüzeyine soğuk plazma uygulaması sonrası bağlayıcı ajan uygulaması ile klinik hayatta başarı ile tamir edebildiğimiz porselen yüzeyinde elde edilen bağlantıya benzer bağlanma dayanımı elde edilebilmiştir.

Literatürdeki birçok çalışmada olduğu gibi^{143, 228, 273, 298} bizim çalışmamızda da bağlayıcı ajandan önceki basamaklarda uygulanan tribokimyasal silika kaplama ile bütün gruplarda (MCB, MCPB, ZCB, ZCPB) makaslama bağlanma dayanımında bir artış görülmüştür. Ancak bağlayıcı ajan olmaksızın sadece tribokimyasal silika kaplama uygulandığında (MCP ve ZCP grupları) tamir işlemi düşük bağlanma dayanımı ile sonuçlanmaktadır. Tribokimyasal silika kaplamanın hem Cr-Co metal alaşım hem de zirkonyum oksit yüzeyine aynı şartlarda uygulayarak hangi materyalde daha etkin olduğunu araştıran bir çalışmaya literatürde rastlanamadı. Scieasci ve ark.²⁹⁹ ve Mirayaga ve ark.³⁰⁰ çalışmalarında zirkonyum oksit yüzeyinde en yüksek bağlanma dayanımı değerlerine tribokimyasal silika kaplama sonrası bağlayıcı ajan uygulanan çalışma gruplarında elde etmişlerdir. Aynı durum Pfeiffer ve ark.³⁰¹'nin kıymetli metal alaşım ve Cr-Co kıymetsiz metal alaşım materyali kullanarak yaptıkları çalışmalarında da geçerlidir. Burada metal alaşım örnek yüzeyinde altı farklı tamir sistemi kullanılmış ve en yüksek bağlanma dayanımını tribokimyasal silika kaplama ve bağlayıcı ajan uygulanan sistemden elde edilmiştir. Bizim çalışmamızdan elde

ettiğimiz sonuçlar da literatürle benzerdir. Literatüre ilave olarak çalışmamızda, metal alaşım ve zirkonyum oksit yüzeyine uyguladığımız tribokimyasal silika kaplama uygulaması sonrası elde edilen bağlanma değerlerinin benzer olduğu görülmüştür.

Çalışmamızda en yüksek makaslama bağlanma dayanım değerlerine ise zirkonyum oksit ve Cr-Co kıymetsiz metal alaşım ana grupları için; tribokimyasal silika uygulanmış yüzey üzerine soğuk plazma ve sonrasında bağlayıcı ajanın uygulandığı gruplarda (ZCPB, MCPB), feldspatik porselen grubu için ise; HF asit uygulanmış yüzeye soğuk plazma ve sonrasında bağlayıcı ajanın uygulandığı FAPB grubunda bulunmuştur. Kendi aralarında kıyaslandığında ise istatistiksel olarak benzer bulunmuştur ($p=828$). Her üç materyal de klinikte uygulanabilecek kombinasyonları dâhilinde bağlanma dayanımları anlamında plazma uygulamasına benzer yanıtlar vermiştir. Klinik açıdan bulgularımız değerlendirildiğinde; restorasyonların tamirinde ara basamak olarak soğuk plazma uygulamasının sabit protetik tedavinin üç temel materyali olan metal, zirkonya ve feldspatik yüzeylerinde oluşan kırıklarda yetersiz bağlantıdan kaynaklanan başarısızlıkların önlenmesinde umut vadettiği görülmektedir.

Çalışmamızda makaslama bağlanma dayanımı testini takiben kırılma tiplerini belirlemek için stereomikroskop incelemesi sonucu elde edilen bulgular değerlendirildiğinde; makaslama bağlanma dayanımı değerlerinin düşük olduğu, yüzey işlemi olarak sadece soğuk plazma uygulanan ZP, MP ve FP gruplarında %100 oranında adeziv tip kırık gözlemlendi. Ayrıca soğuk plazma uygulaması diğer yüzey işlemleri ile kombine kullanılsa dahi son aşamada bağlayıcı ajan uygulanmamış olan ZCP, MCP ve FAP gruplarında da %100 oranında adeziv tip kırık gözlemlendi. Literatürdeki birçok çalışmada, düşük makaslama bağlantı değerlerine sahip yüzeylerde adeziv kırık, yüksek makaslama bağlantı değerleri gösteren yüzeylerde ise miks ve kohesiv kırıkların oluştuğu gösterilmiştir.^{57, 91, 110, 113, 302} Klinikte sıklıkla kullanılan yöntemler (MB, ZB) sonucu ortaya çıkan kırıklar değerlendirildiğinde MB grubunda %20, ZB grubunda %40 adeziv kırık gözlemlendi. Buna karşın; ara basamak olarak bağlayıcı ajandan önce soğuk plazma uygulanan gruplarda (MPB, ZPB) ortaya çıkan adeziv kırık oranları, MPB grubunda %0, ZPB grubunda %20 olarak kaydedildi. Buna göre, ara basamak olarak uygulanan soğuk plazmanın adeziv kırık başarısızlığını azalttığı söylenebilir.

Literatürde yüzey işlemi olarak tribokimyasal silika kaplama kullanılarak yapılan birçok çalışmada adeziv kırktan daha fazla kohesiv ya da miks kırığa rastlanmıştır.^{82, 197, 224, 285, 290, 295} Bizim çalışmamızda tribokimyasal silika kaplamanın bağlayıcı ajandan önce ara basamak olarak uygulandığı gruplarda (MCB, ZCB), MB ve ZB gruplarına kıyasla daha fazla miks ve kohesiv kırık gözlemlendi. Benzer makaslama bağlanma dayanım değerlerine sahip olan, bağlayıcı ajandan önce soğuk plazma uygulanan gruplar (MPB, ZPB) ile bağlayıcı ajandan önce tribokimyasal silika kaplama uygulanan gruplar (MCB, ZCB) kıyaslandığında benzer kırık tipleri görüldü. Bağlayıcı ajandan önce tribokimyasal silika uygulanan ZCB(%30) ve MCB(%60) gruplarında gözlenen kohesiv kırık insidansı, soğuk plazmanın ilave bir basamak olarak uygulanmasıyla (ZCPB(%60) ve MCPB(%100)) belirgin bir artış göstermiştir. Bu veriler makaslama bağlanma dayanımı verileriyle örtüşmektedir.

Feldspatik porselen grubunda ise; klinikte sıklıkla tercih edilen yöntem olan FAB’de adeziv kırık gözlenmedi. Feldspatik porselen yüzeyine herhangi bir ilave yüzey işleminin uygulanmadığı ve kullanılan tamir setinin üretici firma talimatlarına göre yapıldığı birçok çalışmada makaslama bağlanma dayanım testi sonucu görülen kırıklar daha çok miks ve kohesiv kırıklardır.^{94, 219, 242, 266} Yoo ve ark.²⁹⁵ Bisco tamir seti kullanarak yaptıkları çalışmada feldspatik porselende görülen kırıkların benzer şekilde miks ve kohesiv olduğunu belirtmişlerdir. Yüzeye asit yerine soğuk plazmanın uygulandığı grupta (FPB) %70 oranında adeziv kırık gözlemlendi. Buna karşın, asitlemeden sonra soğuk plazmanın uygulandığı grupta (FAPB) adeziv kırık gözlenmeyip, %100 oranında porselen örnek içinde kohesiv kırık gözlemlendi. Buradan da anlaşılacağı üzere, silika içerikli asitlenebilen porselen olan feldspatik porselen tamiri için asitleme önemli bir basamaktır. Soğuk plazma asitlemenin yerini tutamamaktadır. Ancak ara basamak olarak ilave edildiğinde daha kuvvetli bir bağlantı oluşmaktadır. FAPB grubunda makaslama testi sonrası kırıklar porselen materyali içinde gerçekleştiğinden örnek yüzeyi ile tamir materyali arasındaki bağlantının oldukça güçlü olduğu ve elde edilen bağlantının feldspatik porselenin kırılma dayanımından daha yüksek olduğu söylenebilir.

Çalışmamızın limitasyonları; tek bir tamir seti ve tek bir tamir materyali olarak kompozit rezin kullanılması, soğuk plazma uygulamasının; yüzey şartlandırma yöntemlerinden sadece HF asit uygulama ve tribokimyasal silika kaplama dışında

diğer işlemlerle karşılaştırılamaması, farklı plazma sistemlerinin birbirleriyle karşılaştırılamamış olması, uygulanan plazma sürelerinin 3 ana grupta ön çalışma ile belirlenen optimal sürede yapılması ve farklı sürelerin etkilerinin değeriendirilememesi, yaşlandırma yöntemi olarak sadece termal siklusun kullanılması ve çalışmanın in-vitro şartlarda gerçekleştirilmesi olarak sıralanabilir.



6. SONUÇLAR

Soğuk plazma uygulamasının; zirkonyum oksit, Cr-Co kıymetsiz metal alaşım ve feldspatik porselen tamirindeki etkinliğini ve yüzeyde oluşturduğu değişiklikleri araştırdığımız bu çalışmanın sınırları dâhilinde elde edilen sonuçlar aşağıdaki gibidir:

- 1- Soğuk plazma uygulamasının herhangi bir pürüzlük artışı ya da azalmasına sebep olmadığı görüldü.
- 2- Bütün gruplarda, soğuk plazma ve/veya tribokimyasal silika kaplama sonrası son işlem olarak bağlayıcı ajan uygulanması ile elde edilen pürüzlülük değerlerinin benzer olduğu söylenebilir.
- 3- Soğuk plazma uygulaması yüzey temas açısından anlamlı bir azalmaya yol açtı.
- 4- Bütün gruplarda soğuk plazma ve/veya tribokimyasal silika kaplama sonrası son işlem olarak bağlayıcı ajan uygulanması sonucunda elde edilen yüzey temas açısı değerlerinin benzer olduğu söylenebilir.
- 5- Bağlanma dayanımları değerlendirildiğinde soğuk plazmanın tek yüzey işlemi olarak uygulanması başarısız bir bağlantı sağlarken, soğuk plazma sonrası bağlayıcı ajan uygulanması bağlantı dayanımını önemli ölçüde artırdı.
- 6- Soğuk plazma uygulamasının metal ve zirkonya alt yapıli restorasyonların tamirinde tribokimyasal silika kaplama yerine kullanılabileceği belirlendi.
- 7- Soğuk plazma uygulamasının feldspatik seramik tamirinde asitlemenin yerine kullanılamayacağı belirlendi.
- 8- Soğuk plazma uygulamasının metal, zirkonya ve feldspatik porselen materyalinde bağlayıcı ajan yerine kullanılamayacağı belirlendi.
- 9- En yüksek bağlanma dayanımı değerleri; her üç materyalde de tüm yüzey işlemlerinin bir arada uygulandığı gruplarda elde edildi.
- 10- Soğuk plazma uygulanmasını takiben bağlayıcı ajanın uygulanması, makaslama bağlanma dayanımı testi sonrası gerçekleşen kırık tiplerinin daha çok miks ve kohesiv kırık olmasını sağlamıştır.

Son olarak belirtmek gerekir ki, in-vitro olarak gerçekleştirdiğimiz çalışmamızın sonuçlarından yola çıkarak, tek başına ve farklı yöntemlerin

kombinasyonu şeklinde uygulanan soğuk plazmanın, zirkonyum oksit, Cr-Co kıymetsiz metal alaşım ve feldspatik porselenlerin yüzey özellikleri üzerinde fiziksel ve kimyasal etkileri olduğu ve ağız içi tamirlerinde bağlantı kuvvetini artırmaya yönelik alternatif bir yüzey işlemi olabileceği söylenebilir. Özellikle metal alaşım ve zirkonyum oksitte tribokimyasal silika kaplama + soğuk plazma kombinasyonunun ve feldspatik porselende HF asit+soğuk plazma kombinasyonunun, klinikte yaygın kullanılan ve literatürde tavsiye edilen yöntemlerden daha üstün performans sergilemesi umut verici görünmektedir. Ancak daha ileri in-vivo çalışmalarla desteklenmesine ihtiyaç vardır.



7. ÖZET

Soğuk plazma uygulamasının sabit protetik restorasyonların tamirindeki etkinliğinin incelenmesi

Bu çalışmanın amacı, soğuk plazma uygulamasının, metal altyapılı seramik, zirkonyum oksit altyapılı seramik ve feldspatik porselen materyallerinin ağız içi tamirlerindeki etkinliğini değerlendirmektir.

Çalışmada zirkonyum oksit seramik (n=180), Cr-Co kıymetsiz metal alaşım (n=180) ve feldspatik porselen (n=155) materyallerinden toplam 445 adet örnek hazırlandı. Örnekler 10000 termal siklus ile ön yaşlandırma uygulandı. Bütün örnekler kendi ana grubu içinde uygulanacak yüzey işlemine göre alt gruplara ayrıldı (n=10). Metal alaşım grubunda M0 (yüzey işlemi yok), MP (Soğuk plazma), MB (Bağlayıcı Ajan), MPB (Soğuk plazma + Bağlayıcı Ajan), MC (Tribokimyasal silika kaplama), MCB (Tribokimyasal silika kaplama + Bonding), MCPB (Tribokimyasal silika kaplama + Soğuk Plazma + Bağlayıcı Ajan), Zirkonya alt yapı grubunda Z0 (yüzey işlemi yok), ZP (Soğuk plazma), ZB (Bağlayıcı Ajan), ZPB (Soğuk plazma+Bağlayıcı Ajan), ZC (Tribokimyasal silika kaplama), ZCB (Tribokimyasal silika kaplama + Bonding), ZCPB (Tribokimyasal silika kaplama + Soğuk Plazma + Bağlayıcı Ajan), Feldspatik porselen grubunda F0(yüzey işlemi yok), FP (Soğuk plazma), FPB (Soğuk Plazma + Bağlayıcı Ajan), FA (Hidroflorik Asit), FAB (Hidroflorik Asit + Bağlayıcı Ajan), FAP (Hidroflorik Asit + Soğuk Plazma), FAPB (Hidroflorik Asit + Soğuk Plazma + Bağlayıcı Ajan) grupları oluşturuldu.

Bütün gruplarda yüzey pürüzlülük ölçümleri profilometre, ve yüzey temas açısı ölçümleri goniometre ile yapıldı. Yüzey işlemlerini takiben porselen tamir seti ile tamir işlemi gerçekleştirilen örnekler universal test cihazında makaslama bağlanma dayanımı testi uygulandı. Kırılan örnekler stereomikroskop kullanılarak incelendi ve kırık tiplerine göre sınıflandırıldı. İstatistiksel değerlendirme için tek yönlü ANOVA, çoklu karşılaştırma testi olarak Tukey testi uygulandı ($\alpha=0,05$).

Çalışmadan elde edilen sonuçlara göre soğuk plazmanın tek olarak uygulanması pürüzlülükte herhangi bir değişikliğe sebep olmazken, yüzey temas açısında belirgin bir düşmeye sebep olmuştur ($p<0,001$). En yüksek makaslama

bağlanma dayanımı değerleri, metal ve zirkonya altyapı örnek gruplarında tribokimyasal silika kaplama sonrası soğuk plazma ve bağlayıcı ajanın uygulandığı gruplarda, feldspatik örnek grubunda ise HF asit uygulamasını takiben soğuk plazma ve bağlayıcı ajan uygulanan gruplarda elde edilmiştir (MCPB=22,69±1,77 MPa ZCPB=23,01±3,17 MPa, ve FAPB=24,44±2,49 MPa).

Soğuk plazma uygulaması metal, zirkonya altyapı ve feldspatik porselen yüzeyi ile kompozit rezin tamir materyali arasındaki bağlantıyı iyileştirmeye yönelik olarak alternatif bir yüzey işlemi olarak değerlendirilebilir, ancak kesin yargılar için konunun in-vivo çalışmalarla desteklenmesi gerekmektedir.

Anahtar Kelimeler: Porselen tamiri, Non termal plazma, Makaslama bağlanma dayanımı

8. SUMMARY

Investigation of the effectiveness of non-thermal plasma application on repair of fixed prosthetic restorations

The aim of this study is to evaluate the effectiveness of non-thermal plasma application on intraoral repair of metal-based ceramic, zirconium oxide-based ceramic and feldspathic ceramic materials.

In the study, 445 samples which are zirconium oxide ceramic (n = 180), Cr-Co non-precious metal alloy (n = 180) and feldspathic ceramic (n = 155) materials, was aged with 10000 thermal cycles. All samples were randomly divided into groups (n = 10) within their main group. In metal alloy main group; M0 (No Surface Treatment), MP (Non-thermal Plasma), MB (Bonding Agent), MPB (Non-thermal Plasma + Bonding Agent), MC (Tribochemical Silica Coating), MCB (Tribochemical Silica Coating + Bonding Agent), MCPB (Non-thermal Plasma + Tribochemical Silica Coating + Bonding Agent), in zirconium oxide main group; Z0 (No Surface Treatment), ZP (Non-thermal Plasma), ZB (Bonding Agent), ZPB (Non-thermal Plasma + Bonding Agent), ZC (Tribochemical Silica Coating), ZCB (Tribochemical Silica Coating + Bonding Agent), ZCPB (Non-thermal Plasma + Tribochemical Silica Coating + Bonding Agent), in feldspathic porcelain main group; F0 (No Surface Treatment), FP (Non-thermal Plasma), FA (Hydrofluoric acid), FAP (Hydrofluoric acid + Non-thermal Plasma), FAB (Hydrofluoric acid + Bonding Agent), FPB (Non-thermal Plasma + Bonding Agent), FAPB (Hydrofluoric acid + Non-thermal Plasma + Bonding Agent) subgroups were created.

Surface roughness measurements were made with a profilometer, and surface contact angle measurements were made with a goniometer in all groups. After surface treatments were applied, the specimens were repaired with a porcelain repair kit and the shear bond strength test was applied in a universal test machine. Fractured specimens were examined using a stereomicroscope and classified according to fracture types. One-way ANOVA was used for statistical evaluation and Tukey test was used as multiple comparison test ($\alpha=0.05$).

According to the results obtained from the study, the single application of non-thermal plasma did not cause any change in the roughness, but caused a significant decrease in the surface contact angle ($p < 0.001$). The highest shear bond strength values were obtained in the metal alloy and zirconium oxide groups in which non-thermal plasma and bonding agent were applied after tribochemical silica coating, and in the feldspathic groups in which non-thermal plasma and bonding agent were applied after the application of HF acid. (ZCPB = 23.01 ± 3.17 MPa, MCPB = 22.69 ± 1.77 MPa and FAPB = 24.44 ± 2.49 MPa).

Non-thermal plasma application can be considered as an alternative surface treatment to improve the adhesion between metal, zirconia substructure and feldspathic ceramic surface to composite resin repair material, but the issue should be supported by in-vivo studies for definite judgments.

Keywords: Porcelain repair, Non-thermal plasma, Shear bond strength

9. KAYNAKLAR

1. Kang S-H, Chang J, Son H-H. Flexural strength and microstructure of two lithium disilicate glass ceramics for CAD/CAM restoration in the dental clinic. *Restorative dentistry & endodontics*. 2013;38(3):134-40.
2. Alshehri SA. An Investigation into the Role of Core Porcelain Thickness and Lamination in Determining the Flexural Strength of In-Ceram Dental Materials. *Journal of Prosthodontics: Implant, Esthetic and Reconstructive Dentistry*. 2011;20(4):261-6.
3. Özcan M. Evaluation of alternative intra-oral repair techniques for fractured ceramic-fused-to-metal restorations. *Journal of oral rehabilitation*. 2003;30(2):194-203.
4. Attia A. Influence of surface treatment and cyclic loading on the durability of repaired all-ceramic crowns. *Journal of Applied Oral Science*. 2010;18(2):194-200.
5. Hacızade F. Seramik alanında kullanılan terim ve kavramlarda Türkçenin durumu. 2014.
6. Anusavice KJ, Shen C, Rawls HR. Phillips' science of dental materials: Elsevier Health Sciences; 2012.
7. Li RWK, Chow TW, Matinlinna JP. Ceramic dental biomaterials and CAD/CAM technology: state of the art. *Journal of prosthodontic research*. 2014;58(4):208-16.
8. Al-Moaleem M, Al-Qahtani NM. A combination of intra and extra oral technique for repairing a multi-unit metal ceramic fixed partial denture. *International Journal of Dental Clinics*. 2012;4(2).
9. Özcan M. Intraoral Repair Protocol for Chipping or Fracture of Veneering Ceramic in Zirconia Fixed Dental Prostheses. *The journal of adhesive dentistry*. 2015;17. doi: 10.3290/j.jad.a34175.
10. Valverde GB, Coelho PG, Janal MN, Lorenzoni FC, Carvalho RM, Thompson VP, et al. Surface characterisation and bonding of Y-TZP following non-thermal plasma treatment. *Journal of dentistry*. 2013;41(1):51-9. Epub 2012/10/10. doi: 10.1016/j.jdent.2012.10.002. PubMed PMID: 23044388.
11. Han GJ, Chung SN, Chun BH, Kim CK, Oh KH, Cho BH. Effect of the applied power of atmospheric pressure plasma on the adhesion of composite resin to dental ceramic. *The journal of adhesive dentistry*. 2012;14(5):461-9. Epub 2012/06/23. doi: 10.3290/j.jad.a25688. PubMed PMID: 22724108.
12. Silva NR, Coelho PG, Valverde GB, Becker K, Ihrke R, Quade A, et al. Surface characterization of Ti and Y-TZP following non-thermal plasma exposure. *Journal of biomedical materials research Part B, Applied biomaterials*. 2011;99(1):199-206. Epub 2011/06/30. doi: 10.1002/jbm.b.31887. PubMed PMID: 21714084.
13. Chen Y, Tay FR, Lu Z, Chen C, Qian M, Zhang H, et al. Dipentaerythritol penta-acrylate phosphate-an alternative phosphate ester monomer for bonding of methacrylates to zirconia. *Scientific reports*. 2016;6(1):1-8.
14. Lutz F, Phillips RW. A classification and evaluation of composite resin systems. *Journal of Prosthetic Dentistry*. 1983;50(4):480-8.
15. Tural Z, Yamaner IDŞ, Tuncer EB. Dental seramiklerin tarihsel gelişimi Atatürk Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Dergisi; Cilt 10, Sayı 10 (2015): SUPPLEMENT-10. 2015.

16. Van Dijken J. All-ceramic restorations: classification and clinical evaluations. *Compendium of continuing education in dentistry* (Jamesburg, NJ: 1995). 1999;20(12):1115.
17. The Academy of P. The glossary of prosthodontic terms. *J Prosthet Dent*. 2005;94:10-92.
18. Cokeliler D, Erkut S, Shard A, Akdoğan E, Özden N, İmirzalıoğlu P, et al. A Novel Approach for Improvement of the Interfacial Binding of Ceramics for Dental Materials: Chemical Treatment and Oxygen Plasma Etching. *Journal of Applied Polymer Science*. 2008;110:2656-64. doi: 10.1002/app.28432.
19. Jones DW. Development of dental ceramics. An historical perspective. *Dental Clinics of North America*. 1985;29(4):621-44.
20. Kelly JR, Nishimura I, Campbell SD. Ceramics in dentistry: historical roots and current perspectives. *The Journal of prosthetic dentistry*. 1996;75(1):18-32.
21. Akın E. *Diş Hekimliğinde Porselen*. İstanbul Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Yayınları. 1999;3.
22. McLean JW. Evolution of dental ceramics in the twentieth century. *Journal of Prosthetic Dentistry*. 2001;85(1):61-6.
23. Shillingburg HT, Hobo S, Whitsett LD, Jacobi R, Brackett S. *Fundamentals of fixed prosthodontics*: Quintessence Publishing Company; 1997.
24. Wildgoose DG, Johnson A, Winstanley RB. Glass/ceramic/refractory techniques, their development and introduction into dentistry: A historical literature review. *The Journal of prosthetic dentistry*. 2004;91(2):136-43.
25. Altuntaş M. Soğuk plazma uygulamasının dental zirkonyanın yüzey özelliklerine ve rezin simanla bağlantısına etkilerinin araştırılması [PHD Thesis]. unpublished: İzmir Katip Çelebi Üniversitesi; 2018.
26. Brochu J-F, El-Mowafy O. Longevity and clinical performance of IPS-Empress ceramic restorations-a literature review. *Journal-Canadian Dental Association*. 2002;68(4):233-8.
27. O'Brien WJ. *Dental materials and their selection*. 2002.
28. Guazzato M, Albakry M, Swain MV, Ironside J. Mechanical properties of In-Ceram Alumina and In-Ceram Zirconia. *International Journal of Prosthodontics*. 2002;15(4).
29. Rosenstiel S, Land F, Fujimoto J. *Contemporary Fixed Prosthodontics*, ; Mosby. Elsevier; 2006.
30. Yavuzylmaz H. *Metal destekli estetik (veneer-kaplama) kronlar*. Gazi Üniversitesi, Ankara. 1996.
31. Della Bona A, Shen C, Anusavice KJ. Work of adhesion of resin on treated lithia disilicate-based ceramic. *Dental Materials*. 2004;20(4):338-44.
32. Craig R, Powers J. *Restorative dental materials*. St. Louis: The CV Mosby. Inc; 2002.
33. Touati B, Miara P, Nathanson D. Esthetic dentistry and ceramic restorations. *British Dental Journal*. 1999;186(10):533.
34. Kırmalı Ö. *Diş hekimliğinde dental seramikler*. Cumhuriyet Dental Journal. 2014;17(3):316-24.
35. McLean JW. *The Science and Art of Dental Ceramics-Volume II: Bridge Design and Laboratory Procedures in Dental Ceramics*: Quintessence Publishing; 2019.

36. Özcan M, Niedermeier W. Clinical study on the reasons for and location of failures of metal-ceramic restorations and survival of repairs. *International Journal of Prosthodontics*. 2002;15(3).
37. Zaimoglu A, Can G, Ersoy E, Aksu L. Diş hekimliğinde maddeler bilgisi. Ankara: Ankara Üniversitesi Dişhekimliği Fakültesi Yayınları. 1993.
38. Shilling Jr H, Hobo S, Whitsett L. Fundamentals of fixed prosthodontics. Chicago: Quintessence Publishing Co, Inc. 1997;132.
39. Gündoğdu M. Seramik alt yapı materyallerinin mine ve dentine bağlanma dayanımı üzerine adeziv rezin simanların etkisi 2014.
40. Zarone F, Russo S, Sorrentino R. From porcelain-fused-to-metal to zirconia: clinical and experimental considerations. *Dental materials*. 2011;27(1):83-96.
41. Yüksel DG, Çekiç C, Özkan DP. Metal desteksiz porselen sistemleri. Atatürk Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Dergisi. 2000;2000(2).
42. Guess PC, Schultheis S, Bonfante EA, Coelho PG, Ferencz JL, Silva NR. All-ceramic systems: laboratory and clinical performance. *Dental clinics*. 2011;55(2):333-52.
43. Gracis S, Thompson VP, Ferencz JL, Silva NR, Bonfante EA. A new classification system for all-ceramic and ceramic-like restorative materials. *International Journal of prosthodontics*. 2015;28(3).
44. Helvey G. Classifying dental ceramics: numerous materials and formulations available for indirect restorations. *Compendium of continuing education in dentistry (Jamesburg, NJ: 1995)*. 2014;35(1):38-43.
45. Wall J, Cipra D. Alternative crown systems. Is the metal-ceramic crown always the restoration of choice? *Dental Clinics of North America*. 1992;36(3):765-82.
46. Taşveren S, Özdemir AK. Yüksek miktarda alumina ile güçlendirilmiş metal desteksiz porselen sistemleri. Cumhuriyet Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Dergisi. 2005;8(2):128-32.
47. ISO I. TS 11405: Dental materials—testing of adhesion to tooth structure. Geneva, Switzerland: International Organization for Standardization ISO Central Secretariat. 2003.
48. Zaimoğlu A, Can G, Ersoy E, Aksu L. Diş hekimliğinde maddeler bilgisi. AÜ Basımevi, Ankara. 1993;515.
49. Hondrum SO. A review of the strength properties of dental ceramics. *The Journal of prosthetic dentistry*. 1992;67(6):859-65.
50. Vence BS. Electroforming technology for galvanoceramic restorations. *The Journal of prosthetic dentistry*. 1997;77(4):444-9.
51. Denry I, Kelly JR. State of the art of zirconia for dental applications. *Dental materials*. 2008;24(3):299-307.
52. Piconi C, Maccauro G. Zirconia as a ceramic biomaterial. *Biomaterials*. 1999;20(1):1-25.
53. Conrad HJ, Seong W-J, Pesun JJ. Current ceramic materials and systems with clinical recommendations: a systematic review. *The Journal of prosthetic dentistry*. 2007;98(5):389-404.
54. Bayramoğlu DE, Özkan Y. Cam seramik restorasyonlar ve zirkonya alt yapıli seramik restorasyonların karşılaştırılması. Atatürk Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Dergisi. 2012;2012(Supplement 6).
55. McInnes P, Dickinson G. The effect of thermocycling in microleakage analysis. *Dental Materials*. 1992;8(3):181-4.

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. Derand T, Molin M, Kvam K. Bond strength of composite luting cement to zirconia ceramic surfaces. *Dental materials : official publication of the Academy of Dental Materials*. 2005;21(12):1158-62. Epub 2005/07/12. doi: 10.1016/j.dental.2005.02.005. PubMed PMID: 16005508.
58. Luthardt RG, Sandkuhl O, Reitz B. Zirconia-TZP and alumina--advanced technologies for the manufacturing of single crowns. *The European journal of prosthodontics and restorative dentistry*. 1999;7(4):113-9.
59. Raigrodski AJ, Chiche GJ, Potiket N, Hochstedler J, Mohamed SE, Billiot S, et al. The efficacy of posterior three-unit zirconium-oxide-based ceramic fixed partial dental prostheses: A prospective clinical pilot study. *The Journal of prosthetic dentistry*. 2006;96(4):237-44.
60. Yüksel ÇY, Karagözlü N. Soğuk Atmosferik Plazma Teknolojisi ve Gıdalarda Kullanımı. *Adnan Menderes Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*. 2017;14(2):81-6.
61. Guazzato M, Albakry M, Ringer SP, Swain MV. Strength, fracture toughness and microstructure of a selection of all-ceramic materials. Part II. Zirconia-based dental ceramics. *Dental materials*. 2004;20(5):449-56.
62. Raigrodski AJ. Contemporary materials and technologies for all-ceramic fixed partial dentures: a review of the literature. *The Journal of prosthetic dentistry*. 2004;92(6):557-62.
63. Aboushelib MN, De Jager N, Kleverlaan CJ, Feilzer AJ. Microtensile bond strength of different components of core veneered all-ceramic restorations. *Dental Materials*. 2005;21(10):984-91.
64. Trinkner T, Rosenthal L. Esthetic restoration of anterior dentition with metal-free restorative material. *Compendium of continuing education in dentistry (Jamesburg, NJ: 1995)*. 1998;19(12):1248.
65. Piwowarczyk A, Lauer HC, Sorensen JA. In vitro shear bond strength of cementing agents to fixed prosthodontic restorative materials. *J Prosthet Dent*. 2004;92(3):265-73. Epub 2004/09/03. doi: 10.1016/j.prosdent.2004.06.027. PubMed PMID: 15343162.
66. Swain M. Unstable cracking (chipping) of veneering porcelain on all-ceramic dental crowns and fixed partial dentures. *Acta biomaterialia*. 2009;5(5):1668-77.
67. Gibbs CH, Mahan PE, Lundeen HC, Brehnan K, Walsh EK, Holbrook WB. Occlusal forces during chewing and swallowing as measured by sound transmission. *Journal of Prosthetic Dentistry*. 1981;46(4):443-9.
68. Chung K-h, Hwang Y-c. Bonding strengths of porcelain repair systems with various surface treatments. *The Journal of prosthetic dentistry*. 1997;78(3):267-74.
69. De Kler M, De Jager N, Meegdes M, Van Der Zel J. Influence of thermal expansion mismatch and fatigue loading on phase changes in porcelain veneered Y-TZP zirconia discs. *Journal of oral rehabilitation*. 2007;34(11):841-7.
70. Kimmich M, Stappert CF. Intraoral treatment of veneering porcelain chipping of fixed dental restorations: a review and clinical application. *The Journal of the American Dental Association*. 2013;144(1):31-44.
71. Ergün G. New approaches in ceramic repair systems. *Cumhuriyet Dental Journal*. 19(1):87-110.

72. AL-AMLEH B, Lyons K, Swain M. Clinical trials in zirconia: a systematic review. *Journal of oral rehabilitation*. 2010;37(8):641-52.
73. Guazzato M, Walton T, Franklin W, Davis G, Bohl C, Klineberg I. Influence of thickness and cooling rate on development of spontaneous cracks in porcelain/zirconia structures. *Australian dental journal*. 2010;55(3):306-10.
74. Nağış IÇ, Ergün G. Zirkonya seramiklerin diş hekimliğindeki yeri ve geleceği. *Gazi Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Dergisi*. 2008;25(3):51-60.
75. Baldassarri M, Zhang Y, Thompson VP, Rekow ED, Stappert CF. Reliability and failure modes of implant-supported zirconium-oxide fixed dental prostheses related to veneering techniques. *Journal of dentistry*. 2011;39(7):489-98.
76. Beuer F, Schweiger J, Eichberger M, Kappert HF, Gernet W, Edelhoff D. High-strength CAD/CAM-fabricated veneering material sintered to zirconia copings—a new fabrication mode for all-ceramic restorations. *Dental Materials*. 2009;25(1):121-8.
77. Galiatsatos AA. An indirect repair technique for fractured metal-ceramic restorations: a clinical report. *The Journal of prosthetic dentistry*. 2005;93(4):321-3.
78. Bachhav VC, Aras MA. The effect of ceramic thickness and number of firings on the color of a zirconium oxide based all ceramic system fabricated using CAD/CAM technology. *The journal of advanced prosthodontics*. 2011;3(2):57-62.
79. Subaşı MG, Demir N, Kara Ö, Ozturk AN, Özel F. Mechanical properties of zirconia after different surface treatments and repeated firings. *The journal of advanced prosthodontics*. 2014;6(6):462-7.
80. Isgro 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. *The Journal of prosthetic dentistry*. 2003;90(5):465-73.
81. Cho S-H, Nagy WW, Goodman JT, Solomon E, Koike M. The effect of multiple firings on the marginal integrity of pressable ceramic single crowns. *The Journal of prosthetic dentistry*. 2012;107(1):17-23.
82. dos Santos JG, Fonseca RG, Adabo GL, dos Santos Cruz CA. Shear bond strength of metal-ceramic repair systems. *the Journal of prosthetic dentistry*. 2006;96(3):165-73.
83. Wady AF, Paleari AG, Queiroz TP, Margonar R. Repair technique for fractured implant-supported metal-ceramic restorations: a clinical report. *Journal of Oral Implantology*. 2014;40(5):589-92.
84. Llobell A, Nicholls J, Kois J, Daly C. Fatigue life of porcelain repair systems. *International Journal of Prosthodontics*. 1992;5(3).
85. Macura A, Kasperski J, Urbaniak M, Klimek A. Materials and methods used for repairing damaged veneering porcelain in permanent complex prosthetic restorations-review of literature. *J Stoma*. 2013;66(2):221-30.
86. Meshramkar R. A review on repair of fracture porcelain A review on repair of fracture porcelain. *Indian Journal of Dental Education*. 2010;3(3):133.
87. Aboushelib MN, Kleverlaan CJ, Feilzer AJ. Microtensile bond strength of different components of core veneered all-ceramic restorations. Part II: Zirconia veneering ceramics. *Dental materials : official publication of the Academy of Dental Materials*. 2006;22(9):857-63. Epub 2005/12/27. doi: 10.1016/j.dental.2005.11.014. PubMed PMID: 16376981.
88. Kanzow P, Dieckmann P, Hausdorfer T, Attin T, Wiegand A, Wegehaupt FJ. Repair restorations: Questionnaire survey among dentists in the Canton of Zurich,

- Switzerland. Swiss dental journal. 2017;127(4):300-11. Epub 2017/05/10. PubMed PMID: 28480953.
89. Shahverdi S, Canay S, Sûahin E, Bilge A. Effects of different surface treatment methods on the bond strength of composite resin to porcelain. *Journal of oral rehabilitation*. 1998;25(9):699-705.
 90. Wood M, Litkowski LJ, Thompson VP, Church T. Repair of porcelain/metal restoration with resin bonded overcasting. *Journal of Esthetic and Restorative Dentistry*. 1992;4(4):110-3.
 91. Dérand P, Dérand T. Bond strength of luting cements to zirconium oxide ceramics. *International Journal of Prosthodontics*. 2000;13(2).
 92. Jain S, Parkash H, Gupta S, Bhargava A. To evaluate the effect of various surface treatments on the shear bond strength of three different intraoral ceramic repair systems: an in vitro study. *The Journal of Indian Prosthodontic Society*. 2013;13(3):315-20.
 93. Colares RCR, Neri JR, Souza AMBd, Pontes KMdF, Mendonca JS, Santiago SL. Effect of surface pretreatments on the microtensile bond strength of lithium-disilicate ceramic repaired with composite resin. *Brazilian dental journal*. 2013;24(4):349-52.
 94. Özcan M, Vallittu PK. Effect of surface conditioning methods on the bond strength of luting cement to ceramics. *Dental materials : official publication of the Academy of Dental Materials*. 2003;19(8):725-31. Epub 2003/09/27. PubMed PMID: 14511730.
 95. Özcan M, Allahbeickaraghi A, Dünder M. Possible hazardous effects of hydrofluoric acid and recommendations for treatment approach: a review. *Clinical oral investigations*. 2012;16(1):15-23.
 96. Blum IR, Lynch CD, Wilson NH. Teaching of direct composite restoration repair in undergraduate dental schools in the United Kingdom and Ireland. *European journal of dental education : official journal of the Association for Dental Education in Europe*. 2012;16(1):e53-8. Epub 2012/01/19. doi: 10.1111/j.1600-0579.2010.00674.x. PubMed PMID: 22251354.
 97. Kussano CM, Bonfante G, Batista JG, Pinto JHN. Evaluation of shear bond strength of composite to porcelain according to surface treatment. *Brazilian dental journal*. 2003;14(2):132-5.
 98. 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.
 99. Fischer J, Stawarczyk B. Compatibility of machined Ce-TZP/Al₂O₃ nanocomposite and a veneering ceramic. *Dental materials*. 2007;23(12):1500-5.
 100. Madani M, Chu FC, McDonald AV, Smales RJ. Effects of surface treatments on shear bond strengths between a resin cement and an alumina core. *The Journal of prosthetic dentistry*. 2000;83(6):644-7.
 101. YILDIRIM G, İsmail U. DİŞ HEKİMLİĞİNDE SİLAN UYGULAMALARI. *Atatürk Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Dergisi*. 26(15):123-30.
 102. Zhang Y, Lawn BR, Malament KA, Thompson VP, Rekow ED. Damage accumulation and fatigue life of particle-abraded ceramics. *International Journal of Prosthodontics*. 2006;19(5).

103. Bona AD, Borba M, Benetti P, Cecchetti D. Effect of surface treatments on the bond strength of a zirconia-reinforced ceramic to composite resin. *Brazilian oral research*. 2007;21(1):10-5.
104. 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.
105. Santos-Daroz CBd, Oliveira MT, Góes MFd, Nikaido T, Tagami J, Giannini M. Bond strength of a resin cement to dentin using the resin coating technique. *Brazilian oral research*. 2008;22(3):198-204.
106. Atsu SS, Kilicarslan MA, Kucukesmen HC, Aka PS. Effect of zirconium-oxide ceramic surface treatments on the bond strength to adhesive resin. *The Journal of prosthetic dentistry*. 2006;95(6):430-6.
107. Matinlinna J, Vallittu P. Bonding of resin composites to etchable ceramic surfaces—an insight review of the chemical aspects on surface conditioning. *Journal of oral rehabilitation*. 2007;34(8):622-30.
108. 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.
109. Chen L, Suh BI. Bonding of resin materials to all-ceramics: a review. *Curr Res Dent*. 2012;3(1):7-17.
110. Kasraei S, Rezaei-Soufi L, Heidari B, Vafaei F. Bond strength of resin cement to CO₂ and Er: YAG laser-treated zirconia ceramic. *Restorative dentistry & endodontics*. 2014;39(4):296-302.
111. Foxton RM, Cavalcanti AN, Nakajima M, Pilecki P, Sherrieff M, Melo L, et al. Durability of resin cement bond to aluminium oxide and zirconia ceramics after air abrasion and laser treatment. *Journal of Prosthodontics: Implant, Esthetic and Reconstructive Dentistry*. 2011;20(2):84-92.
112. Kursoglu P, Motro PFK, Yurdaguvan H. Shear bond strength of resin cement to an acid etched and a laser irradiated ceramic surface. *The journal of advanced prosthodontics*. 2013;5(2):98-103.
113. Goekce B, Özpınar B, DüNDAR M, Cömlekoglu E, Sen B, Güngör M. Bond strengths of all-ceramics: acid vs laser etching. *Operative dentistry*. 2007;32(2):173-8.
114. Piascik JR, Wolter SD, Stoner BR. Enhanced bonding between YSZ surfaces using a gas-phase fluorination pretreatment. *Journal of Biomedical Materials Research Part B: Applied Biomaterials*. 2011;98(1):114-9.
115. Kumbuloglu O, Lassila LV, User A, Vallittu PK. Bonding of resin composite luting cements to zirconium oxide by two air-particle abrasion methods. *Oper Dent*. 2006;31(2):248-55. Epub 2006/07/11. doi: 10.2341/05-22. PubMed PMID: 16827029.
116. Mittal KL. *Silanes and Other Coupling Agents*, Volume 4: CRC Press; 2007.
117. Yoshida K, Tsuo Y, Atsuta M. Bonding of dual-cured resin cement to zirconia ceramic using phosphate acid ester monomer and zirconate coupler. *Journal of Biomedical Materials Research Part B: Applied Biomaterials: An Official Journal of The Society for Biomaterials, The Japanese Society for Biomaterials, and The Australian Society for Biomaterials and the Korean Society for Biomaterials*. 2006;77(1):28-33.

118. Kitayama S, Nikaido T, Takahashi R, Zhu L, Ikeda M, Foxton RM, et al. Effect of primer treatment on bonding of resin cements to zirconia ceramic. *Dental materials*. 2010;26(5):426-32.
119. 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. *J Prosthet Dent*. 2004;91(4):356-62. Epub 2004/04/30. doi: 10.1016/j.prosdent.2004.02.001. PubMed PMID: 15116037.
120. Wegner SM, Kern M. Long-term resin bond strength to zirconia ceramic. *The journal of adhesive dentistry*. 2000;2(2):139-47. Epub 2001/04/25. PubMed PMID: 11317401.
121. Tsuo Y, Yoshida K, Atsuta M. Effects of alumina-blasting and adhesive primers on bonding between resin luting agent and zirconia ceramics. *Dental materials journal*. 2006;25(4):669-74.
122. Nishikawa K, Wakatani M. *Plasma Physics: basic theory with fusion applications*: Springer Science & Business Media; 2013.
123. Lieberman MA, Lichtenberg AJ. *Principles of plasma discharges and materials processing*: John Wiley & Sons; 2005.
124. Kim J-H, Lee M-A, Han G-J, Cho B-H. Plasma in dentistry: a review of basic concepts and applications in dentistry. *Acta Odontologica Scandinavica*. 2014;72(1):1-12.
125. Fridman G, Friedman G, Gutsol A, Shekhter AB, Vasilets VN, Fridman A. Applied plasma medicine. *Plasma processes and polymers*. 2008;5(6):503-33.
126. Fridman A. *Plasma Chemistry*. Cambridge: Cambridge University Press; 2008.
127. Boulos MI, Fauchais P, Pfender E. *Thermal plasmas: fundamentals and applications*: Springer Science & Business Media; 2013.
128. Yang B, Chen J, Yu Q, Li H, Lin M, Mustapha A, et al. Oral bacterial deactivation using a low-temperature atmospheric argon plasma brush. *Journal of dentistry*. 2011;39(1):48-56.
129. Grill A. *Cold plasma in materials fabrication*: IEEE Press, New York; 1994.
130. Rauscher H, Perucca M, Buyle G. *Plasma technology for hyperfunctional surfaces: food, biomedical and textile applications*: John Wiley & Sons; 2010.
131. Niemira BA. Cold plasma decontamination of foods. *Annual review of food science and technology*. 2012;3:125-42.
132. Fridman A, Chirokov A, Gutsol A. Non-thermal atmospheric pressure discharges. *Journal of Physics D: Applied Physics*. 2005;38(2):R1.
133. Nehra V, Kumar A, Dwivedi H. Atmospheric non-thermal plasma sources. *International Journal of Engineering*. 2008;2(1):53-68.
134. Kogelschatz U, Eliasson B, Egli W. From ozone generators to flat television screens: history and future potential of dielectric-barrier discharges. *Pure and Applied Chemistry*. 1999;71(10):1819-28.
135. Boudam MK, Moisan M, Saoudi B, Popovici C, Gherardi N, Massines F. Bacterial spore inactivation by atmospheric-pressure plasmas in the presence or absence of UV photons as obtained with the same gas mixture. *Journal of Physics D: Applied Physics*. 2006;39(16):3494.
136. Ritts AC, Li H, Yu Q, Xu C, Yao X, Hong L, et al. Dentin surface treatment using a non-thermal argon plasma brush for interfacial bonding improvement in composite restoration. *European journal of oral sciences*. 2010;118(5):510-6.

137. Lee HW, Kim GJ, Kim JM, Park JK, Lee JK, Kim GC. Tooth bleaching with nonthermal atmospheric pressure plasma. *Journal of endodontics*. 2009;35(4):587-91.
138. Murat U, KAPILI MB, ERCAN UK, Fatma İ, AYDEMİR I, KESKİN N, et al. Atmosferik Soğuk Plazma ile Modifiye Edilen Titanyum Yüzeylerde Osteojenik Hücre Aktivitelerinin Değerlendirilmesi. *Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*. 2018;22(1):313-8.
139. Boudam MK, Moisan M, Saoudi B, Popovici C, Gherardi N, Massines F. Bacterial spore inactivation by atmospheric-pressure plasmas in the presence or absence of UV photons as obtained with the same gas mixture. *Journal of Physics D: Applied Physics*. 2006;39:3494. doi: 10.1088/0022-3727/39/16/S07.
140. Jiang C, Chen MT, Gorur A, Schaudinn C, Jaramillo DE, Costerton JW, et al. Nanosecond pulsed plasma dental probe. *Plasma Processes and Polymers*. 2009;6(8):479-83.
141. Nishigawa G, Maruo Y, Oka M, Oki K, Minagi S, Okamoto M. Plasma treatment increased shear bond strength between heat cured acrylic resin and self-curing acrylic resin. *Journal of oral rehabilitation*. 2003;30(11):1081-4.
142. Abdel-Karim UM, Alhadainy HA. The effect of plasma surface treatment on push-out bond strength of fiber-reinforced posts to root canal dentin. *Tanta Dental Journal*. 2016;13(3):127.
143. Asar NV, Çakırbay M. Zirkonya-rezin siman bağlantısını güçlendirmede kullanılan yüzey işlemleri. *Acta Odontologica Turcica*. 2013;30(3):162-8.
144. Derand T, Molin M, Kvam K. Bond strength of a composite luting agent to alumina ceramic surfaces. *Acta Odontol Scand*. 2006;64(4):227-30. Epub 2006/07/11. doi: 10.1080/00016350600613666. PubMed PMID: 16829498.
145. Seker E, Kilicarslan MA, Deniz ST, Mumcu E, Ozkan P. Effect of atmospheric plasma versus conventional surface treatments on the adhesion capability between self-adhesive resin cement and titanium surface. *J Adv Prosthodont*. 2015;7(3):249-56.
146. Valverde GB, Coelho PG, Janal MN, Lorenzoni FC, Carvalho RM, Thompson VP, et al. Surface characterisation and bonding of Y-TZP following non-thermal plasma treatment. *Journal of dentistry*. 2013;41(1):51-9.
147. Silva B, Trevelin L, Teixeira F, Salvadori M, Cesar P, Bona Matos A. Non-thermal plasma increase bond strength of zirconia to a resin cement. *Brazilian Dental Science*. 2018;21:210. doi: 10.14295/bds.2018.v21i2.1562.
148. Gregory W, Moss S. Effects of heterogeneous layers of composite and time on composite repair of porcelain. *Operative dentistry*. 1990;15(1):18-22.
149. Stangel I, Nathanson D, Hsu C. Shear strength of the composite bond to etched porcelain. *Journal of Dental Research*. 1987;66(9):1460-5.
150. Gladwin M, Bagby M. Clinical aspects of dental materials: theory, practice, and cases: Wolters Kluwer Health/ Lippincott Williams & Wilkins; 2013.
151. Oilo G. Bond strength testing--what does it mean? *International dental journal*. 1993;43(5):492-8.
152. Altay N, Akça T. Invitro bağlantı kuvveti ölçme testlerinin değerlendirilmesi. *HÜ Diş Hek Fak Derg*. 2002;26:32-8.
153. Shimoe S, Tanoue N, Yanagida H, Atsuta M, Koizumi H, Matsumura H. Comparative strength of metal-ceramic and metal-composite bonds after extended thermocycling. *Journal of oral rehabilitation*. 2004;31(7):689-94.

154. 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. *Dental materials*. 2008;24(11):1556-67.
155. Della Bona A, Van Noort R. Shear vs. tensile bond strength of resin composite bonded to ceramic. *Journal of Dental Research*. 1995;74(9):1591-6.
156. Hara A, Pimenta L, Rodrigues Jr A. Influence of cross-head speed on resin-dentin shear bond strength. *Dental Materials*. 2001;17(2):165-9.
157. Shimada Y, Senawongse P, Harnirattisai C, Burrow MF, Nakaoki Y, Tagami J. Bond strength of two adhesive systems to primary and permanent enamel. *Operative dentistry*. 2002;27(4):403-9.
158. Pamato S, do Valle A-L. Does hybridized dentin affect bond strength of self-adhesive resin cement? *Journal of clinical and experimental dentistry*. 2016;8(4):e409.
159. Lyann SK, Takagaki T, Nikaido T, Uo M, Ikeda M, Sadr A, et al. Effect of different surface treatments on the tensile bond strength to lithium disilicate glass ceramics. *The journal of adhesive dentistry*. 2018;20(3):261-8.
160. Paul S, Welter D, Ghazi M, Pashley D. Nanoleakage at the dentin adhesive interface vs μ -tensile bond strength. *Oper Dent*. 1999;24(3):181-8.
161. Da Rosa WLDO, Piva E, da Silva AF. Bond strength of universal adhesives: A systematic review and meta-analysis. *Journal of dentistry*. 2015;43(7):765-76.
162. Chang JC, Nguyen T, Duong JH, Ladd GD. Tensile bond strengths of dual-cured cements between a glass-ceramic and enamel. *The Journal of prosthetic dentistry*. 1998;79(5):503-7.
163. El Zohairy A, De Gee A, De Jager N, Van Ruijven L, Feilzer A. The influence of specimen attachment and dimension on microtensile strength. *Journal of dental research*. 2004;83(5):420-4.
164. Sano H, Shono T, Sonoda H, Takatsu T, Ciucchi B, Carvalho R, et al. Relationship between surface area for adhesion and tensile bond strength—evaluation of a micro-tensile bond test. *Dental Materials*. 1994;10(4):236-40.
165. Pashley DH, Carvalho RM, Sano H, Nakajima M, Yoshiyama M, Shono Y, et al. The microtensile bond test: A review. *Journal of Adhesive Dentistry*. 1999;1(4).
166. Papacchini F, Toledano M, Monticelli F, Osorio R, Radovic I, Polimeni A, et al. Hydrolytic stability of composite repair bond. *European journal of oral sciences*. 2007;115(5):417-24.
167. 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.
168. Miyazaki M, Sato M, Onose H, Moore BK. Influence of thermal cycling on dentin bond strength of two-step bonding systems. *American journal of dentistry*. 1998;11(3):118-22.
169. Hashimoto M, Ohno H, Kaga M, Endo K, Sano H, Oguchi H. In vivo degradation of resin-dentin bonds in humans over 1 to 3 years. *Journal of Dental Research*. 2000;79(6):1385-91.
170. Gale M, Darvell B. Thermal cycling procedures for laboratory testing of dental restorations. *Journal of dentistry*. 1999;27(2):89-99.
171. Emir F, Ayyildiz S, Sahin C. What is the changing frequency of diamond burs? *The journal of advanced prosthodontics*. 2018;10(2):93-100.

172. Ohkuma K, Kazama M, Ogura H. The grinding efficiency by diamond points developed for yttria partially stabilized zirconia. *Dental materials journal*. 2011;1107180150-.
173. Sharma S, Shankar R, Srinivas K. An epidemiological study on the selection, usage and disposal of dental burs among the dental practitioner's. *Journal of clinical and diagnostic research: JCDR*. 2014;8(1):250.
174. Siegel SC, Von Fraunhofer J. Assessing the cutting efficiency of dental diamond burs. *The Journal of the American Dental Association*. 1996;127(6):763-72.
175. Siegel SC, Von fraunhofer JA. Cutting efficiency of three diamond bur grit sizes. *The Journal of the American Dental Association*. 2000;131(12):1706-10.
176. Kleineidam B, Nokhbehshaim M, Deschner J, Wahl G. Effect of cold plasma on periodontal wound healing—an in vitro study. *Clinical oral investigations*. 2019;23(4):1941-50.
177. Eggers B, Marciniak J, Memmert S, Kramer F, Deschner J, Nokhbehshaim M. The beneficial effect of cold atmospheric plasma on parameters of molecules and cell function involved in wound healing in human osteoblast-like cells in vitro. *Odontology*. 2020:1-10.
178. Hafner S, Ehrenfeld M, Neumann A-C, Wieser A. Comparison of the bactericidal effect of cold atmospheric pressure plasma (CAPP), antimicrobial photodynamic therapy (aPDT), and polihexanide (PHX) in a novel wet surface model to mimic oral cavity application. *Journal of Cranio-Maxillofacial Surgery*. 2018;46(12):2197-202.
179. Kang H, Ji MK, Cho HS, Park SW, Yun KD, Park C, et al. Effect of Plasma Surface Treatment on Shear Bond Strength with Denture Base Resin in Co-Cr Alloy, Ti-6Al-4V Alloy, and CP-Ti Alloy. *Journal of nanoscience and nanotechnology*. 2020;20(9):5771-4. Epub 2020/04/26. doi: 10.1166/jnn.2020.17630. PubMed PMID: 32331177.
180. Vechiato-Filho AJ, Matos AO, Landers R, Goiato MC, Rangel EC, De Souza GM, et al. Surface analysis and shear bond strength of zirconia on resin cements after non-thermal plasma treatment and/or primer application for metallic alloys. *Materials science & engineering C, Materials for biological applications*. 2017;72:284-92. Epub 2016/12/28. doi: 10.1016/j.msec.2016.11.033. PubMed PMID: 28024588.
181. Wang Y, Xing Y, Sun Y, Zhao Y, Lü P, Wang Y. Preliminary evaluation of clinical effect of computer aided design and computer aided manufacture zirconia crown. *Zhonghua kou qiang yi xue za zhi= Zhonghua kouqiang yixue zazhi= Chinese journal of stomatology*. 2013;48(6):355-8.
182. 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.
183. Yenisey M, Dede DO, Rona N. Effect of surface treatments on the bond strength between resin cement and differently sintered zirconium-oxide ceramics. *J Prosthodont Res*. 2016;60(1):36-46. Epub 2015/09/29. doi: 10.1016/j.jpor.2015.09.001. PubMed PMID: 26412449.
184. Bogle MA, Arndt KA, Dover JS. Evaluation of plasma skin regeneration technology in low-energy full-facial rejuvenation. *Archives of dermatology*. 2007;143(2):168-74. Epub 2007/02/21. doi: 10.1001/archderm.143.2.168. PubMed PMID: 17309997.

185. do Prado M, da Silva EM, Marques JdN, Gonzalez CB, Simão RA. The effects of non-thermal plasma and conventional treatments on the bond strength of fiber posts to resin cement. *Restorative dentistry & endodontics*. 2017;42(2):125-33. Epub 2017/04/11. doi: 10.5395/rde.2017.42.2.125. PubMed PMID: 28503478.
186. Duske K, Koban I, Kindel E, Schroder K, Nebe B, Holtfreter B, et al. Atmospheric plasma enhances wettability and cell spreading on dental implant metals. *Journal of clinical periodontology*. 2012;39(4):400-7. Epub 2012/02/14. doi: 10.1111/j.1600-051X.2012.01853.x. PubMed PMID: 22324415.
187. Chadwick R, Mason A, Sharp W. Attempted evaluation of three porcelain repair systems--what are we really testing? *Journal of oral rehabilitation*. 1998;25(8):610-5.
188. Heintze SD, Rousson V. Survival of zirconia-and metal-supported fixed dental prostheses: a systematic review. *International Journal of Prosthodontics*. 2010;23(6).
189. Sailer I, Pjetursson BE, Zwahlen M, Hammerle CH. A systematic review of the survival and complication rates of all-ceramic and metal-ceramic reconstructions after an observation period of at least 3 years. Part II: Fixed dental prostheses. *Clinical oral implants research*. 2007;18 Suppl 3:86-96. Epub 2007/06/28. doi: 10.1111/j.1600-0501.2007.01468.x. PubMed PMID: 17594373.
190. Aslam A, Hassan S, Nayyer M, Ahmed B. Intraoral repair protocols for fractured metal-ceramic restorations-Literature review. *South African Dental Journal*. 2018;73(1):35-41.
191. Özcan M, Niedermeier W. Clinical Study on the Reasons for and Location of Failures of Metal-Ceramic Restorations and Survival of Repairs. *The International journal of prosthodontics*. 2002;15:299-302.
192. Çömlekoğlu ME, DüNDAR M, Özcan M, Güngör MA, Gökçe B, Artunç C. Evaluation of bond strength of various margin ceramics to a zirconia ceramic. *Journal of dentistry*. 2008;36(10):822-7.
193. Tsalouchou E, Cattell MJ, Knowles JC, Pittayachawan P, McDonald A. Fatigue and fracture properties of yttria partially stabilized zirconia crown systems. *Dental materials*. 2008;24(3):308-18.
194. Pallis K, Griggs JA, Woody RD, Guillen GE, Miller AW. Fracture resistance of three all-ceramic restorative systems for posterior applications. *J Prosthet Dent*. 2004;91(6):561-9. Epub 2004/06/24. doi: 10.1016/j.prosdent.2004.03.001. PubMed PMID: 15211299.
195. Von Steyern PV, Carlson P, Nilner K. All-ceramic fixed partial dentures designed according to the DC-Zirkon® technique. A 2-year clinical study. *Journal of Oral Rehabilitation*. 2005;32(3):180-7.
196. Sailer I, Feher A, Filser F, Lüthy H, Gauckler LJ, Schärer P, et al. Prospective clinical study of zirconia posterior fixed partial dentures: 3-year follow-up. *Quintessence International*. 2006;37(9).
197. Kirmali O, Akin H, Ozdemir AK. Shear bond strength of veneering ceramic to zirconia core after different surface treatments. *Photomedicine and laser surgery*. 2013;31(6):261-8.
198. 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):984-91. Epub 2005/08/09. doi: 10.1016/j.dental.2005.03.013. PubMed PMID: 16085302.

199. Jung RE, Pjetursson BE, Glauser R, Zembic A, Zwahlen M, Lang NP. A systematic review of the 5-year survival and complication rates of implant-supported single crowns. *Clinical oral implants research*. 2008;19(2):119-30. doi: 10.1111/j.1600-0501.2007.01453.x.
200. Türkoğlu P, Bultan Ö, Öngül D. tam seramik restorasyonlarda dayanıklılığı etkileyen faktörler. *Journal of Istanbul University Faculty of Dentistry*. 2010;44(1):45-53.
201. Fradeani M, D'Amelio M, Redemagni M, Corrado M. Five-year follow-up with Procera all-ceramic crowns. *Quintessence international*. 2005;36(2).
202. Malament KA, Socransky SS. Survival of Dicor glass-ceramic dental restorations over 14 years: Part I. Survival of Dicor complete coverage restorations and effect of internal surface acid etching, tooth position, gender, and age. *J Prosthet Dent*. 1999;81(1):23-32. Epub 1999/01/08. doi: 10.1016/s0022-3913(99)70231-3. PubMed PMID: 9878971.
203. Haneda IG, de Almeida-Junior AA, Fonseca RG, Adabo GL. Intraoral repair in metal-ceramic prostheses: a clinical report. *Revista de Odontologia da Universidade Cidade de São Paulo*. 2017;21(3):282-7.
204. Blum IR, Lynch CD, Schriever A, Heidemann D, Wilson NH. Repair versus replacement of defective composite restorations in dental schools in Germany. *Eur J Prosthodont Restor Dent*. 2011;19(2):56-61. Epub 2011/07/26. PubMed PMID: 21780727.
205. Blum IR, Lynch CD, Wilson NH. Teaching of the repair of defective composite restorations in Scandinavian dental schools. *J Oral Rehabil*. 2012;39(3):210-6. Epub 2011/10/07. doi: 10.1111/j.1365-2842.2011.02260.x. PubMed PMID: 21972940.
206. Cohen B, Weiner S. Restoration of fixed partial dentures with fractured porcelain veneers using an overcasting. *The Journal of prosthetic dentistry*. 1989;62(4):390-2.
207. Burke F, Grey N. Repair of fractured porcelain units: alternative approaches. *British dental journal*. 1994;176(7):251.
208. Agingu C, Zhang C-y, Jiang N-w, Cheng H, Özcan M, Yu H. Intraoral repair of chipped or fractured veneered zirconia crowns and fixed dental prosthesis: clinical guidelines based on literature review. *Journal of Adhesion Science and Technology*. 2018;32(15):1711-23. doi: 10.1080/01694243.2018.1443639.
209. Atsu SS, Kilicarslan MA, Kucukesmen HC, Aka PS. Effect of zirconium-oxide ceramic surface treatments on the bond strength to adhesive resin. *J Prosthet Dent*. 2006;95(6):430-6. Epub 2006/06/13. doi: 10.1016/j.prosdent.2006.03.016. PubMed PMID: 16765155.
210. Han I-H, Kang D-W, Chung C-H, Choe H-C, Son M-K. Effect of various intraoral repair systems on the shear bond strength of composite resin to zirconia. *The journal of advanced prosthodontics*. 2013;5(3):248-55. Epub 2013/08/31. doi: 10.4047/jap.2013.5.3.248. PubMed PMID: 24049565.
211. Kirmali O, Kapdan A, Harorli OT, Barutcugil C, Ozarslan MM. Efficacy of ceramic repair material on the bond strength of composite resin to zirconia ceramic. *Acta Odontol Scand*. 2015;73(1):28-32. Epub 2014/11/07. doi: 10.3109/00016357.2014.946963. PubMed PMID: 25373516.
212. Oilo M, Kvam K, Gjerdet NR. Simulation of clinical fractures for three different all-ceramic crowns. *European journal of oral sciences*. 2014;122(3):245-50. Epub 2014/04/04. doi: 10.1111/eos.12128. PubMed PMID: 24698209.

213. Kosmac T, Oblak C, Jevnikar P, Funduk N, Marion L. The effect of surface grinding and sandblasting on flexural strength and reliability of Y-TZP zirconia ceramic. *Dental materials : official publication of the Academy of Dental Materials*. 1999;15(6):426-33. Epub 2000/06/23. PubMed PMID: 10863444.
214. Lundberg K, Wu L, Papia E. The effect of grinding and/or airborne-particle abrasion on the bond strength between zirconia and veneering porcelain: a systematic review. *Acta biomaterialia odontologica Scandinavica*. 2017;3(1):8-20.
215. Tzanakakis E-GC, Tzoutzas IG, Koidis PT. Is there a potential for durable adhesion to zirconia restorations? A systematic review. *The Journal of prosthetic dentistry*. 2016;115(1):9-19.
216. 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.
217. Curran P, Cattani-Lorente M, Wiskott HA, Durual S, Scherrer SS. Grinding damage assessment for CAD-CAM restorative materials. *Dental Materials*. 2017;33(3):294-308.
218. Song X, Yin L. The quantitative effect of diamond grit size on the subsurface damage induced in dental adjustment of porcelain surfaces. *Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part H: Journal of Engineering in Medicine*. 2010;224(10):1185-94.
219. Shiu P, De Souza-Zaroni WC, Eduardo CDP, Youssef MN. Effect of feldspathic ceramic surface treatments on bond strength to resin cement. *Photomedicine and laser surgery*. 2007;25(4):291-6.
220. Alhabdan A, El-Hejazi A. Comparison of surface roughness of ceramics after polishing with different intraoral polishing systems using profilometer and SEM. *J Dent Health Oral Disord Ther*. 2015;2(3):00050.
221. Takeuchi K, Fujishima A, Manabe A, Kuriyama S, Hotta Y, Tamaki Y, et al. Combination treatment of tribochemical treatment and phosphoric acid ester monomer of zirconia ceramics enhances the bonding durability of resin-based luting cements. *Dent Mater J*. 2010;29(3):316-23. Epub 2010/05/21. PubMed PMID: 20484831.
222. 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 : official publication of the Academy of Dental Materials*. 2011;27(10):1024-30. Epub 2011/07/30. doi: 10.1016/j.dental.2011.07.002. PubMed PMID: 21798589.
223. Bottino MA, Valandro LF, Scotti R, Buso L. Effect of surface treatments on the resin bond to zirconium-based ceramic. *The International journal of prosthodontics*. 2005;18(1):60-5. Epub 2005/03/10. PubMed PMID: 15754894.
224. 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. *Dent Mater J*. 2016;35(3):461-9. Epub 2016/06/03. doi: 10.4012/dmj.2015-311. PubMed PMID: 27252003.
225. Ruales-Carrera E, Cesar PF, Henriques B, Fredel MC, Ozcan M, Volpato CAM. Adhesion behavior of conventional and high-translucent zirconia: Effect of surface conditioning methods and aging using an experimental methodology. *Journal of esthetic and restorative dentistry : official publication of the American Academy of Esthetic Dentistry [et al]*. 2019;31(4):388-97. Epub 2019/05/18. doi: 10.1111/jerd.12490. PubMed PMID: 31099974.

226. Kern M, Thompson VP. Sandblasting and silica coating of a glass-infiltrated alumina ceramic: volume loss, morphology, and changes in the surface composition. *J Prosthet Dent*. 1994;71(5):453-61. Epub 1994/05/01. doi: 10.1016/0022-3913(94)90182-1. PubMed PMID: 8006839.
227. Albakry M, Guazzato M, Swain MV. Effect of sandblasting, grinding, polishing and glazing on the flexural strength of two pressable all-ceramic dental materials. *Journal of dentistry*. 2004;32(2):91-9. Epub 2004/01/30. PubMed PMID: 14749080.
228. May LG, Passos SP, Capelli DB, Ozcan M, Bottino MA, Valandro LF. Effect of silica coating combined to a MDP-based primer on the resin bond to Y-TZP ceramic. *Journal of biomedical materials research Part B, Applied biomaterials*. 2010;95(1):69-74. Epub 2010/08/07. doi: 10.1002/jbm.b.31684. PubMed PMID: 20690176.
229. Otani A, Amaral M, May LG, Cesar PF, Valandro LF. A critical evaluation of bond strength tests for the assessment of bonding to Y-TZP. *Dental materials : official publication of the Academy of Dental Materials*. 2015;31(6):648-56. Epub 2015/04/11. doi: 10.1016/j.dental.2015.03.002. PubMed PMID: 25858783.
230. Bielen V, Inokoshi M, Munck JD, Zhang F, Vanmeensel K, Minakuchi S, et al. Bonding Effectiveness to Differently Sandblasted Dental Zirconia. *The journal of adhesive dentistry*. 2015;17(3):235-42. Epub 2015/06/27. doi: 10.3290/j.jad.a34401. PubMed PMID: 26114165.
231. Xie H, Li Q, Zhang F, Lu Y, Tay FR, Qian M, et al. Comparison of resin bonding improvements to zirconia between one-bottle universal adhesives and tribochemical silica coating, which is better? *Dental materials : official publication of the Academy of Dental Materials*. 2016;32(3):403-11. Epub 2016/01/13. doi: 10.1016/j.dental.2015.12.014. PubMed PMID: 26754430.
232. Song M-H, Park S-J, Cho H-G, Hwang Y-C, Oh W-M, Hwang I-N. Influence of adhesive application on shear bond strength of the resin cement to indirect resin composite. *J Korean Acad Conserv Dent*. 2008;33(5):419-27.
233. Magne P, Paranhos MP, Burnett LH, Jr. New zirconia primer improves bond strength of resin-based cements. *Dental materials : official publication of the Academy of Dental Materials*. 2010;26(4):345-52. Epub 2010/01/06. doi: 10.1016/j.dental.2009.12.005. PubMed PMID: 20047757.
234. Almilhatti HJ, Neppelenbroek KH, Vergani CE, Machado AL, Pavarina AC, Giampaolo ET. Adhesive bonding of resin composite to various titanium surfaces using different metal conditioners and a surface modification system. *J Appl Oral Sci*. 2013;21(6):590-6. doi: 10.1590/1679-775720130255. PubMed PMID: 24473727.
235. Ito Y, Okawa T, Fujii T, Tanaka M. Influence of plasma treatment on surface properties of zirconia. *Journal of Osaka Dental University*. 2016:79-84. doi: 10.18905/jodu.50.2_79.
236. Piascik JR, Wolter SD, Stoner BR. Enhanced bonding between YSZ surfaces using a gas-phase fluorination pretreatment. *Journal of biomedical materials research Part B, Applied biomaterials*. 2011;98(1):114-9. Epub 2011/04/20. doi: 10.1002/jbm.b.31840. PubMed PMID: 21504059.
237. Vogelsang A, Ohl A, Steffen H, Foest R, Schröder K, Weltmann K-D. Locally Resolved Analysis of Polymer Surface Functionalization by an Atmospheric Pressure Argon Microplasma Jet with Air Entrainment. *Plasma Processes and Polymers*. 2010;7(1):16-24. doi: 10.1002/ppap.200900091.

238. De Munck J, Van Landuyt K, Peumans M, Poitevin A, Lambrechts P, Braem M, et al. A critical review of the durability of adhesion to tooth tissue: methods and results. *J Dent Res.* 2005;84(2):118-32. Epub 2005/01/26. doi: 10.1177/154405910508400204. PubMed PMID: 15668328.
239. Amaral R, Ozcan 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 : official publication of the Academy of Dental Materials.* 2006;22(3):283-90. Epub 2005/07/26. doi: 10.1016/j.dental.2005.04.021. PubMed PMID: 16039705.
240. Vechiato-Filho AJ, Matos AO, Landers R, Goiato MC, Rangel EC, De Souza GM, et al. Surface analysis and shear bond strength of zirconia on resin cements after non-thermal plasma treatment and/or primer application for metallic alloys. *Materials Science and Engineering: C.* 2017;72:284-92.
241. da Silva BTF, Trevelin LT, de Sá Teixeira F, Salvadori MC, Cesar PF, Matos AB. Non-thermal plasma increase bond strength of zirconia to a resin cement. *Brazilian Dental Science.* 2018;21(2):210-9.
242. El-Shrkawy ZR, El-Hosary MM, Saleh O, Mandour MH. Effect of different surface treatments on bond strength, surface and microscopic structure of zirconia ceramic. *Future Dental Journal.* 2016;2(1):41-53. doi: <https://doi.org/10.1016/j.fdj.2016.04.005>.
243. Al Habdan AH, El-Hejazi A. Comparison of Surface Roughness of Ceramics after Polishing with Different Intraoral Polishing Systems using Profilometer and SEM. *Journal of Dental Health, Oral Disorders & Therapy.* 2015;2:50. doi: 10.15406/jdhodt.2015.02.00050.
244. Tholt B, Miranda-Júnior WG, Prioli R, Thompson J, Oda M. Surface Roughness in Ceramics with Different Finishing Techniques Using Atomic Force Microscope and Profilometer. *Operative Dentistry.* 2006;31(4):442-9. doi: 10.2341/05-54. PubMed PMID: 16924984.
245. Whitehead SA, Shearer AC, Watts DC, Wilson NH. Comparison of methods for measuring surface roughness of ceramic. *J Oral Rehabil.* 1995;22(6):421-7. Epub 1995/06/01. doi: 10.1111/j.1365-2842.1995.tb00795.x. PubMed PMID: 7636611.
246. de Oyague RC, Monticelli F, Toledano M, Osorio E, Ferrari M, Osorio R. Influence of surface treatments and resin cement selection on bonding to densely-sintered zirconium-oxide ceramic. *Dental materials : official publication of the Academy of Dental Materials.* 2009;25(2):172-9. Epub 2008/07/16. doi: 10.1016/j.dental.2008.05.012. PubMed PMID: 18620746.
247. Yang B, Barloi A, Kern M. Influence of air-abrasion on zirconia ceramic bonding using an adhesive composite resin. *Dental materials : official publication of the Academy of Dental Materials.* 2010;26(1):44-50. Epub 2009/09/22. doi: 10.1016/j.dental.2009.08.008. PubMed PMID: 19766300.
248. Aguilera FS, Osorio R, Osorio E, Moura P, Toledano M. Wetting ability of an acetone-based etch&rinse adhesive after NaOCl-treatment. *Med Oral Patol Oral Cir Bucal.* 2012;17(4):e644-e8. doi: 10.4317/medoral.17654. PubMed PMID: 22322490.
249. Vechiato Filho AJ, dos Santos DM, Goiato MC, de Medeiros RA, Moreno A, da Rocha Bonatto L, et al. Surface characterization of lithium disilicate ceramic after nonthermal plasma treatment. *The Journal of prosthetic dentistry.* 2014;112(5):1156-63.

250. Luthy H, Loeffel O, Hammerle CH. Effect of thermocycling on bond strength of luting cements to zirconia ceramic. *Dental materials* : official publication of the Academy of Dental Materials. 2006;22(2):195-200. Epub 2005/09/07. doi: 10.1016/j.dental.2005.04.016. PubMed PMID: 16143382.
251. Gale MS, Darvell BW. Thermal cycling procedures for laboratory testing of dental restorations. *Journal of dentistry*. 1999;27(2):89-99. Epub 1999/03/11. PubMed PMID: 10071465.
252. Andreatta Filho OD, Bottino MA, Nishioka RS, Valandro LF, Leite FPP. Effect of thermocycling on the bond strength of a glass-infiltrated ceramic and a resin luting cement. *Journal of Applied Oral Science*. 2003;11:61-7.
253. Blatz MB, Sadan A, Kern M. Resin-ceramic bonding: a review of the literature. *J Prosthet Dent*. 2003;89(3):268-74. Epub 2003/03/20. doi: 10.1067/mp.2003.50. PubMed PMID: 12644802.
254. Miyazaki M, Sato M, Onose H, Moore BK. Influence of thermal cycling on dentin bond strength of two-step bonding systems. *Am J Dent*. 1998;11(3):118-22. Epub 1998/11/21. PubMed PMID: 9823072.
255. Hashimoto M, Ohno H, Kaga M, Endo K, Sano H, Oguchi H. In vivo Degradation of Resin-Dentin Bonds in Humans Over 1 to 3 Years. *Journal of dental research*. 2000;79:1385-91. doi: 10.1177/00220345000790060601.
256. Bailey L, Bennett R. DICOR® surface treatments for enhanced bonding. *Journal of Dental Research*. 1988;67(6):925-31.
257. Wegner SM, Gerdes W, Kern M. Effect of different artificial aging conditions on ceramic-composite bond strength. *International Journal of Prosthodontics*. 2002;15(3).
258. Muller JA, Rohr N, Fischer J. Evaluation of ISO 4049: water sorption and water solubility of resin cements. *Eur J Oral Sci*. 2017;125(2):141-50. Epub 2017/02/23. doi: 10.1111/eos.12339. PubMed PMID: 28224754.
259. D'Amario M, Campidoglio M, Morresi AL, Luciani L, Marchetti E, Baldi M. Effect of thermocycling on the bond strength between dual-cured resin cements and zirconium-oxide ceramics. *Journal of oral science*. 2010;52(3):425-30.
260. 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.
261. Llobell A, Nicholls JJ, Kois JC, Daly CH. Fatigue life of porcelain repair systems. *The International journal of prosthodontics*. 1992;5(3):205-13. Epub 1992/05/01. PubMed PMID: 1524642.
262. Nakamura S, Yoshida K, Kamada K, Atsuta M. Bonding between resin luting cement and glass infiltrated alumina-reinforced ceramics with silane coupling agent. *Journal of Oral Rehabilitation*. 2004;31(8):785-9. doi: 10.1111/j.1365-2842.2004.01304.x.
263. Valandro L, Özcan M, Amaral R, Vanderlei A, Bottino M. Effect of testing methods on the bond strength of resin to zirconia-alumina ceramic: Microtensile versus shear test. *Dental materials journal*. 2008;27:849-55. doi: 10.4012/dmj.27.849.
264. Al-Dohan H, Yaman P, Dennison J, Razzoog M, Lang B. Shear Strength of Core-Veneer Interface in Bi-Layered Ceramics. *The Journal of prosthetic dentistry*. 2004;91:349-55. doi: 10.1016/S0022391304000721.
265. Braga RR, Meira JBC, Boaro LCC, Xavier TA. Adhesion to tooth structure: A critical review of “macro” test methods. *Dental Materials*. 2010;26(2):e38-e49. doi: <https://doi.org/10.1016/j.dental.2009.11.150>.

266. Güngör MB, Nemli SK, Bal BT, Ünver S, Doğan A. Effect of surface treatments on shear bond strength of resin composite bonded to CAD/CAM resin-ceramic hybrid materials. *The journal of advanced prosthodontics*. 2016;8(4):259-66. Epub 2016/08/18. doi: 10.4047/jap.2016.8.4.259. PubMed PMID: 27555894.
267. Cekic-Nagas I, Ergun G, Egilmez F, Vallittu PK, Lassila LV. Micro-shear bond strength of different resin cements to ceramic/glass-polymer CAD-CAM block materials. *J Prosthodont Res*. 2016;60(4):265-73. Epub 2016/10/25. doi: 10.1016/j.jpor.2016.02.003. PubMed PMID: 26973053.
268. Lindemuth JS, Hagge MS. Effect of universal testing machine crosshead speed on the shear bond strength and bonding failure mode of composite resin to enamel and dentin. *Military medicine*. 2000;165(10):742-6. Epub 2000/10/29. PubMed PMID: 11050870.
269. Passia N, Mitsias M, Lehmann F, Kern M. Bond strength of a new generation of universal bonding systems to zirconia ceramic. *Journal of the mechanical behavior of biomedical materials*. 2016;62:268-74. Epub 2016/05/28. doi: 10.1016/j.jmbbm.2016.04.045. PubMed PMID: 27232829.
270. Pilo R, Dimitriadi M, Silikas N, Eliades G. Novel silane encapsulation system for tribochemical resin bonding to a Co-Cr alloy. *Journal of dentistry*. 2016;50:60-8. doi: <https://doi.org/10.1016/j.jdent.2016.05.002>.
271. Asmussen E, Peutzfeldt A, Sahafi A. Bonding of resin cements to post materials: Influence of surface energy characteristics. *Journal of Adhesive Dentistry*. 2005;7(3).
272. Park C, Park S-W, Yun K-D, Ji M-K, Kim S, Yang YP, et al. Effect of plasma treatment and its post process duration on shear bonding strength and antibacterial effect of dental zirconia. *Materials*. 2018;11(11):2233.
273. Pilo R, Dimitriadi M, Palaghia A, Eliades G. Effect of tribochemical treatments and silane reactivity on resin bonding to zirconia. *Dental Materials*. 2018;34(2):306-16.
274. Adımcı P, İbiş F, Ercan UK, Bagis B. Evaluation of effects of non-thermal plasma treatment on surface properties of CAD/CAM materials. *Journal of Adhesion Science and Technology*. 2019;33(1):35-49.
275. Sevilla P, Lopez-Suarez C, Pelaez J, Tobar C, Rodriguez-Alonso V, Suarez MJ. Influence of Low-Pressure Plasma on the Surface Properties of CAD-CAM Leucite-Reinforced Feldspar and Resin Matrix Ceramics. *Applied Sciences*. 2020;10(24):8856.
276. Ramakrishnaiah R, Alkheraif AA, Divakar DD, Matinlinna JP, Vallittu PK. The effect of hydrofluoric acid etching duration on the surface micromorphology, roughness, and wettability of dental ceramics. *International journal of molecular sciences*. 2016;17(6):822.
277. Dikici B, Türkeş Başaran E, Can E. Farklı yüzey hazırlık işlemlerinin rezin bazlı, polimer infiltre seramik ve feldspatik cad/cam materyallerinin yüzey pürüzlülüğüne etkisi. *7tepe Klinik Dergisi*. 16(2):129-36.
278. Seker E, Kilicarslan MA, Deniz ST, Mumcu E, Ozkan P. Effect of atmospheric plasma versus conventional surface treatments on the adhesion capability between self-adhesive resin cement and titanium surface. *The journal of advanced prosthodontics*. 2015;7(3):249-56.

279. Duske K, Koban I, Kindel E, Schröder K, Nebe B, Holtfreter B, et al. Atmospheric plasma enhances wettability and cell spreading on dental implant metals. *Journal of clinical periodontology*. 2012;39(4):400-7.
280. Kim D-S, Ahn J-J, Kim G-C, Jeong C-M, Huh J-B, Lee S-H. Influence of Non-Thermal Atmospheric Pressure Plasma Treatment on Retentive Strength between Zirconia Crown and Titanium Implant Abutment. *Materials*. 2021;14(9):2352.
281. Joen JY, Choe HC, Chung CH, Kang DW, Son MK. Effect of various surface treatments on the bond strength between composite resin and zirconia veneering ceramic. *Science of Advanced Materials*. 2015;7(1):57-62.
282. Xie H-F, Zhang F-M, Wang X-Z, Xia Y. Surface modification of dental alumina ceramic with silica coating. *Hua xi kou qiang yi xue za zhi= Huaxi kouqiang yixue zazhi= West China journal of stomatology*. 2006;24(6):555-8.
283. Ahn J-J, Kim D-S, Bae E-B, Kim G-C, Jeong C-M, Huh J-B, et al. Effect of non-thermal atmospheric pressure plasma (NTP) and zirconia primer treatment on shear bond strength between Y-TZP and resin cement. *Materials*. 2020;13(18):3934.
284. Maruo Y, Nishigawa G, Oka M, Minagi S, Suzuki K, Irie M. Does plasma irradiation improve shear bond strength of acrylic resin to cobalt–chromium alloy? *Dental Materials*. 2004;20(5):509-12.
285. Haselton DR, Diaz-Arnold AM, Dunne Jr JT. Shear bond strengths of 2 intraoral porcelain repair systems to porcelain or metal substrates. *The Journal of prosthetic dentistry*. 2001;86(5):526-31.
286. Küçükekenci A, Dede D, Kahveci Ç. Effect of different surface treatments on the shear bond strength of PAEKs to composite resin. *Journal of Adhesion Science and Technology*. 2021. doi: 10.1080/01694243.2021.1889840.
287. Xiang N, Xin X-Z, Chen J, Wei B. Metal–ceramic bond strength of Co–Cr alloy fabricated by selective laser melting. *Journal of dentistry*. 2012;40(6):453-7.
288. Kalra A, Mohan MS, Gowda EM. Comparison of shear bond strength of two porcelain repair systems after different surface treatment. *Contemp Clin Dent*. 2015;6(2):196-200. doi: 10.4103/0976-237X.156045. PubMed PMID: 26097354.
289. Kocaağaoğlu H, Manav T, Albayrak H. In vitro comparison of the bond strength between ceramic repair systems and ceramic materials and evaluation of the wettability. *Journal of Prosthodontics*. 2017;26(3):238-43.
290. Arami S, Tabatabaei MH, Namdar F, Safavi N, Chiniforush N. Shear bond strength of the repair composite resin to zirconia ceramic by different surface treatment. *Journal of lasers in medical sciences*. 2014;5(4):171.
291. Liu T, Hong L, Hottel T, Dong X, Yu Q, Chen M. Non-thermal plasma enhanced bonding of resin cement to zirconia ceramic. *Clinical plasma medicine*. 2016;4(2):50.
292. Aurelio IL, Marchionatti AME, Montagner AF, May LG, Soares FZ. Does air particle abrasion affect the flexural strength and phase transformation of Y-TZP? A systematic review and meta-analysis. *Dental Materials*. 2016;32(6):827-45.
293. Karakoca S, Yılmaz H. Influence of surface treatments on surface roughness, phase transformation, and biaxial flexural strength of Y-TZP ceramics. *Journal of Biomedical Materials Research Part B: Applied Biomaterials: An Official Journal of The Society for Biomaterials, The Japanese Society for Biomaterials, and The Australian Society for Biomaterials and the Korean Society for Biomaterials*. 2009;91(2):930-7.

294. Amaral M, Cesar PF, Bottino MA, Lohbauer U, Valandro LF. Fatigue behavior of Y-TZP ceramic after surface treatments. *Journal of the mechanical behavior of biomedical materials*. 2016;57:149-56.
295. Yoo J-Y, Yoon H-I, Park J-M, Park E-J. Porcelain repair-Influence of different systems and surface treatments on resin bond strength. *The journal of advanced prosthodontics*. 2015;7(5):343-8.
296. Dawood L, Atout A. Evaluation of shear bond strength between different veneering techniques and ceramic repair system using different surface treatment protocols. *EDJ*. 2016;62:720-7.
297. Chadwick RG, Mason AG, Sharp W. Attempted evaluation of three porcelain repair systems--what are we really testing? *Journal of oral rehabilitation*. 1998;25(8):610-5. Epub 1998/10/22. doi: 10.1046/j.1365-2842.1998.00283.x. PubMed PMID: 9781864.
298. Heikkinen TT, Lassila LV, Matinlinna JP, Vallittu PK. Effect of operating air pressure on tribochemical silica-coating. *Acta Odontologica Scandinavica*. 2007;65(4):241-8.
299. Sciasci P, Abi-Rached F, Adabo G, Baldissara P, Fonseca R. Effect of surface treatments on the shear bond strength of luting cements to Y-TZP ceramic. *The Journal of prosthetic dentistry*. 2014;113. doi: 10.1016/j.prosdent.2014.09.012.
300. Miragaya L, Maia L, Sabrosa CE, Goes M, da Silva E. Evaluation of Self-adhesive Resin Cement Bond Strength to Yttria-stabilized Zirconia Ceramic (Y-TZP) Using Four Surface Treatments. *The journal of adhesive dentistry*. 2010;13:473-80. doi: 10.3290/j.jad.a19820.
301. Pfeiffer P, Nergiz I, Selçuk S, Platzer U, Schmager P. Composite resin-to-metal shear bond strengths using six intra-oral repair systems. *Journal of adhesion science and technology*. 2008;22(2):133-46.
302. Akyıl MŞ, Uzun İH, Bayındır F. Bond strength of resin cement to yttrium-stabilized tetragonal zirconia ceramic treated with air abrasion, silica coating, and laser irradiation. *Photomedicine and laser surgery*. 2010;28(6):801-8.

10. ÖZGEÇMİŞ

Adı – Soyadı: Mehmet KÖSE

Eğitim: 1998-2004 Develi Anadolu Lisesi
2005-2010 Gazi Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi
2018-2021 İzmir Kâtip Çelebi Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi
Protetik Diş Tedavisi Uzmanlık Eğitimi

Katıldığı Kongre/Kurs:

- İzmir Dişhekimleri Odası 25. Uluslar Arası Bilimsel Kongresi, 9-11 Kasım 2018, İzmir, Türkiye.
- 2nd International Congress Of Multidisciplinary Studies In Medical Sciences, 13-14 Şubat 2021, Ankara, Türkiye
- 1st International Dental Research and Health Sciences Congress, 20-22 Mayıs 2021, Diyarbakır, Türkiye

Hakemli dergilerde yayınlanan yayınlar

- Çölgeçen Ö, Köse M. Protetik Diş Hekimliğinde Dijital Yüz Arkları, EÜ Dişhekimliği Fakültesi Dergisi 2021; 42_1: 65-69

Sözlü Bildiriler:

- Çölgeçen Ö, Köse M. Karbamid Peroksit Beyazlatma ajanının CAD/CAM Materyallerinin Yüzey pürüzlülüğüne Etkileri, İZDO 25. Uluslararası Bilimsel Kongre ve Sergisi, 9-11 Kasım, 2018, İzmir, Türkiye.
- Köse M, Çölgeçen Ö. Soğuk Plazma Uygulamasının Metal Destekli Seramik Restorasyonların Tamirindeki Etkinliğinin İncelenmesi, 2nd International Congress Of Multidisciplinary Studies In Medical Sciences, 13-14 Şubat 2021, Ankara, Türkiye
- Köse M, Çölgeçen Ö. Soğuk Plazma Uygulamasının Zirkonyum Oksit Seramik Restorasyonların Tamirindeki Etkinliğinin İncelenmesi, 1st International Dental Research and Health Sciences Congress, 20-22 Mayıs 2021, Diyarbakır, Türkiye

